



Efecto de la FSH recombinante sobre la superovulación en vacas Holstein de alta producción en Huacho

Effect of recombinant FSH on superovulation in high-producing Holstein cows in Huacho

Bustamante-Quintana, Isaí Royser^{1*}

López-Flores, Alicia María¹

Palomino-Cano, Jesús Manuel²

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

²Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

Recibido: 19 Dic. 2025 | Aceptado: 04 Abr. 2026 | Publicado: 09 Abr. 2026

Autor de correspondencia*: irbustamanteq@alumno.unsm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Bustamante-Quintana, I. R., López-Flores, A. M. & Palomino-Cano, J. M. (2026). Efecto de la FSH recombinante sobre la superovulación en vacas Holstein de alta producción en Huacho. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 6(1), e1448. <https://doi.org/10.51252/revza.v6i1.1448>

RESUMEN

En los últimos años, el desarrollo de biotecnologías reproductivas asistidas en bovinos, como la transferencia de embriones, reforzó su importancia debido a su potencial para acelerar la mejora genética. Sin embargo, su eficacia dependió en gran medida de una superovulación adecuada, tradicionalmente inducida con FSH de origen pituitario, la cual presentó limitaciones como riesgo de contaminación con LH, corta vida media y posible transmisión de enfermedades. Por ello, el uso de FSH recombinante (rFSH) surgió como una alternativa más segura y potencialmente más eficaz. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una hormona folículo estimulante recombinante sobre la superovulación en vacas Holstein de alta producción. La investigación se realizó entre enero y marzo de 2023 en el Establo Granados (Huacho, Lima), utilizando un diseño experimental aplicado con dos protocolos hormonales decrecientes: 140 µg y 180 µg de rFSH. Se trabajó con once vacas seleccionadas bajo criterios zootécnicos y reproductivos estrictos. Los resultados mostraron que la dosis baja (140 µg) generó una mejor respuesta ovárica, con mayor número (4,8 CLs) y tamaño de cuerpos lúteos (18,58 mm), respecto a la dosis alta (180 µg) donde se obtuvo 2,83 cuerpos lúteos y 13,87 mm de tamaño. Se concluyó que la dosis baja de rFSH fue más eficaz, aunque se recomendó validar estos hallazgos con un mayor número de animales.

Palabras clave: cuerpo lúteo; estrés térmico; hormonas reproductivas; ultrasonografía ovárica

ABSTRACT

In recent years, the development of assisted reproductive biotechnologies in cattle, such as embryo transfer, increased its importance due to their potential to accelerate genetic improvement. However, their effectiveness depended largely on achieving an adequate superovulation, traditionally induced with pituitary-derived FSH, which presented limitations such as the risk of LH contamination, short half-life, and possible disease transmission. Therefore, the use of recombinant FSH (rFSH) emerged as a safer and potentially more effective alternative. The objective of the present study was to evaluate the effect of a recombinant follicle-stimulating hormone on superovulation in high-producing Holstein cows. The research was conducted between January and March 2023 at Establo Granados (Huacho, Lima), using an applied experimental design with two decreasing-dose hormonal protocols: 140 µg and 180 µg of rFSH. Eleven cows were selected under strict zootechnical and reproductive criteria. The results showed that the low dose (140 µg) generated a better ovarian response, with a higher number (4.8 CLs) and larger size of corpora lutea (18.58 mm), compared with the high dose (180 µg), which resulted in 2.83 corpora lutea with an average size of 13.87 mm. It was concluded that the low rFSH dose was more effective, although further validation with a larger number of animals was recommended.

Keywords: corpora lutea; heat stress; ovarian ultrasonography; reproductive hormones



1. INTRODUCCIÓN

En el mundo se han desarrollado diversas biotecnologías reproductivas en animales entre ellas la se encuentran la inseminación artificial (IA), la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y la Transferencia de embriones (TE) producidos in vivo o in vitro, cada una de estas han sido desarrolladas con el propósito de mejorar la genética y la producción animal, el Perú no se ha quedado atrás ya que existen algunos trabajos de investigación realizados por profesionales dedicados al área, si hablamos de la obtención de una progenie de alto valor genético en menos tiempo la biotecnología que más trasciende es la transferencia de embriones, pero el éxito de la TE ha sido variable debido a que ninguno ha logrado establecer un protocolo eficaz para generar una buena sincronización de estros u ovulaciones esto puede deberse a muchos factores como, la falta de conocimiento del sistema endocrinológico de la hembra bovina y saber cuándo aplicar las hormonas exógenas por ejemplo, el principal fármaco utilizado para generar una superovulación es la FSH su efecto puede ser óptimo cuando es aplicado en un tiempo específico del ciclo estral del animal ya que si se quiere producir embriones las hembras donantes deben lograr producir más de 2 ovulaciones para posteriormente estos ovocitos obtenidos puedan ser fecundados y finalmente obtener embriones viables y de buena calidad para ser transferidos en una vaca receptora (1-3).

Entonces la superovulación (SOV) es un tratamiento que permite obtener más ovocitos al sincronizar las ondas foliculares utilizando productos hormonales naturales o sintéticos como es la FSH principalmente, una hormona extraída de la pituitaria de los cerdos y ovinos, pero aun utilizando las mejores técnicas para extraer esta hormona de las pituitarias de los animales sacrificados este puede llegar a contaminarse con LH esta hormona en grandes cantidades puede afectar en el control endocrino de la donante, por otro lado para que esta hormona funcione efectivamente tiene que ser aplicada muchas veces ya que su vida media es corta además el manejo continuo de los animales generaría estrés de las hembras y terminaría afectando la respuesta al tratamiento o incluso también se ha descrito que podría ser una vía transmisión de enfermedades ya que se está utilizando órganos de animales sacrificados es por eso que hoy en día algunos laboratorio buscan producir una FSH recombinante, esta ofrece una serie de ventajas contrarias a la FSH convencional (4-6).

La mayoría de los protocolos de tratamiento de SOV que se utilizan ahora se basan en el uso de extractos de hipófisis que contienen hormona estimulante de folículos o simplemente FSH (7). La FSH convencional que producen ciertos laboratorios se debe administrar dos veces por día en dosis decrecientes durante cuatro días. Estos extractos de pituitaria usados son fabricados de las pituitarias de los cadáveres de ovinos y cerdos obtenidos en el matadero y así como tienen ventajas también suelen presentar desventajas tales como la transmisión de enfermedades, además de incrementar los costos en el usuario final (8). En el último trabajo publicado por Miguel Gutiérrez y colaboradores en el 2024 sostienen que la administración de rFSH ofrece una alternativa segura y eficaz a los extractos actuales derivados de la pituitaria de origen animal (9).

Por lo tanto, la finalidad de este trabajo de investigación será evaluar una FSH recombinante y su efecto en la superovulación en vacas de alta producción cuyo trabajo se llevará a cabo en un centro de producción intensivo de vacas puras Holstein.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Contexto de la investigación

Ubicación política

Distrito: Huacho

Provincia: Huaura

Departamento: Lima

País: Perú

Ubicación geográfica

Latitud: 11°06'24" S (-11.1066700)

Longitud: 77°36'18" O (-77.6050000)

Altitud: 37 m.s.n.m

2.2. Sistema de variables

Variables principales

- Dosis de rFSH

Variables secundarias

- Números de cuerpos lúteos
- Tamaño de cuerpos lúteos

2.3. Procedimientos de la investigación

Objetivo específico 1: Evaluar la mejor dosis de rFSH bajo dos protocolos de sincronización para superovulación en vacas

El estudio se desarrolló en un establo lechero con sistema de producción intensivo estabulado, dedicado a la producción de leche. El hato estuvo conformado por vacas de raza Holstein 100 % puro, manejadas bajo ordeño totalmente mecanizado en dos ordeños diarios, con una producción promedio de 40 litros por vaca al día. La alimentación consistió en suplementación diaria de concentrado y fibra de temporada, manteniendo un adecuado balance nutricional. El área total del establo es de 10 hectáreas.

Para la superovulación se seleccionaron vacas donadoras en función de criterios zootécnicos y reproductivos estrictos. Se consideraron animales con condición corporal entre 2,5 y 3,0 (escala 1-5), con estado nutricional positivo, sin antecedentes de problemas sanitarios reproductivos y con historial reproductivo favorable, incluyendo una producción de crías superior al promedio del hato. Asimismo, se realizó una evaluación mediante ecografía transrectal para confirmar el adecuado estado de los órganos reproductivos, asegurando así una alta probabilidad de respuesta a los protocolos de superovulación.

Para los tratamientos las 11 hembras fueron divididas en dos grupos aleatoriamente:

Dosis baja Grupo A (5 hembras): 140 ug de rFSH

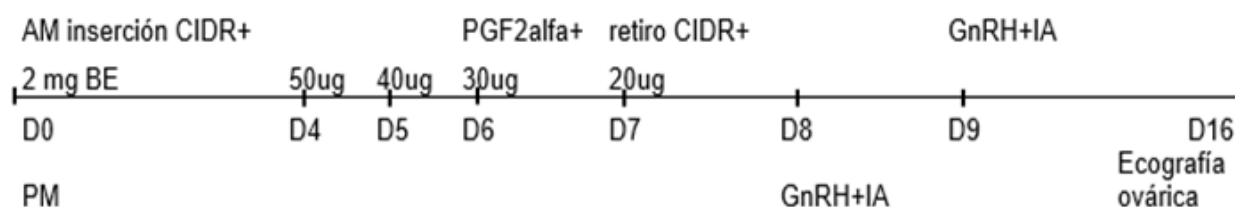


Figura 1. Protocolo de superovulación a dosis baja de 140 ug de rFSH, aplicados entre el día 4 al día 7 en dosis única y decrecientes

Dosis alta Grupo B (6 hembras) :180 ug de rFSH

Figura 2. Protocolo de superovulación a dosis alta de 180 ug de rFSH, aplicados entre el día 4 al día 7 en dosis únicas y decrecientes

Objetivo específico 2: Determinar la respuesta ovárica mediante ecografía después de haber utilizado los dos protocolos de superovulación anteriores

Para la observación de las estructuras del ovario después del uso de los protocolos, se ecografió a las 11 vacas en el día 16 con la finalidad de evaluar la mejor respuesta obtenida. Para este caso se midieron los tamaños del cuerpo lúteo y número de cuerpos lúteos.

2.4. Población y muestra

Para el desarrollo de la investigación, la población estuvo conformada por 12 vacas en lactación de alta producción, seleccionadas específicamente por su alto valor genético, tal como se describió en el objetivo 1. Considerando que se dispone de una población finita, se determinó el tamaño muestral bajo un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, asumiendo una probabilidad de ocurrencia de 0,5. Como resultado, se obtuvo un tamaño muestral óptimo de aproximadamente 11 animales, lo cual resulta representativo y adecuado para el estudio, siendo además consistente con tamaños muestrales reportados en investigaciones similares (Eliana et al., 10).

2.5. Análisis estadístico

Para este estudio se utilizó el ANOVA para buscar diferencias entre tratamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. La mejor dosis de rFSH en la sincronización para la superovulación en vacas

Las respuestas obtenidas después de usar los dos protocolos de sincronización para superovulación fueron mejores con el protocolo A, donde la dosis de rFSH fue igual 140 µg.

Tabla 1. Resultados obtenidos de los tratamientos con rFSH en vacas

	Número	Tamaño (mm)
Dosis	CL promedio	CL promedio
Alta (A)	2,83±1,75	13,87±3,77
Baja (B)	4,8±1,27	18,58±0,33

Como apreciamos en la **Tabla 1**, en el presente trabajo se midió el número de cuerpo lúteo y el tamaño. Con la dosis alta (A) el número de cuerpos lúteos en promedio fue de 3, y el tamaño del CL fue de 14. Los resultados obtenidos con la dosis baja (B) tanto el número de cuerpos lúteos 5; como el tamaño 19 fueron superiores, siendo este el protocolo que mejores resultados mostró. Ahmadreza et al. (11) menciona, el uso del rFSH en inyección única es eficaz para la superovulación; sin embargo; su uso repetido reduce la producción de embriones. En los resultados mostrados, nosotros usamos como factor de verificación el

número de cuerpos lúteos que nos indica el número de ovulaciones de la vaca, el tamaño del cuerpo lúteo se relaciona con la producción de progesterona y la calidad embrionaria. En nuestro caso ambas dosis produjeron dimensiones que según la literatura no son las respuestas más óptimas ya que se prefiere un CL de mayor tamaño de aproximadamente 20 mm y un mayor número de CL que llegue a 10 unidades por vaca, esto se demuestra en el estudio de Gutiérrez-Reinoso et al. (12) en donde obtuvo un total de 10 cuerpos lúteos para la dosis a dosis normal y un total de 8 cuerpos lúteos para la dosis reducida. Así mismo nuestros resultados indican que no hubo una respuesta superovulatorio óptima esto al compararlos con otros trabajos donde el número y tamaño de cuerpos lúteos de estudios fueron mayores (3,13).

Las diferencias entre resultados obtenidos probablemente se deban al tamaño de la muestra, el medio ambiente lo más resaltante el efecto del clima y la nutrición Wrzeczinska et al. (14); también se debe tener en cuenta que Kulus et al. (15) menciona que solo un 20 a 30% de las donantes no responden al tratamiento de SOV, otro 20 a 30% producen embriones de forma y calidad intermedia y finalmente solo 20 a 30% responden correctamente a los protocolos de superovulación.

3.2. Respuesta ovárica mediante ecografía después de haber utilizado los dos protocolos de superovulación anteriores

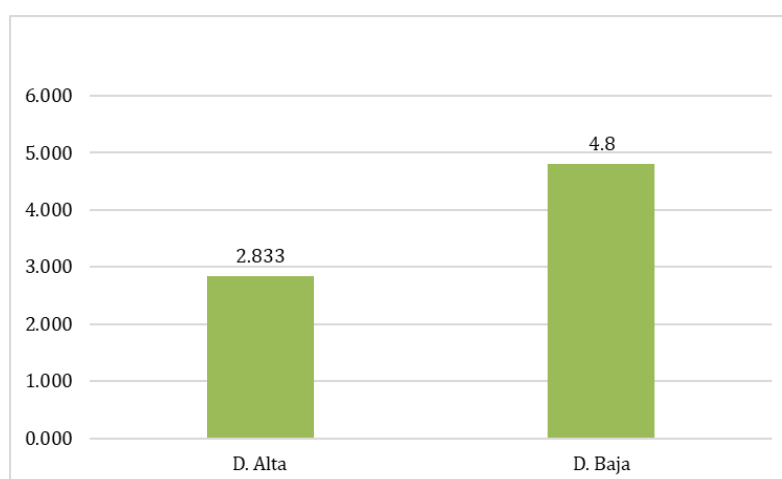


Figura 3. Esquema de numero de cuerpos lúteos

Tal y como se detalla en la tabla 1 y se observa en la figura 3 el número de cuerpos lúteos presente en los ovarios evaluados al día 16 fue variable para dosis alta (180 ug) se obtuvo un promedio de 3 cuerpos lúteos por vaca, mientras que para dosis baja (140ug) se obtuvo un promedio de 5 cuerpos lúteos por vaca, similar a nuestros resultados se obtuvo en un estudio realizado por Sanderson y Martínez (2) donde aplicaron una dosis de 120 μ g de rFSH por vía intramuscular en novillas Holstein el cual tuvo un efecto positivo en la respuesta a la superovulación y la calidad embrionaria respecto a la dosis alta aplicada de 160 ug que fue menor.

Los efectos superovulatorios han variado en muchos estudios como es el caso en este otro trabajo de Khodadadi et al. (16) donde se evaluaron las respuestas a una inyección de rFSH por vía IM en concentraciones de 40, 60, 80, 100 o 120 μ g (4 donantes por grupo) los resultados fueron determinantes para decidir la dosis efectiva que resulta en una mejor tasa de superovulación y producción de embriones. La dosis de 40 μ g fue ineficaz, mientras que 100 y 120 μ g logró tener una mayor respuesta con mayores números de folículos, cuerpos lúteos y en relación con las dosis de 60 y 80 μ g aplicadas. Mencionan entonces que las dosis deben ser superiores a 100 μ g ya que las dosis inferiores a esta no podrían ser detectables por los receptores en el ovario, entonces podemos mencionar que se relaciona con nuestro trabajo donde se obtuvo mejores resultados en la dosis baja de 140 ug.

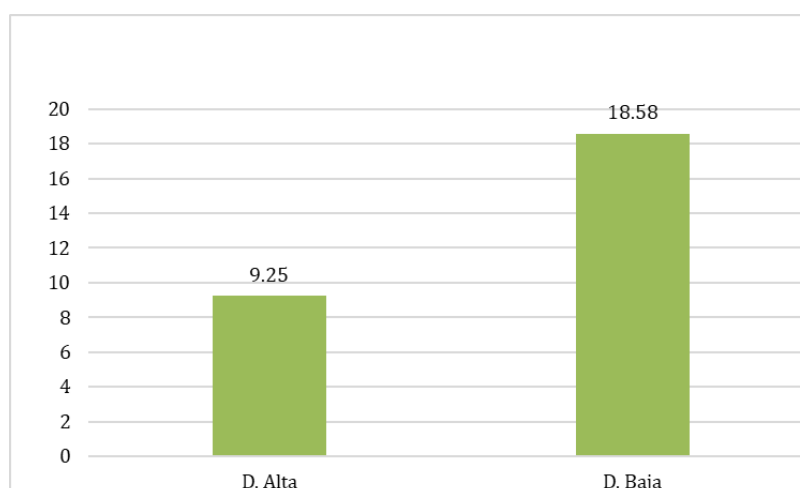


Figura 4. Esquema sobre el tamaño de Cuerpos lúteos (CLs). Se muestran los resultados: Con dosis alta se obtuvo un tamaño promedio de 9,25 mm y 18,58 mm para dosis baja

El tamaño del cuerpo lúteo asegura que los ovocitos o embriones producidos sean de buena calidad ya que la P4 que se produce por las células luteales favorece el crecimiento y maduración de estas estructuras (17), por lo tanto, nosotros en este trabajo describimos cuerpos lúteos de mayor tamaño para la dosis B (Baja), con un tamaño cercano al promedio para vacas de la misma raza (Holstein) de 20 mm, nuestro estudio obtuvo cuerpos lúteos de mayor tamaño en relación al trabajo de tesis presentado por Guamán (10), donde obtuvo un tamaño de $14,4 \pm 2,40$ aplicando la FSHrb y $20,8 \pm 2,07$ para el grupo control, sus resultados mostraron muchas diferencias a las nuestros considerando que el número de animales solo fue un grupo 12 animales por tratamiento, mencionan que el tamaño muestral no fue suficiente para evaluar el efecto de la FSHrb.

Cabe resaltar nuevamente que otros estudios, como el de Khodadadi et al. (16) han demostrado que diferentes tipos de gonadotropinas, incluyendo FSH humana recombinante, presentan respuestas similares en cuanto a número de CL, óvulos y embriones transferibles, pero con mejores resultados en bienestar animal al reducir la frecuencia de inyecciones. Además, en la tesis de Reyes (13) se observó que si bien el protocolo con Folltropin-V® produjo un mayor número total de embriones, el uso de Cebitropin (rFSH) generó embriones de mejor calidad morfológica (grado 1), lo que resalta la importancia de evaluar tanto la cantidad como la calidad de los resultados embrionarios.

Un factor importante que pudo haber influido en la respuesta a los tratamientos es el estrés térmico. Estudios como los de Hansen (18) y Lozano-Domínguez (19), destacan que el incremento de cortisol por calor puede afectar la secreción de GnRH, reduciendo así la liberación de LH y FSH desde la adenohipófisis, alterando el ciclo estral. En este estudio, el trabajo se realizó durante los meses de verano en la costa peruana, lo cual podría haber condicionado la respuesta de algunos animales, sobre todo en el grupo con dosis alta, donde la carga hormonal y el manejo fueron más intensos.

Asimismo, la nutrición juega un papel determinante en la calidad ovocitaria y la eficacia de los tratamientos hormonales. Según Meléndez et al. (20) una dieta balanceada en energía, proteínas y micronutrientes como el selenio y la vitamina E favorece la esteroidogénesis y la maduración folicular. En el establo evaluado, aunque se contaba con un sistema intensivo, no se midieron parámetros nutricionales individuales, lo cual podría ser considerado en futuras investigaciones.

Finalmente, si bien los resultados obtenidos indican una tendencia favorable hacia la dosis baja de rFSH, el tamaño muestral limitado (11 vacas) y la ausencia de replicaciones limitan la extrapolación de los hallazgos. Tal como indican Mapletoft y Hasler (7), la variabilidad individual entre donantes puede afectar

significativamente la respuesta a protocolos superovulatorios, siendo necesario aumentar el número de animales y replicar los ensayos en diferentes condiciones ambientales para obtener mejores resultados.

CONCLUSIÓN

La dosis baja de rFSH (140 µg) demostró ser más eficaz que la dosis alta en los protocolos de sincronización evaluados, al generar un mayor número de cuerpos lúteos y un tamaño luteal más cercano a los valores considerados óptimos para una adecuada producción de progesterona y calidad embrionaria. Estos resultados indican que, bajo las condiciones del estudio, la dosis menor ofrece una mejor respuesta superovulatoria. La evaluación ecográfica confirmó que la respuesta ovárica fue superior con la dosis baja de rFSH, evidenciándose un mayor número y tamaño de cuerpos lúteos en comparación con la dosis alta. Sin embargo, factores como el estrés térmico, el estado nutricional y el tamaño muestral limitado pudieron influir en la variabilidad observada, por lo que se recomienda realizar estudios con un mayor número de animales y en diferentes condiciones ambientales para validar los hallazgos.

FINANCIAMIENTO

Instituto de investigación de la Universidad Nacional de San Martín con Resolución N° 802-2021-UNSM/CU-R.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción -borrador original, redacción -revisión y edición: Bustamante-Quintana, I. R., López-Flores, A. M. y Palomino-Cano, J. M.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bó GA, Mapletoft RJ. Superstimulation of ovarian follicles in cattle: Gonadotropin treatment protocols and FSH profiles. *Theriogenology*. 2020 Jul 1;150:353–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.001>
2. Sanderson N, Martinez M. A single administration of a long-acting recombinant ovine FSH (roFSH) for cattle superovulation. *Theriogenology*. 2020 Sep 15;154:66–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.037>
3. Mapletoft RJ, Bó GA. Superovulation in Cattle. *Bovine Reproduction* [Internet]. 2014 Nov 3 [cited 2025 Feb 20];696–702. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781118833971.ch75>
4. Jahnke MM, Youngs CR. Superovulation in Cattle. *Bovine Reproduction* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2025 Feb 22];1032–40. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781119602484.ch82>
5. Baruselli PS, Ferreira RM, Vieira LM, Souza AH, Bó GA, Rodrigues CA. Use of embryo transfer to alleviate infertility caused by heat stress. *Theriogenology*. 2020 Oct 1;155:1–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.04.028>
6. Phillips PE, Jahnke MM. Embryo Transfer (Techniques, Donors, and Recipients). *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*. 2016 Jul 1;32(2):365–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.008>

7. Hasler JF, McCauley AD, Schermerhorn EC, Foote RH. Superovulatory responses of Holstein cows. *Theriogenology* [Internet]. 1983 Jan 1 [cited 2025 Dec 17];19(1):83–99. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X83901255>
8. Mogollón Waltero ÉM, Burla Dias AJ. Superovulación de hembras bovinas. *Spei Domus* [Internet]. 2013 Jun 1 [cited 2025 Dec 17];9(18). Available from: https://www.researchgate.net/publication/304557483_Superovulacion_de_hembras_bovinas_alternativas_para_reducir_el_numero_de_inyecciones_de_FSH
9. Gutierrez-Reinoso MA, Escribano EH, Cabezas I, Hugues F, Parra NC, Zúniga R, et al. Superovulation of dairy cows using recombinant FSH (bscrFSH): Effect of the number of FSH applications on ovarian response, hormone profiles, and in vivo embryo production. *Theriogenology* [Internet]. 2025 Mar 1 [cited 2025 Dec 17];234:42–50. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X24004953?via%3Dihub>
10. Eliana J, Guaman C. Estimulación folicular con FSH recombinante bovina previo a la OPU en vacas Holstein [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 21]. Available from: <https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fd6beadb-41af-4c38-b689-e69c1a258d8f/content>
11. Mirzaei A, Londoño-Mendez MC, Lasso-Ramirez S, Adams PE, Seekford ZK, Bromfield JJ, et al. Embryo production by Holstein heifers superovulated with a recombinant long-acting follicle-stimulating hormone analog. *J Anim Sci* [Internet]. 2024 Jan 3 [cited 2025 Dec 17];102. Available from: <https://dx.doi.org/10.1093/jas/skae326>
12. Gutierrez-Reinoso MA, Escribano EH, Cabezas I, Hugues F, Parra NC, Zúniga R, et al. Superovulation of dairy cows using recombinant FSH (bscrFSH): Effect of the number of FSH applications on ovarian response, hormone profiles, and in vivo embryo production. *Theriogenology*. 2025 Mar 1;234:42–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.12.002>
13. Reyes Torres KV. Comparación entre cebiotropin b (fsh recombinante) y folltropin -v (fsh) en procesos superovulatorios en vacas donantes de embriones de raza charolais, en la hacienda San Gabriel de la provincia Morona Santiago [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 22]. Available from: <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/5591>
14. Wrzecińska M, Czerniawska-Piątkowska E, Kowalczyk A. The impact of stress and selected environmental factors on cows' reproduction. *J Appl Anim Res* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2025 May 6];49(1):318–23. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09712119.2021.1960842>
15. Kulus J, Wieczorkiewicz M, Kulus M, Jaskowski JM. Superovulation in cattle-searching for the optimal dose, alternative routes of administration and a simplified fsh application program. *Med Weter* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2025 May 6];75(9):515–20. Available from: https://www.researchgate.net/publication/331159956_Superovulation_in_cattle_-_searching_for_the_optimal_dose_alternative_routes_of_administration_and_a_simplified_FSH_application_program
16. Khodadadi A, Niasari-Naslaji A, Nikjou D, Mohammadi B. Superovulation of high-producing Holstein lactating dairy cows with human recombinant FSH and hMG. *Theriogenology*. 2022 Oct 1;191:239–44. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.08.010>
17. Lonergan P. Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. *Theriogenology*. 2011 Dec;76(9):1594–601. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.06.012>

18. Hansen PJ. Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction. *Anim Reprod* [Internet]. 2019 Aug 13 [cited 2025 Feb 24];16(3):497–507. Available from: <http://www.animal-reproduction.org/article/doi/10.21451/1984-3143-AR2019-0053>
19. Raúl Lozano-Domínguez R, Antonio Asprón-Pelayo M, Gustavo Vásquez-Peláez C, González-Padilla E, Fernando Aréchiga-Flores C. Effect of heat stress on embryo production in superovulated cows and on the pregnancy rate in recipient cows. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2010;1(3):189–203. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242010000300001&script=sci_abstract&tlng=en
20. Meléndez P, Bartolomé J, Meléndez P, Bartolomé J. Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu* [Internet]. 2017 Oct 1 [cited 2025 Feb 24];8(4):407–17. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242017000400407