

## Efecto de la somatotropina bovina en el desempeño reproductivo de vacas sincronizadas para inseminación artificial y transferencia de embriones en condiciones tropicales

Effect of bovine somatotropin on reproductive performance of cows synchronized for artificial insemination and embryo transfer under tropical conditions

Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel<sup>1</sup>, García-Suárez Alejandro<sup>1</sup>, Rojas-Ronquillo Rebeca<sup>1</sup>, Marini Pablo Roberto<sup>2,3,4</sup>, Chagoya-Fuentes Jorge Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico km 7.5, Tuxpan, Veracruz, México. C.P. 92800. <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. <sup>3</sup> Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL), Argentina. <sup>4</sup> Carrera del Investigador Científico CIC-UNR, Argentina.

### NOTA SOBRE LOS AUTORES

Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel: [mlammoglia@uv.mx](mailto:mlammoglia@uv.mx),  <https://orcid.org/0000-0002-2958-0518>

García-Suárez Alejandro: [zs19024155@estudiantes.uv.mx](mailto:zs19024155@estudiantes.uv.mx)

Rojas-Ronquillo Rebeca: [rebrojas@uv.mx](mailto:rebrojas@uv.mx),  <https://orcid.org/0000-0003-3911-0779>

Marini Pablo Roberto: [pmarini@unr.edu.ar](mailto:pmarini@unr.edu.ar),  <https://orcid.org/0000-0003-0826-0387>

Chagoya-Fuentes Jorge Luis: [jochagoya@uv.mx](mailto:jochagoya@uv.mx),  <https://orcid.org/0000-0001-5139-6322>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Chagoya-Fuentes Jorge Luis.

### RESUMEN

Las necesidades de proteína de origen animal crecen exponencialmente. La productividad de la ganadería bovina está basada en la eficiencia reproductiva. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la somatotropina bovina en el desempeño reproductivo en vacas sincronizadas para inseminación artificial (IA) y transferencia de embriones (TE). El estudio se realizó al norte del estado de Veracruz, en los municipios de Tamiahua y Tuxpan. Se utilizaron 38

**Recibido:** 03/12/2024

**Aceptado:** 24/03/2024

**Publicado:** 01/06/2024



Copyright © 2024 Rocío Rodríguez Cabrera, Sara Aída Alarcón Pulido, Esperanza Patricia Velázquez García, Julio César González Cárdenas y Fabián Enríquez García.  
Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

vacas multíparas beefmaster sin becerro para el estudio de IA y 80 vacas F1 (Brahman x suizo) con y sin becerro para TE. Las vacas fueron asignadas: 1) Control y 2) Somatotropina (500.0 mg). Las vacas para IA fueron inseminadas a tiempo fijo y las receptoras fueron transferidas el día 7 después del estro sincronizado, si presentaban cuerpo lúteo (CL). La presencia de CL y el diagnóstico de gestación se realizó utilizando ultrasonografía. Para el análisis estadístico se utilizó STATISTICA 7. Las vacas IA con somatotropina tuvieron mayor ( $P<0.05$ ) porcentaje de gestaciones (80.0%) que las control (66.7%). En las TE se encontró una interacción significativa ( $P<0.05$ ) en tratamiento con presencia de becerro en porcentajes de CL y gestaciones. Las vacas con somatotropina y becerro tuvieron mayores porcentajes de CL (79.2%) y gestaciones (57.9%) que las vacas control (50.0% y 36.4%, respectivamente). No hubo diferencias entre grupos en vacas sin becerro. En conclusión, la somatotropina bovina utilizadas en vacas sincronizadas en condiciones tropicales para IA y TE mejoró su desempeño reproductivo, principalmente en el grupo de vacas para TE con becerro.

**Palabras clave:** Fertilidad, Gestaciones, rBST, Trópico, Vacas Receptoras

### ABSTRACT

The need for animal protein is growing exponentially worldwide. In cattle production, productivity is based on reproductive efficiency. The objective of this study was to determine the effect of bovine somatotropin on reproductive performance in cows synchronized for artificial insemination (AI) and embryo transfer (ET) under tropical conditions. The study was carried out in Tamiahua and Tuxpan, Veracruz area. Thirty-eight multiparous beefmaster cows without a calf were used for the AI study and 80 F1 cows (Brahman x Swiss) with and without a calf for the TE study. Cows were assigned: 1) Control, and 2) Somatotropin (500 mg). Cows for AI were inseminated at fixed-time and recipients were transferred on day 7 after synchronized estrus if they presented a corpus luteum (CL). The presence of a CL and pregnancy diagnosis was done using ultrasonography. STATISTICA 7 was used for the statistical analysis. The somatotropin AI cows had a higher ( $P<0.05$ ) percentage of pregnancies (80.0%) than the control cows (66.7%). In the TE group, an interaction ( $P<0.05$ ) treatment x presence of calf was found in the percentages of CL's and pregnancies. The somatotropin cows with a calf had higher percentages of CL's (79.2%) and pregnancies (57.9%) than the control cows (50.0% and 36.4%, respectively). There were no differences between groups in cows without a calf. In conclusion, bovine somatotropin used in cows synchronized in tropical conditions for artificial insemination and embryo transfer improved reproductive performance mainly in cows for TE with a calf.

**Keywords:** Fertility, Pregnancies, rBST, Tropic, Recipient Cows.

### INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina se ve obligada a mejorar su eficiencia productiva por varias situaciones, entre las que se pueden mencionar: a) satisfacer la creciente demanda de la población humana por

proteína animal, b) reducir los elevados costos de producción y c) cuidar el ambiente y conservarlo para las futuras generaciones (Diskin y Kenny, 2016). Además, se calcula que la población mundial incrementará de 7 a 10 billones para el año 2050 y el mayor incremento de esta población se dará en países en desarrollo (United Nations, 2015). Con base en lo comentado con anterioridad, se puede decir que el incremento de la demanda de proteína irá de la mano con el aumento de la población humana y las necesidades de proteína se incrementarán hasta un 70% de la cual se considera que un tercio de esta demanda será de proteína de origen animal (United Nations, 2015).

La productividad en la ganadería bovina está basada en la eficiencia reproductiva y se utilizan un gran número de tecnologías para tratar de alcanzar los parámetros recomendados. Las tecnologías reproductivas más utilizadas en los bovinos son la inseminación artificial y la transferencia de embriones y estas tecnologías utilizan protocolos hormonales para sincronizar la ovulación (Cardoso et al., 2021). A pesar de todos los esfuerzos realizados hasta el momento, siempre es necesario mejorar el desempeño reproductivo del hato y en los últimos años se ha incorporado en algunos programas de sincronización el uso de la hormona somatotropina bovina con resultados prometedores (Kaminski et al., 2018).

Hernández-Cerón y Gutiérrez-Aguilar (2013) reportaron que la aplicación de somatotropina bovina recombinante (rBST) incrementó la fertilidad en vacas lecheras en producción y que fueron inseminadas artificialmente. Pierre et al., (2014) después de realizar un meta-análisis utilizando 26 estudios concluyeron que la rBST incrementó la fertilidad en vacas en producción que eran tratadas cada 14 días a partir del día  $60.0 \pm 5.0$  posparto. Un estudio realizado por Baruselli et al., (2022) reportó que la aplicación de rBST en receptoras de embriones producidos *in vitro* incrementó la fertilidad y también redujo las pérdidas de gestación y en donadoras incrementó la producción de ovocitos. El mecanismo por el cuál la rBST mejora la fertilidad está relacionado con el incremento en la producción de factores del crecimiento (principalmente IGF-I) en el hígado y estos factores de crecimiento están directamente relacionados con los procesos reproductivos (Hernández-Cerón y Gutiérrez-Aguilar, 2013). El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de la somatotropina bovina (rBST) en la fertilidad de vacas sincronizadas para inseminación artificial y transferencia de embriones en condiciones tropicales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en unidades de producción pecuaria localizadas en la región de Tamiagua y Tuxpan, Veracruz. Estas regiones tienen un clima cálido, una temperatura media anual de 25.1 ° C, una humedad media anual de 90.4%, lluvias abundantes en verano y principios de otoño, una precipitación pluvial media anual de 1,076 mm y una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar.

### Vacas para transferencia de embriones (Receptoras)

Se utilizaron 80 vacas F1 (Brahman x suizo europeo) con y sin becerro que fueron utilizadas exclusivamente como receptoras de embriones Brahman durante el periodo octubre - diciembre

de 2023. Estas se mantuvieron en un sistema de rotación intensivo con cerco eléctrico en pastos tropicales mejorados (*Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria brizantha*). Las receptoras tenían agua fresca y sales minerales a libre acceso. Las receptoras tuvieron diferente régimen de alimentación de acuerdo con la etapa reproductiva que se encontraban. Dos meses antes y dos meses después del parto las receptoras fueron suplementadas con  $300.0 \pm 50.0$  g por día de una mezcla de sales minerales y proteína no verdadera. Adicionalmente, 45 días antes y 45 días después de la transferencia de embriones se incluyó 100.0 g de grasa en la mezcla de sales minerales.

Todas las receptoras fueron vacunadas anualmente con virus muerto de diarrea viral bovina (DVB) tipo 1 y 2, rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), parainfluenza 3 (PI3), virus respiratorio sincitial bovino (VRSB) y leptospiras: *L. canícola*, *L. grippotyphosa*, *L. hardjo*, *L. icterohaemorrhagiae* y *L. pomona*. Adicionalmente, las receptoras recibieron una inoculación de virus activos modificados de IBR, DVB (tipos I y II), PI3, VRSB y de leptospira *L. canícola*, *L. grippotyphosa*, *L. hardjo*, *L. icterohaemorrhagiae* y *L. pomona*  $40.0 \pm 5.0$  días posparto.

#### Vacas de inseminación artificial

Para el estudio se utilizaron 38 vacas beefmaster sin becerro manejadas en un sistema de rotación extensiva de pastos tropicales: brizantha (*Brachiaria brizantha*) y estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Además, se le proporcionaron sales minerales y agua fresca a libre acceso.

#### Animales, tratamiento y diseño experimental

Previo a la asignación de grupos, se llevó a cabo un diagnóstico reproductivo por ultrasonografía (equipo BCF, Easi-scan bugs de tiempo real con traductor transrectal) para descartar las vacas con patologías reproductivas o gestantes.

Las vacas fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos tratamientos: 1) Control, (vacas de inseminación artificial;  $n = 19$  y vacas receptoras;  $n = 40$ ) y 2) Grupo de somatotropina o grupo de rBST (vacas de inseminación artificial;  $n = 19$  y vacas receptoras;  $n = 40$ ). Este grupo recibió 500 mg de rBST (somatotropina) vía subcutánea en la depresión de la base de la cola del lado derecho. Las vacas destinadas para inseminación artificial recibieron la rBST al inicio del protocolo de sincronización ( $n = 19$ ) y las vacas destinadas para receptoras la aplicación de somatotropina se realizó al retiro del dispositivo de progesterona ( $n=40$ ). Se registró la condición corporal de todas las vacas al iniciar el protocolo de sincronización. Se utilizó la escala del 1 al 5 descrita por Ferguson (1994) en donde 1 = emaciada y 5 = obesa.

#### Protocolo de sincronización para vacas receptoras

El protocolo que se implementó para la sincronización de vacas receptoras fue el descrito por Graaff y Grimard (2018) y consistió en la aplicación de 2.0 mg de benzoato de estradiol (BE) y la implantación del dispositivo intravaginal (DIV) con una concentración de 1.0 g de progesterona en el día 0. El día 8 se realizó el retiro del DIV y la aplicación de 0.15 mg de prostaglandina  $F2\alpha$ , 400.0 U.I. de gonadotropina coriónica equina (eCG), 1.0 mg de cipionato de estradiol (CE) y la aplicación de 500.0 mg de rBST al grupo tratado (Figura 1). El día 9 se realizó la detección de celos. Siete días después de la presentación del celo las receptoras fueron evaluadas con

ultrasonografía para determinar la presencia de cuerpo lúteo y poder realizar la transferencia de embriones en el tercio medio del cuerno ipsilateral al ovario donde se encontró el CL.

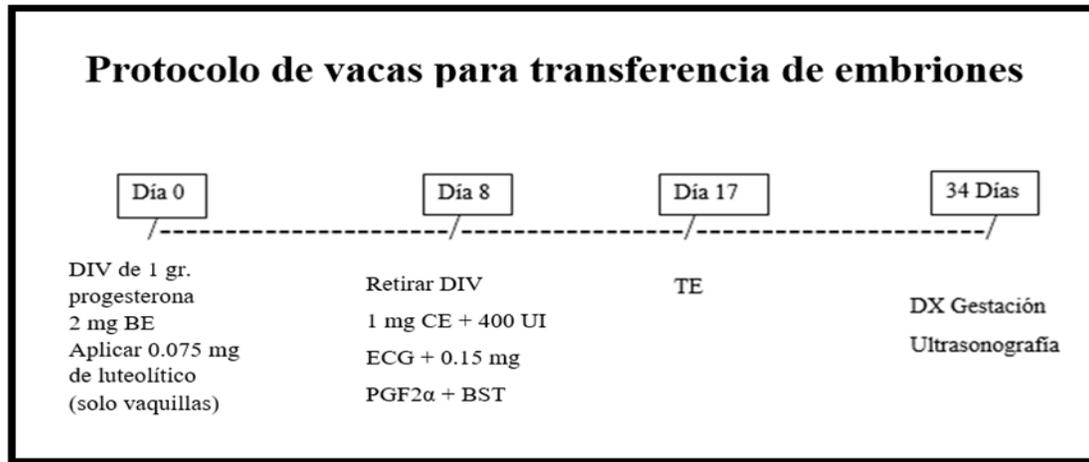


Figura 1. Protocolo de vacas para transferencia de embriones.

#### Sincronización de estro en vacas para inseminación artificial a tiempo fijo

El protocolo que se implementó para la sincronización de vacas receptoras fue el descrito por Graaff y Grimard (2018) y consistió en aplicar el día 2.0 mg de benzoato de estradiol (BE), un dispositivo intravaginal (DIV) de 1.0 g de progesterona y 500.0 mg de rBST (al grupo tratado y nada al grupo control). El día 7 se realizó el retiro del DIV con la aplicación de 0.15 mg de (PGF2 $\alpha$ ), 400.0 U.I. de gonadotropina coriónica equina (eCG) y 24 horas posteriores al retiro del DIV se aplicó 1.0 mg de benzoato de estradiol (CE).

Las vacas del grupo de inseminación artificial fueron resincronizadas aplicando el DIV utilizado la primera vez (enjuagado y desinfectado) 14 días después del servicio de IA y fue retirado 7 días después. Se detectaron celos por tres días AM y PM y las vacas que volvieron a presentar estro se volvieron a inseminar.

#### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software STATISTICA 7.0 utilizando el modelo ANOVA para comparar la diferencia entre las medias de los parámetros analizados. Valores de P igual o menor a 0.05 establecen diferencias estadísticas.

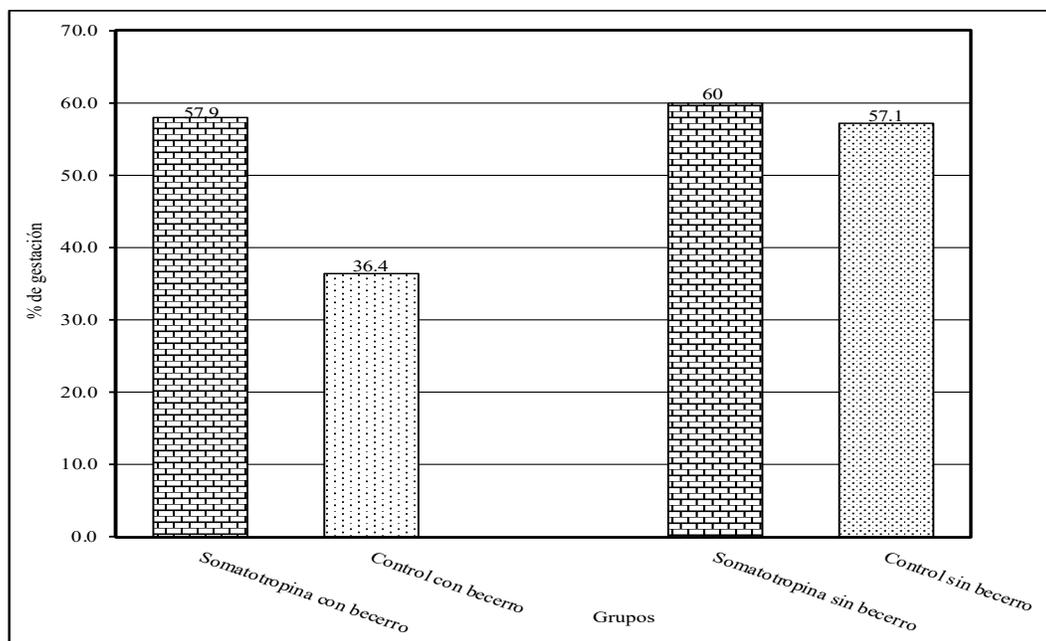
## RESULTADOS

La condición corporal (escala 1 – 5) de las receptoras fue similar ( $P > 0.05$ ) en los grupos control ( $3.35 \pm 0.045$ ) y de somatotropina ( $3.36 \pm 0.044$ ). Así también, ambos grupos tuvieron una media de número de partos similar ( $P > 0.05$ ; somatotropina  $2.62 \pm 0.31$  y control  $2.41 \pm 0.32$  partos).

Al realizar la comparación de medias utilizando ANOVA se encontró un efecto ( $P < 0.05$ ) del tratamiento en la presencia de cuerpos lúteos en el día 7 del ciclo estral (día que se realizó la

transferencia de embriones), en donde el 72.5% de las vacas tratadas con somatotropina tuvieron cuerpo lúteo y fueron transferidas, comparadas con el 64.1% de vacas con cuerpo lúteo del grupo control. También se encontró una interacción ( $P < 0.05$ ) de tratamiento x presencia de becerro en el porcentaje de cuerpos lúteos. Las vacas con becerro al pie que recibieron el tratamiento de somatotropina tuvieron un mayor ( $P < 0.05$ ) porcentaje de vacas con presencia de cuerpo lúteo (79.2%) y por lo tanto más vacas transferidas comparadas con las vacas con becerro del grupo control (50.0%). Sin embargo, el tratamiento con somatotropina en vacas sin becerro no tuvo efecto ( $P > 0.05$ ) y el porcentaje de vacas sin becerro con presencia de cuerpo lúteo fue similar entre el grupo tratado y el control (62.5% y 82.3% respectivamente).

Cuando se incluyeron en el análisis todas las vacas, también se encontró una interacción ( $P < 0.05$ ) de tratamiento con la presencia de becerro en el porcentaje de gestaciones. Las vacas tratadas con somatotropina y con becerro tuvieron un mayor porcentaje de vacas gestantes ( $P < 0.05$ ) comparadas con las vacas del grupo control con becerro (Figura 2). Sin embargo, en las vacas sin becerro no se encontró un efecto del tratamiento ( $P > 0.05$ ) y el porcentaje de gestaciones fue similar en ambos grupos (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto tratamiento x presencia de becerro ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de gestación de todas las receptoras (con y sin CL) en condiciones tropicales.

En el caso de las vacas inseminadas artificialmente la condición corporal (escala 1 – 5) de las vacas inseminadas fue similar ( $P > 0.05$ ) en los grupos control ( $3.1 \pm 0.035$ ) y el grupo tratado con somatotropina ( $3.1 \pm 0.034$ ).

El tratamiento con somatotropina tuvo un efecto en el porcentaje de gestaciones ( $P < 0.05$ ) tanto al servicio de la sincronización a tiempo fijo (Figura 3) como en el porcentaje total de las

inseminaciones, en la cual las vacas tratadas con somatotropina alcanzaron un mayor porcentaje y por lo tanto un mayor número de vacas gestantes (Figura 3).

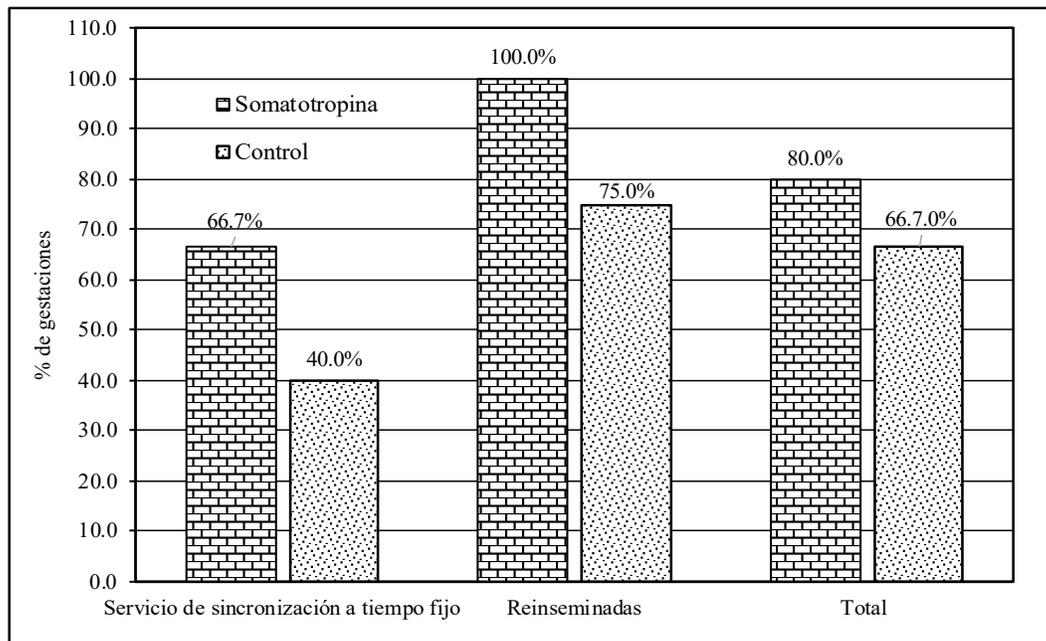


Figura 3. Efecto del tratamiento con somatotropina ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de gestaciones de vacas inseminadas y reinseminadas artificialmente con un protocolo de sincronización a tiempo fijo en condiciones tropicales.

## DISCUSIÓN

En este estudio se encontró que las receptoras del grupo tratado con lactotropina tuvieron un mayor porcentaje de cuerpos lúteos comparadas con las receptoras del grupo control. También, se encontró que las receptoras con becerro al pie que recibieron el tratamiento de somatotropina o también conocida como rBST tuvieron un mayor porcentaje de gestaciones. El tratamiento con somatotropina en el grupo de vacas inseminadas también incrementó la fertilidad. Los resultados de este estudio confirman lo reportado en 2013 por Mendoza *et al.*, en donde estos autores encontraron que la aplicación de somatotropina en vacas lecheras mejoró la fertilidad. En otro reporte más reciente los autores concluyeron que la aplicación de somatotropina mejoró diversos parámetros reproductivos (Baruselli *et al.*, 2021).

Existen varias explicaciones fisiológicas por las cuales la aplicación de 500.0 mg de rBST o somatotropina mejoró los parámetros reproductivos en este estudio (porcentaje de receptoras con cuerpo lúteo, porcentaje de receptoras transferidas y fertilidad en receptoras y vacas inseminadas artificialmente). Una de estas razones es que la somatotropina tiene una manera indirecta de actuar, ya que estimula los hepatocitos para que estos secreten factores de crecimiento insulínicos (IGF) tipos I y II. Los IGF's principalmente el IGF-I tiene receptores en la mayor parte de las células de los diferentes tejidos incluyendo el aparato reproductor: ovarios (folículos y cuerpo

lúteo), endometrio, embrión, glándulas endometriales, entre otros (Baruselli et al., 2021). Adicionalmente, el IGF-I estimula el crecimiento celular y en el caso de las estructuras ováricas estimula la secreción de una mayor cantidad de hormonas reproductivas (Alvarado-Rincón et al., 2019). Así también, la aplicación de somatotropina incrementa el número de folículos antrales y de acuerdo a Martínez et al., (2016) entre mayor población de folículos antrales, se obtienen folículos ovulatorios más saludables resultando en una mejor fertilidad.

Otra explicación del ¿por qué? las receptoras con rBST tuvieron más cuerpos lúteos, es que la secreción incremental de IGF-I por los hepatocitos, estimula a las células granulosas de los folículos, alcanzando folículos con mayor tamaño y una mayor producción de estrógenos (Lucy, 2008). Consecuentemente, una mayor concentración plasmática de estrógenos actúa en el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal generando una mayor secreción de hormona luteinizante (LH) y esto contribuye a una mejor ovulación (Alvarado-Rincón et al., 2019). Por consecuencia, una mejor ovulación significa que ocurrió una adecuada luteinización del folículo ovulatorio y una mejor maduración del ovocito y esto llevará a una mayor secreción de progesterona durante el metaestro, favoreciendo sustancialmente las condiciones del ambiente uterino para un mejor desarrollo embrionario (Calderón-Soto et al., 2020).

Finalmente, otro factor importante que fue sugerido para explicar el incremento de la fertilidad fue propuesto por Hernández-Cerón y Gutierrez-Aguilar (2013), concluyeron que la aplicación de somatotropina incrementa la secreción de IGF-I y este factor insulínico actúa en las células del cumulus oophorus mejorando la calidad del ovocito.

Cabe resaltar un detalle interesante en el presente estudio, las vacas receptoras bajo el tratamiento sin becerro tuvieron mayor porcentaje de cuerpos lúteos y mejor fertilidad que las vacas control con becerro, sin embargo no se encontraron diferencias significativas. Esta interacción pudiera explicarse por los resultados publicados por Acosta et al., (2017), en donde encontraron que la respuesta en cuanto al nivel de secreción de IGF-I, por la aplicación de rBST, dependía de la etapa de lactancia.

Otro aspecto interesante a considerar, es que las concentraciones plasmáticas de IGF-I tienen una relevancia fundamental en la reproducción de la hembra bovina. Se ha reportado que cuando las concentraciones de IGF-I son elevadas en vacas en producción estas tienen mejores tasas de ovulación y una mejor fertilidad que las vacas con concentraciones bajas (Alvarado-Rincón et al., 2019). Entonces, sería posible considerar que la aplicación de somatotropina incrementará las concentraciones plasmáticas de IGF-I y de esta manera mejorar los parámetros reproductivos.

## CONCLUSIÓN

La aplicación de somatotropina bovina en vacas en condiciones tropicales sincronizadas para transferencia de embriones incrementó el porcentaje de receptoras con presencia de cuerpo lúteo y transferidas y el porcentaje de gestaciones principalmente en receptoras con becerro y en vacas

sincronizadas con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo mejoró el porcentaje de gestaciones.

## REFERENCIAS

- Acosta, DAV., Schneider A., Jacometo, CB., Rincon, JA., Cardoso, F. y Correa, MN. 2017. Effect of bovine somatotropin injection in late pregnant Holstein heifers on metabolic parameters and steroidogenic potential of the first postpartum dominant follicle. *Theriogenology* 104:164–172. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.08.024>
- Alvarado-Rincón, JA., Mion, B., Velasco-Acosta, DA., Garziera-Gasperin, B., TomazeleRovani, M., Cantarelli-Pegoraro, LM., Nunes-Correa, M. y Schneider, A. 2019. Effect of recombinant bovine somatotropin (rbST) treatment on follicular population and development in non-lactating cows. *Aim Reprod.* 16(4):914-922. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0118>
- Baruselli, PS., Rodríguez, CA., Ferreira, RM., Sales, JNS., Elliff, FM., Silva, LG., Viziack MP., Factor, L. y D'Occhio, MJ. 2021. Impact of oocyte donor age and breed on in vitro embryo production in cattle, and relationship of dairy and beef embryo recipients on pregnancy and the subsequent performance of offspring: a review. *Reprod Fertil Dev.* 34(2):36–51. <https://doi.org/10.1071/RD21285>
- Calderón-Soto, E., Mandujano, MÁ., Castelan, VJ., González, PM., Jiménez, RL. (2020). Somatotropina bovina recombinante. 2- 4. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/471642591/SOMATOTROPINA-BOVINA-RECOMBINANTE>.
- Cardoso, CE., Wiltbank, MC. and Sartori, R. 2021. Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on time artificial insemination programs. *Animals* 11(2):301-309. <https://doi.org/10.3390/ani11020301>
- Diskin, MG. and Kenny, DA. 2016. Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology* 86(1):379-387. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.052>
- Hernández-Cerón, J. y Gutierrez-Aguilar, G. 2013. Recombinant bovine somatotropin and reproduction in cattle, sheep and goats. *Agrociencia* 47:35-45. Disponible en línea: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000100004&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000100004&script=sci_abstract&tlng=en)
- Kaminski, AP., Andrade, MA., Segui, MS., Kozicki, LE., Pedrosa, VB., Weiss, RR. y Bergstein-Galan, TC. 2018. Impact of recombinant bovine somatotropin, progesterone, and estradiol benzoate on ovarian follicular dynamics in *Bos taurus taurus* cows using a protocol for estrus and ovulation synchronization. *Theriogenology* 125:331-334. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.009>

- Graff, W. y 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>
- Lucy, MC. 2008. Functional differences in the growth hormone and insulin-like growth factors axis in cattle and pigs: implications for post-partum nutrition and reproduction. *Reprod. Domest Anim* 43(2):31-39. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01140.x>
- Martínez, MF., Sanderson, N., Quirke, LD., Lawrence, SB. y Juengel, JL. 2016. Association between antral follicle count and reproductive measures in New Zealand lactating dairy cows maintained in a pasture-based production system. *Theriogenology*, 85(3):466–475.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.026>
- Mendoza, G., Hernández, Cerón, J., Zarco LA., y Gutiérrez, CG. 2013. Porcentaje de concepción en vacas Holstein repetidoras tratadas con somatotropina bovina al momento de la inseminación. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2):177-183. Disponible en línea: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-11242013000200004&lng=es&nrm=iso](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242013000200004&lng=es&nrm=iso)
- Pierre, NR., Milliken, GA., Bauman, DE., Collier, RJ., Hogan, JS., Shearer, JK., Smith, KL. y Thatcher, WW. 2014. Meta-analysis of the effects of sometribove zinc suspension on the production and health of lactating dairy cows. *JAVMA* 245:550-564.  
<https://doi.org/10.2460/javma.245.5.550>
- United Nations. 2015 Revision of World Population Prospects, United Nations. Available online: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/keyfindingswpp2015.pdf> (accessed on 25 April 2024).

Copyright © 2024 Lammoglia-Villagómez Miguel Ángel, García-Suárez Alejandro, Rojas-Ronquillo Rebeca, Marini Pablo Roberto, Chagoya-Fuentes Jorge Luis.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)