

Porcentaje de concepción al primer servicio en vacas Holstein tratadas con hormona bovina del crecimiento en la inseminación

Conception rate at first service in Holstein cows treated with bovine somatotrophin at the time of insemination

Oscar Armando Rodríguez Castañeda* Ramiro Díaz Bolaños* Oscar Ortiz González*
Carlos G. Gutiérrez* Hugo H. Montaldo** Carlos García Ortiz* Joel Hernández Cerón*

Abstract

A single dose of bovine somatotrophin (bST) given at the time of insemination improves conception rate (CR) in repeat-breeding cows, but there is no clear evidence that this treatment is useful in first service cows. The effect of bST applied at the time of insemination on conception rate in first service Holstein cows was evaluated. This study was conducted using 435 lactating Holstein cows from 15 dairy herds located in Tizayuca, Hidalgo. Cows were divided in two groups. The bST group ($n = 185$) received a subcutaneous injection of 500 mg of bST; the control group ($n = 250$) received 2 mL of saline solution. Insulin growth factor type I (IGF-I) and insulin concentrations were measured daily on seven randomly chosen cows of each group from the day of the bST injection until day 14 post treatment. Pregnancy diagnosis was performed by rectal palpation 45 days after insemination. The effects of treatment, herd, synchronized method (spontaneous or synchronized estrus with prostaglandin $F2\alpha$), parity and days in milk on conception rate were analyzed by logistic regression for binary variables. The concentrations of IGF-I and insulin were compared using ANOVA for repeated measurements. Conception rate did not varied ($P > 0.05$) between treatment groups [bST (36.2%) vs control (34.8%)]. There were no herd, parity, days in milk or synchronized method effects ($P > 0.05$) on conception rate. IGF-I and insulin were higher ($P < 0.05$) in the bST group than in the control group. It is concluded that a 500 mg bST injection at the time of insemination does not improve fertility in first service Holstein cows.

Key words: bST, FERTILITY, DAIRY CATTLE, IGF-I, INSULIN.

Resumen

Una inyección de hormona bovina del crecimiento (bST) en la inseminación mejora el porcentaje de concepción (PC) en vacas repetidoras; sin embargo, no hay clara evidencia de su eficacia en vacas de primer servicio. Se evaluó si una inyección de bST en la inseminación mejora el PC al primer servicio en vacas Holstein. El experimento se hizo con 435 vacas de 15 hatos de Tizayuca, Hidalgo, México. Las vacas se dividieron en dos grupos: el grupo bST ($n = 185$) recibió 500 mg bST sc en el servicio; el grupo testigo ($n = 250$) recibió 2 mL de solución salina fisiológica (SSF) sc. Se determinaron las concentraciones del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I) e insulina diariamente en siete vacas seleccionadas al azar de cada grupo, a partir del tratamiento con bST hasta el día 14 posinseminación. El diagnóstico de gestación se hizo por palpación rectal 45 días después de la inseminación. Se realizó un análisis de regresión logística para variables binarias con el propósito de determinar los efectos del tratamiento, hato, método de sincronización (estro espontáneo o sincronizado con prostaglandina $F2\alpha$), número de partos y días en leche, sobre el PC. Las concentraciones de IGF-I e insulina se evaluaron mediante un modelo lineal mixto (ANDEVA) para mediciones repetidas. El PC fue similar ($P > 0.05$) entre grupos [bST (36.2%) y testigo (34.8%)]. No se encontró efecto ($P > 0.05$) del número de partos, hato, método de sincronización, ni número de días en leche en el PC. Las concentraciones de IGF-I e insulina fueron más altas ($P < 0.05$) en el grupo bST que en el testigo. Se concluye que una inyección de 500 mg de bST en la inseminación no mejora la fertilidad en vacas Holstein de primer servicio.

Palabras clave: bST, FERTILIDAD, VACAS LECHERAS, IGF-I, INSULINA.

Recibido el 6 de noviembre de 2007 y aceptado el 5 de noviembre de 2008.

*Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F., Tel.: 56225860, fax 56225935.

**Departamento de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F.

Correspondencia: Joel Hernández Cerón; jhc@servidor.unam.mx (misma dirección).

Introduction

Early embryonic death is the main cause of pregnancy losses in cows, and it is particularly high in intensive production dairy cows.¹ A strategy to decrease early embryonic losses and increase fertility is the administration of bovine somatotrophin (bST), which has direct and indirect effects on fertility probably acting on oocyte maturation, fertilization and in early embryonic development.^{2,3}

The bST injection of 500 mg at the start of estrous and a second one 10 days after, increased conception rate in repeat-breeding cows.² In another study,⁴ fertility increased in repeat-breeding cows with a single injection of bST at the time of insemination. Nevertheless, the same treatment did not improve conception rate at first service in cows. In other studies,^{5,7} the administration of bST at first service in cows each 14 days, beginning at the time of insemination, increased fertility. Fertility in first service cows is similar to the one in cows considered as infertile (repeat-breeding cows); thus, the conception rate at first insemination is frequently not higher than 30%.⁸ Therefore, the aim of the present study was to determine if a single bST injection of 500 mg at the time of insemination in Holstein cows at first service improves conception rate.

Material and methods

The experiment was conducted in 15 dairy herds belonging to the Industrial Agricultural Complex of Tizayuca, Hidalgo. Four hundred and thirty five Holstein cows of 76 ± 8 days in milk, of different parity and without reproductive pathologies were used. Estrous detection was performed by visual observation and during insemination, cows were randomly chosen in two groups: bST group ($n = 185$) received 500 mg of bST,* by subcutaneous via. Control group ($n = 250$) received a subcutaneous injection of 2 mL of physiological saline solution (PSS). Pregnancy diagnosis was performed by rectal palpation 45 days after insemination.

Blood samples were daily taken from seven cows of each group, randomly chosen from the day bST was administered to day 14 post insemination. Blood samples were obtained by caudal veno-puncture using vacuum tubes without anticoagulant. Later, samples were centrifuged at 1500 *g* for 30 minutes in order to separate serum, which was kept at -20°C until its analysis.

IGF-I serum concentrations were determined by an immunoradiometric assay (IRMA) with an intra-assay variance coefficient of 1.8% and with 2.0 ng mL^{-1} sensi-

Introducción

La muerte embrionaria temprana es la principal causa de pérdidas de gestaciones en vacas, es particularmente alta en vacas lecheras en producción intensiva.¹ Una estrategia para disminuir las pérdidas embrionarias tempranas y aumentar la fertilidad es la administración de la hormona bovina del crecimiento (bST), que tiene efectos directos e indirectos en la fertilidad quizá al actuar en la maduración del ovocito, fertilización y en el desarrollo embrionario temprano.^{2,3}

En vacas repetidoras, una inyección con 500 mg de bST al inicio del estro y una segunda inyección diez días después, incrementó el porcentaje de concepción.² En otro estudio⁴ se aumentó la fertilidad en vacas repetidoras con una sola inyección de bST en la inseminación. Sin embargo, el mismo tratamiento no mejoró el porcentaje de concepción en vacas de primer servicio. En otros estudios,⁵⁻⁷ la administración de bST a vacas de primer servicio cada 14 días, comenzando en la inseminación, aumentó la fertilidad. La fertilidad en las vacas de primer servicio es similar a la de las vacas infértiles (vacas repetidoras); así, frecuentemente el porcentaje de concepción en la primera inseminación posparto no es mayor de 30%.⁸ Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar si una sola inyección de 500 mg de bST en la inseminación en vacas Holstein de primer servicio mejora el porcentaje de concepción.

Material y métodos

El experimento se realizó en 15 hatos de ganado lechero del Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hidalgo, México. Se utilizaron 435 vacas Holstein de 76 ± 8 días en leche, de diferente paridad y sin patologías reproductivas. La detección de estros se realizó mediante observación visual y en la inseminación, las vacas se dividieron al azar en dos grupos: El grupo bST ($n = 185$) recibió 500 mg de bST,* vía subcutánea. El grupo testigo ($n = 250$) recibió una inyección subcutánea de 2 mL de solución salina fisiológica (SSF). El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación rectal 45 días después de la inseminación.

Diariamente se tomaron muestras de sangre a siete vacas de cada grupo, elegidas al azar a partir de la inyección de bST hasta el día 14 posinseminación. Las muestras de sangre se obtuvieron mediante venopunción caudal utilizando tubos al vacío sin anticoagulante. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 1500 *g* durante 30 minutos para la separación del suero, el cual se conservó a -20°C hasta su análisis.

*Boostin®- S, Schering-Plough, México.

tivity. Likewise, insulin concentrations were measured by radioimmunoassay (RIA), with intra-assay variance coefficient of 2.42% and 0.064 ng mL⁻¹ sensitivity.

Statistical analysis

A logistic regression analysis for binary variables was done, in order to determine the significances of explainable categorical effects of treatment, herd, synchronized method, parity and linear and quadratic effects of days in milk on conception rate. IGF-I and insulin serum concentrations were evaluated by a mixed linear model for repeated measurements at the same experimental units, using the SAS MIXED procedure.⁹

Results

Conception rate was similar ($P > 0.05$) between the bST treated cows and the control ones (Table 1). Conception rate was not affected by the herd, synchronized method, days in milk, or parity ($P > 0.05$).

IGF-I and insulin serum concentrations increased after bST injection and were higher ($P < 0.05$) during the sampling period (14 days), in contrast with the control group (Figures 1 and 2).

Se determinaron las concentraciones séricas de IGF-I mediante un ensayo inmunorradiométrico (IRMA) con coeficiente de variación intraensayo de 1.8% y sensibilidad de 2.0 ng mL⁻¹. Asimismo, se midieron las concentraciones de insulina mediante radioinmunoensayo (RIA), con coeficiente de variación intraensayo de 2.42% y sensibilidad de 0.064 ng mL⁻¹.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de regresión logística para variables binarias, a fin de determinar las significancias de los efectos categóricos explicativos de tratamiento, hato, método de sincronización, número de partos y de los efectos lineal y cuadrático de los días en leche en el porcentaje de concepción. Las concentraciones séricas de IGF-I e insulina se evaluaron mediante un modelo lineal mixto para mediciones repetidas en las mismas unidades experimentales, usando el procedimiento MIXED de SAS.⁹

Resultados

El porcentaje de concepción fue similar ($P > 0.05$) entre las vacas tratadas con bST y las testigo (Cuadro

Cuadro 1

PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN EN VACAS HOLSTEIN DE PRIMER SERVICIO
TRATADAS CON bST AL MOMENTO DE LA INSEMINACIÓN
CONCEPTION RATE IN HOLSTEIN COWS AT FIRST SERVICE TREATED
WITH bST AT THE TIME OF INSEMINATION.

Treatments	n	Pregnant cows	Conception rate*
bST	185	67	36.2
Control	250	87	34.8
Total	435	154	35.4

*There was no significant difference between treatments ($P > 0.05$)

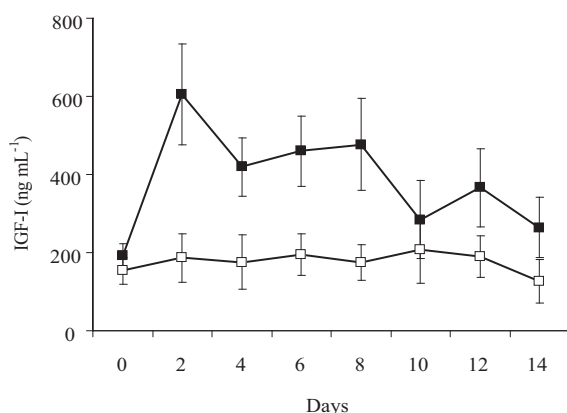


Figura 1: Concentraciones séricas de IGF-I en vacas Holstein tratadas (■) o no (□) con 500 mg de bST en la inseminación (día 0). Las concentraciones fueron diferentes entre grupos ($P < 0.05$).

Figure 1: IGF-I serum concentrations in Holstein cows treated (■) or not (□) with 500 mg of bST at the time of insemination (day 0). Concentrations were different between groups ($P < 0.05$).

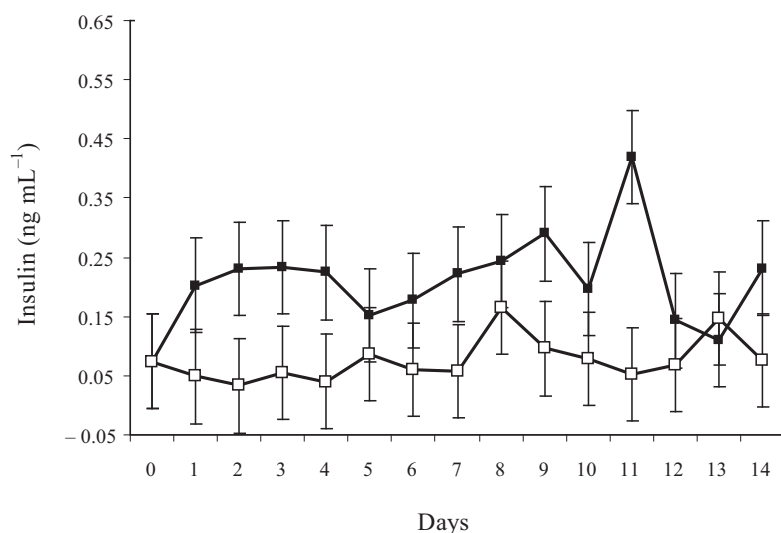


Figura 2: Concentraciones séricas de insulina en vacas Holstein tratadas (■) o no (□) con 500 mg de bST en la inseminación (día 0). Las concentraciones fueron diferentes entre grupos ($P < 0.05$).

Figure 2: Insulin serum concentrations in Holstein cows treated (■) or not (□) with 500 mg of bST at the time of insemination (day 0). Concentrations were different between groups ($P < 0.05$).

Discussion

In this study it was found that a single bST injection at service time did not improve conception rate in cows at first service. These results are similar to a previous study conducted by this same group,⁴ but they differ from the ones obtained in repeat-breeding cows, where there was indeed a fertility increase.⁴ Likewise, they contrast with the results of Moreira *et al.*^{5,6} and Santos *et al.*,⁷ in which 500 mg of bST injection at the time of insemination and its subsequent administration each 14 days in cows at first service, increased conception rate. The cause of the variation in the results can be related to bST mechanism action and to different factors associated with conception failure, that exist between cows at first service and repeat-breeding cows.

The mechanism by which bST has improved fertility in other studies is related to growth hormone (GH) direct and indirect effects, mediated by IGF-I in reproductive processes. In the present study, IGF-I serum concentrations increased after bST injection, which coincides with Bauman.¹⁰ Also, the repetition of the injection every 14 days maintains IGF-I levels constantly high.¹¹ In this way, there are two physiological windows in which GH and IGF-I can exert their effect, and they correspond to the stages in which the majority of embryonic losses take place.^{1,12} The first window corresponds to fertilization and embryonic development during the first seven days. Thus, *in vitro* studies bST administration at the time of service increases the fertilized oocyte rate and transferable embryonic proportion.^{3,13} The GH or IGF-I *in vitro* addition to the medium has increased the embryonic proportion that develops to the blastocyst stage.¹⁴

The second physiological window corresponds to

1). El porcentaje de concepción no fue afectado por el hato, método de sincronización, días en leche, ni por el número de partos ($P > 0.05$).

Las concentraciones séricas de IGF-I e insulina se incrementaron después de la inyección de bST y fueron más altas ($P < 0.05$) durante el periodo de muestreo (14 días), en comparación con el grupo testigo (Figuras 1 y 2).

Discusión

En este estudio se encontró que una sola inyección de bST al momento del servicio no mejoró el porcentaje de concepción en vacas de primer servicio. Estos resultados son similares a un estudio previo realizado por este mismo grupo,⁴ pero difieren de los obtenidos en vacas repetidoras, donde sí hubo incremento de la fertilidad.⁴ Asimismo, contrastan con los resultados de Moreira *et al.*^{5,6} y Santos *et al.*,⁷ en los cuales la inyección de 500 mg de bST al momento de la inseminación y su subsiguiente administración cada 14 días en vacas de primer servicio, incrementó el porcentaje de concepción. La causa de la variación en los resultados puede estar relacionada con el mecanismo de acción de la bST y con los diferentes factores asociados con la falla en la concepción que existen entre las vacas de primer servicio y repetidoras.

El mecanismo por el cual la bST ha mejorado la fertilidad en otros estudios está relacionado con los efectos directos de la hormona del crecimiento (GH) e indirectos, mediados por el IGF-I en los procesos reproductivos. Aquí, las concentraciones séricas de IGF-I se incrementaron después de la inyección de bST, ello coincide con lo encontrado por Bauman.¹⁰ Además, la repetición de la inyección cada 14 días mantiene los niveles de IGF-I constantemente altos.¹¹ De esta manera, hay dos ventanas fisiológicas en las

the days in which pregnancy maternal recognition takes place (days 16 to 19 of the estrous cycle). It has been observed that bST administration can modify uterine environment, which would favor embryonic development conditions. There are receptors for GH and IGF-I in the endometrium^{15,16} and mRNA has been located for IGF-I receptors in endometrial glands.^{16,17} bST decreases PGF2 α secretion sensitivity mechanism, by decrease of cyclo-oxygenase enzyme activity,¹⁸ and increases interferon-tau production, which can favor the rescue of the *corpus luteum*.^{12,19}

In the present study, a single bST injection was administered at service, which could only have influenced in the first physiological window, that is, during the early embryonic development, and probably was insufficient for favoring embryonic survival. That could explain the difference in regard to the results obtained by Moreira *et al.*^{5,6} and Santos *et al.*,⁷ in which first service cows that received bST injections each 14 days from the time of insemination, had better fertility. In these studies, bST injections could influence as much in the first stages of embryonic development as during pregnancy maternal recognition.

The results of this study also contrast with the obtained in repeat-breeding cows, in which conception rate increases with a single bST injection.⁴ Failure causes in first service cows and its favorable effect on repeat-breeding cows is unknown. Nevertheless, it can be speculated that they could be related to metabolic, endocrine and nutrimental differences that exist between these groups of cows. Postpartum days can influence on the results, since cows at first service had, in average, 70 days in milk at the time of treatment, repeat-breeding cows had approximately 250 days. In this way, cows at first service were more exposed to factors that can cause conception failure, such as negative energetic balance^{20,21} or any problem related to peripartum.²² Observations done by Starbuck *et al.*²³ coincide with this explanation, since they found that a single bST injection at the time of insemination in cows on more than 100 days in milk increased conception rate, while the same treatment did not improve fertility in cows on less than 100 days in milk.

Taking these observations together, it can be considered as a fact that a single bST injection in first service cows marginally influences on embryo development, since embryos derived from oocytes with less potential to develop a viable embryo, because they were exposed to negative factors during postpartum period. While the embryos of repeat-breeding cows, coming from oocytes free from damage associated to early postpartum, can respond positively to bST. This conjecture is supported by the results obtained by Morales,¹³ who found that bST administration at service time increased the proportion of transferable

cuales la GH y el IGF-I ejercen su efecto, corresponden a las etapas en que ocurre la mayor parte de pérdidas embrionarias.^{1,12} La primera ventana corresponde a la fertilización y al desarrollo embrionario durante los primeros siete días. Así, en estudios *in vivo* la administración de bST al momento del servicio aumenta el porcentaje de ovocitos fertilizados y la proporción de embriones transferibles.^{3,13} La adición *in vitro* de GH o IGF-I al medio, ha incrementado la proporción de embriones que llegan a la etapa de blastocisto.¹⁴

La segunda ventana fisiológica corresponde a los días en que ocurre el reconocimiento materno de la gestación (días 16 a 19 del ciclo estral). Se ha observado que la administración de bST modifica el ambiente uterino, lo cual favorecería las condiciones de desarrollo embrionario. Existen receptores para GH e IGF-I en el endometrio^{15,16} y se ha localizado mRNA para receptores a IGF-I en las glándulas endometriales.^{16,17} La bST disminuye la sensibilidad del mecanismo de secreción de la PGF2 α , mediante la disminución de la actividad de la enzima ciclooxigenasa en las células del endometrio¹⁸ e incrementa la síntesis de interferón τ , lo que puede favorecer el rescate del cuerpo lúteo.^{12,19}

En este trabajo sólo se aplicó una inyección de bST al servicio, la cual pudo influir sólo en la primera ventana fisiológica; es decir, durante el desarrollo embrionario temprano, lo que quizá fue insuficiente para favorecer la sobrevivencia embrionaria. Ello puede explicar la diferencia respecto de los resultados de Moreira *et al.*^{5,6} y Santos *et al.*,⁷ respectivamente, en los que las vacas de primer servicio que recibieron inyecciones de bST cada 14 días a partir de la inseminación, tuvieron mejor fertilidad. En estos trabajos las inyecciones de bST pudieron influir tanto en las primeras etapas del desarrollo embrionario como durante el reconocimiento materno de la gestación.

Los resultados hallados aquí también contrastan con los obtenidos en vacas repetidoras, en las cuales una sola inyección de bST al momento del servicio incrementa el porcentaje de concepción.⁴ Las causas del fracaso en las vacas de primer servicio y su efecto favorable en vacas repetidoras se desconocen. No obstante, se puede especular que podrían estar relacionadas con diferencias metabólicas, endocrinas y nutrimentales, que existen entre estos grupos de vacas. Los días posparto pueden influir en los resultados, ya que mientras las vacas de primer servicio tuvieron, en promedio, 70 días en leche al momento del tratamiento, las vacas repetidoras tenían alrededor de 250 días. De esta forma, las vacas de primer servicio estaban más expuestas a factores que pueden ocasionar falla en la concepción, como el balance energético negativo^{20,21} o cualquier problema relacionado con el parto.²² Las observaciones de Starbuck *et*

embryos in repeat-breeding cows; nevertheless, the same treatment had no effect on first service cows. Likewise, in heat stress conditions,¹¹ one bST treatment, similar to the one used in studies of Moreira *et al.*^{5,6} and Santos *et al.*,⁷ was incapable of improving fertility, which can be due to GH and IGF-I incapacity to increase embryo survival when embryos derive from damaged oocytes because of heat stress during their maturation process.

Insulin serum concentrations increase after bST administration, which coincides with the observations made by Gallo and Block²⁴ and Montero *et al.*²⁵ Insulin has effects on early embryo development.²⁶ *In vitro* insulin addition to culture medium improves the embryo proportion that develops to morula stage;²⁷ besides, it exerts a mitogenic and anti-apoptotic action.^{28,29} Nevertheless, in the present study, insulin concentration increase was not reflected on conception rate.

It is concluded that, in contrast to fertility increase observed in repeat-breeding cows, a single bST injection of 500mg at the time of insemination in cows at first service does not increase fertility.

Referencias

- MORRIS D, DISKIN M. Effect of progesterone on embryo survival. *Animal* 2008; 2:1112-1119.
- MORALES-ROURA JS, ZARCO L, HERNANDEZ-CERON J, RODRIGUEZ G. Effect of short-term treatment with bovine somatotropin at estrus on conception rate and luteal function of repeat-breeding dairy cows. *Theriogenology* 2001; 55: 1831-1841.
- MOREIRA F, BADINGA L, BURNLEY C, THATCHER WW. Bovine somatotropin increases embryonic development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. *Theriogenology* 2002; 57: 1371-1387.
- HERNANDEZ-CERON J, MENDOZA G, MORALES S, GUTIERREZ CG. A single dose of recombinant bovine somatotropin improves fertility in dairy cattle. *J Reprod Fertil Abstr Ser* 2000; 25: 54 (Abstr 140).
- MOREIRA F, RISCO CA, PIREST MFA, AMBROSE JD, DROST M, THATCHER WW. Use of bovine somatotropin in lactating dairy cows receiving timed artificial insemination. *J Dairy Sci* 2000; 83: 1237-1247.
- MOREIRA F, ORLANDI C, RISCO CA, MATTOS R, LOPES F, THATCHER WW. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2001; 84: 1646-1659.
- SANTOS JEP, JUCHEM SO, CERRILLA, GALVÃO KN, CHEBEL RC, THATCHER WW *et al.* Effect of bST and reproductive management on reproductive performance of Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 2004; 87: 868-881.
- MORALES-ROURA JS, HERNÁNDEZ-CERÓN J, RODRÍGUEZ TG, PEÑA FR. Comparación del porcentaje de concepción y la función lútea en vacas de primer servicio, repetidoras y vaquillas Holstein. *Vet Méx* 2000; 31: 179-184.
- SAS Institute Inc. User's Guide. Statistics, Version 6. 4th ed. Cary NC. USA. SAS Inc.1996:956.
- BAUMAN DE. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Domest Anim Endocrinol* 1999; 17: 101-116.
- JOUSAN FD, DE CASTRO E PAULA LA, BLOCK J, HANSEN PJ. Fertility of lactating dairy cows administered recombinant bovine somatotropin during heat stress. *J Dairy Sci* 2007; 90: 341-351.

*al.*²³ coinciden con esta explicación, pues ellos encontraron que una sola inyección de bST al momento de la inseminación en vacas de más de 100 días en leche incrementó el porcentaje de concepción, mientras que el mismo tratamiento no mejoró la fertilidad en vacas de menos de 100 días en leche.

Tomando estas observaciones en conjunto, se cree que una sola inyección de bST en vacas de primer servicio influye marginalmente en el desarrollo embrionario, pues los embriones derivan de ovocitos con menor potencial para desarrollar un embrión viable, debido a que fueron expuestos a factores negativos durante el periodo posparto, mientras que los embriones de las vacas repetidoras, al provenir de ovocitos libres de daños asociados con el posparto temprano, pueden responder positivamente a la bST. Esta conjetura se sustenta con los resultados que Morales¹³ obtuvo, quien encontró que la administración de bST al momento del servicio aumentó la proporción de embriones transferibles en vacas repetidoras; sin embargo, el mismo tratamiento no tuvo efecto en vacas de primer servicio. Asimismo, en condiciones de estrés calórico,¹¹ un tratamiento con bST, similar al utilizado en los trabajos de Moreira *et al.*^{5,6} y Santos *et al.*, respectivamente,⁷ fue incapaz de mejorar la fertilidad, lo cual se debe a la incapacidad de la GH y del IGF-I para aumentar la sobrevivencia embrionaria cuando los embriones derivan de ovocitos dañados por el estrés calórico en su proceso de maduración.

Las concentraciones séricas de insulina aumentaron después de la administración de bST, ello coincide con observaciones de Gallo y Block²⁴ y Montero *et al.*²⁵ La insulina tiene efectos en el desarrollo embrionario temprano.²⁶ En estudios *in vitro* la adición de insulina al medio de cultivo mejora la proporción de embriones que llegan a la etapa de mórula;²⁷ además, ejerce acción mitogénica y antiapoptótica.^{28,29} Sin embargo, aquí el incremento de las concentraciones de insulina no se reflejó en aumento en la tasa de concepción.

Los resultados del presente estudio concluyen, que, a diferencia del aumento de la fertilidad observado en vacas repetidoras, una sola inyección de 500 mg de bST al momento de la inseminación en vacas de primer servicio no incrementa la fertilidad.

12. MANN GE, LAMMING GE, ROBINSON RS, WATHES DC. The regulation of interferon-tau production and uterine hormone receptors during early pregnancy. *J Reprod Fertil* 1999; 54(Suppl): 317-328.
13. MORALES RS. Efecto de un tratamiento corto de somatotropina bovina sobre niveles hormonales, actividad ovárica y desarrollo embrionario en hembras Holstein (tesis de doctorado). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.
14. MOREIRA F, PAULA-LOPES FF, HANSEN PJ, BAD-INGA L, THATCHER WW. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor on development of *in vitro* derived bovine embryos. *Theriogenology* 2002; 57: 895-907.
15. LUCY MC, BOYD CK, KOENIGSFELD AT, OKAMURA CS. Expression of somatotropin receptor messenger ribonucleic acid in bovine tissues. *J Dairy Sci* 1998; 81: 1889-1895.
16. PERSHING RA, LUCY MC, THATCHER WW, BAD-INGA L. Effects of BST on oviductal and uterine genes encoding components of the IGF system in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2002; 85: 3260-3267.
17. STEVENSON KR, GILMOUR RS, WATHES DC. Localization of insulin-like growth factor-I (IGF-I) and -II messenger ribonucleic acid and type 1 IGF receptors in the ovine uterus during the estrous cycle and early pregnancy. *Endocrinology* 1994; 134: 1655-1664.
18. BADINGA LA, GUZELOGLU, THATCHER WW. Bovine somatotropin attenuates phorbol ester-induced prostaglandin F2 α production in bovine endometrial cells. *J Dairy Sci* 2002; 85: 537-542.
19. KERBLER TL, BURH MM, JORDAN LT, LESLIE KE, WALTON JS. Relationships between maternal plasma progesterone concentration and interferon tau synthesis by the conceptus in cattle. *Theriogenology* 1997; 47: 703-714.
20. BUTLER WR. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in *postpartum* dairy cows. *Liv Prod Sci* 2003; 83: 211-218.
21. VILLA-GODOY A, HUGHES TL, EMERY RS, CHAPIN LT, FOGWELL RL. Association between energy balance and luteal function in dairy cows. *J Dairy Sci* 1988; 71: 1063-1072.
22. LEWIS GS. Uterine health and disorders. *J Dairy Sci* 1997; 80: 984-994.
23. STARBUCK MJ, INSKEEP EK, DAILEY RA. Effect of a single growth hormone (rbST) treatment at breeding on conception rates and pregnancy retention in dairy and beef cattle. *Anim Reprod Sci* 2006; 93: 349-359.
24. GALLO GF, BLOCK E. Effects of recombinant bovine somatotropin on nutritional status and liver function of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1990; 73: 3276-3286.
25. MONTERO PA, HERNÁNDEZ-CERÓN J, VALENCIA J, GUTIÉRREZ CG, ROJAS S. La somatotropina aplicada 5 días antes del retiro del tratamiento con progestágenos incrementa la producción de blastocistos en la oveja. *Memorias de XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*; 2006 noviembre 6-8; Veracruz (México). México DF: INIFAP, 2006: 132.
26. BOLAND MP, LONERGAN P, O'CALLAGHANN D. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology* 2001; 55: 1323-1340.
27. MATSUI M, TAKAHASHI Y, HISHIUNUMA M, KANAGAWA H. Stimulation of the development of bovine embryos by insulin and insulin-like growth factor (IGF-I) is mediated through the IGF-I receptor. *Theriogenology* 1997; 48: 605-616.
28. BYRNE AT, SOUTHGATE J, BRISON DR, LEESE HJ. Regulation of apoptosis in the bovine blastocyst by insulin and the insulin-like growth factor (IGF) superfamily. *Mol Reprod Dev* 2002; 62: 489-495.
29. AUGUSTIN R, POCAR P, WRENZYCKI C, NIEMANN H, FISCHER B. Mitogenic and anti-apoptotic activity of insulin on bovine embryos produced *in vitro*. *Reproduction* 2003; 126: 91-99.