

Respuesta estral y porcentaje de concepción en vacas *Bos taurus-Bos indicus* posparto, tratadas con la hormona bovina del crecimiento en un programa de inducción de la ovulación con progestágenos y eCG

Estrous response and conception rate in postpartum *Bos taurus-Bos indicus* cows, treated with bovine somatotropin in an ovulation induction program with progestogens and eCG

Linda Esther Velázquez Rosas* Carlos Fregoso Aguayo*
Reyes López Ordaz** Joel Hernández Cerón*

Abstract

Bovine somatotropin (bST) injection was administered at the beginning of the ovulation induction with progesterone and eCG, and a second one during insemination to prove if it increased estrous response and conception rate (CR) in postpartum beef cows. A hundred and seventy four cows (*Bos taurus-Bos indicus*) of 60 to 100 days postpartum, with offspring and body condition of 2 to 2.5 were used. A progesterone-releasing intravaginal device (CIDR) was inserted to all females for 9 days and, while removing it, PGF_{2α} was injected. Cows were randomly assigned to the following treatments: eCG (n = 44), received 400 IU of eCG at the moment CIDR was removed; bST (n = 44), received 500 mg of bST when CIDR was inserted and 500 mg of bST during insemination; bST-eCG (n = 44), received 500 mg of bST when CIDR was inserted and 400 IU of eCG while removing it; and 500 mg of bST during insemination; control (n = 42), only received the CIDR. Progesterone concentrations were assessed before the insertion of CIDR. IGF-I serum concentrations were determined in seven cows of each group. At the beginning of the experiment, 93% of the cows were in anoestrus. The rate of cows that showed estrus was similar (P > 0.05) between treatments [eCG (36.4%); bST (45.4%); eCG-bST (52.2%); control (40.4%)]. The CR was not different (P > 0.05) between treatments [eCG (31.2%); bST (15%); eCG-bST (34.7%); control (40%)]. Cows treated with bST had higher IGF-I concentrations than control cows. It is concluded that the injection of bST at the beginning of the ovulation induction with progesterone and eCG, and a second one during insemination does not improve estrous response or fertility in postpartum beef cows.

Key words: bST, CONCEPTION RATE, BEEF CATTLE, OVULATION.

Resumen

Se probó si la inyección de la somatotropina bovina (bST) al inicio de la inducción de la ovulación con progestágenos y eCG, y una segunda inyección en la inseminación, aumentan la respuesta estral y el porcentaje de concepción (PC) en vacas de carne posparto. Se utilizaron 174 vacas (*Bos taurus-Bos indicus*) de 60 a 100 días posparto, con cría y condición corporal de 2 a 2.5. Todas las hembras tuvieron un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR) durante nueve días y al retirarlo se inyectó PGF_{2α}. Las vacas se asignaron aleatoriamente a los siguientes tratamientos: eCG (n = 44) recibieron 400 UI de eCG al retirar el CIDR; bST (n = 44), recibieron 500 mg de bST al insertar el CIDR y 500 mg de bST en la inseminación; bST-eCG (n = 44), recibieron 500 mg de bST al insertar el CIDR y 400 UI de eCG al retirarlo, y 500 mg de bST en la inseminación; testigo (n = 42), sólo recibieron el CIDR. Se determinaron las concentraciones de progesterona antes de la inserción del CIDR. En siete vacas de cada grupo se determinaron las concentraciones séricas de IGF-I. Al inicio del experimento, 93% de las vacas estaba en anestro. La proporción de vacas que mostraron estro fue similar (P > 0.05) entre los tratamientos [eCG (36.4%); bST (45.4%); eCG-bST (52.2%); testigo (40.4%)]. El PC no difirió (P > 0.05) entre tratamientos [eCG (31.2%); bST (15%); eCG-bST (34.7%); testigo (40%)]. Las vacas tratadas con bST tuvieron mayores concentraciones de IGF-I. Se concluye que la inyección de bST al inicio de la inducción de la ovulación con progestágenos y eCG, y una segunda inyección en la inseminación no mejora la respuesta estral ni el porcentaje de concepción en vacas de carne posparto.

Palabras clave: bST, PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN, GANADO DE CARNE, OVULACIÓN.

Recibido el 18 de julio de 2010 y aceptado el 31 de mayo de 2011.

*Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, DF.

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

Correspondencia: Joel Hernández Cerón, Correo electrónico: jhc@servidor.unam.mx

Introduction

The main reproductive restriction in bovines in beef production systems is late resumption of postpartum ovarian cyclicity.¹ Several hormonal treatments based on progestogens in combination with equine chorionic gonadotropin (eCG), estrogens and gonadotropin-releasing hormone (GnRH) have been developed to reduce the postpartum anovulatory period.² The progestogen and eCG treatment at the moment of removing the progestogen source has been validated in anestrous beef cows. In these programs, progesterone-releasing devices, auricular implants or intravaginal devices keep subnormal progesterone levels, giving as result an increase of LH pulse frequency, which stimulates follicular development and avoids dominant follicular atresia; after removing the progestogen, the dominant follicle completes its development. The administration of eCG after progestogen removal favours follicular maturation, presence of estrus and conception rate; these treatments are also accompanied by temporal weaning (48 h) from progestogen removal.³⁻⁵

On the other hand, in dairy cattle, bST injection causes IGF-I and insulin serum concentration increase and these hormones participate in ovarian function regulation and early embryonic development.^{6,7} IGF-I enhances steroidogenesis and dominant follicular maturation.^{8,9} *In vivo*, bST administration in superovulated cows increased transferable embryo ratio and *in vitro*, the addition of bST and IGF-I to the medium, increased ratio of embryos that reached the blastocyst stage.^{10,11} Also, a bST treatment at the moment of insemination increased conception rate in repeat-breeding cows.¹²

The studies on bST in beef cows are limited. In cows with offspring, the administration of bST every 14 days from the second postpartum week increased intrafollicular estradiol concentration and enhanced ovulation.¹³ Likewise, in Brahman cows with offspring, bST treatment prior to progestogen treatment increases conception rate.¹⁴ Also, in anestrous goats, bST administration during ovulation induction treatment increased estrous response and pregnancy rate.¹⁵

Considering the aforementioned, it would be interesting to know if bST can favour the response to an induction treatment of postpartum ovarian cyclicity. Therefore, bST injection was administered at the beginning of the ovulation induction with progestogen and eCG, and a second one during insemination to prove if it increased estrous response and conception rate in postpartum beef cows.

The present work was carried out in a commercial production unity located at the south region of

Introducción

La principal limitante reproductiva en los bovinos en sistemas de producción de carne es el reinicio tardío de la actividad ovárica posparto.¹ Para reducir el periodo anovulatorio posparto se han desarrollado diversos tratamientos hormonales basados en progestágenos en combinación con la gonadotropina coriónica equina (eCG), estrógenos y la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH).² El tratamiento con progestágenos y eCG al momento de retirar la fuente del progestágeno ha sido validado en vacas en anestro en sistemas de producción de carne. En estos programas los dispositivos liberadores de progesterona ya sea en implantes auriculares o intravaginales, mantienen niveles de progesterona subnormales, lo que resulta en incremento de la frecuencia de los pulsos de LH, lo cual estimula el desarrollo folicular y evita la atresia del folículo dominante; después de retirar el progestágeno, el folículo dominante completa su desarrollo. La administración de eCG posterior al retiro del progestágeno favorece la maduración folicular, la presentación del estro y el porcentaje de concepción; estos tratamientos se acompañan también de un destete temporal (48 h) a partir del retiro del progestágeno.³⁻⁵

Por otra parte, en el ganado lechero, la inyección de bST provoca un incremento de las concentraciones séricas de IGF-I e insulina y estas hormonas participan en la regulación de la función ovárica y en el desarrollo embrionario temprano.^{6,7} El aumento de los niveles séricos de IGF-I promueve la esteroidogénesis y la maduración del folículo dominante.^{8,9} *In vivo*, la administración de bST en vacas superovuladas incrementó la proporción de embriones transferibles e *in vitro* la adición de bST e IGF-I al medio aumentó la proporción de embriones que alcanzaron la etapa de blastocisto.^{10,11} Además, un tratamiento de bST al momento de la inseminación incrementó el porcentaje de concepción en vacas repetidoras.¹²

Los estudios con bST en vacas en sistemas de producción de carne son limitados. En vacas con cría, la aplicación de bST cada 14 días a partir de la segunda semana posparto aumentó la concentración de estradiol intrafollicular y promovió la ovulación.¹³ Asimismo, en vacas Brahman con cría, el tratamiento con bST antes del tratamiento con progestágenos aumenta la tasa de preñez.¹⁴ También en cabras en anestro la administración de bST durante el tratamiento para inducir la ovulación incrementó la respuesta estral y la tasa de preñez.¹⁵

Considerando lo anterior, sería interesante saber si la bST podría favorecer la respuesta a un tratamiento

the state of Jalisco. A hundred and seventy four *Bos taurus-Bos indicus* cows with offspring from 60 to 100 days postpartum, with 2 to 2.5 body condition score (1: emaciated, 5: obese) were used.¹⁶ Cows were kept grazing in grasslands with African Star grass (*Cynodon plectostachyus*) and their diet was supplemented with corn silage and grounded sorghum. The cows stayed with their offspring only for a day. A progesterone-releasing intravaginal device (CIDR) was inserted to all females for nine days and, while removing it, PGF2 α was injected. Cows were randomly assigned to the following treatments: eCG (n = 44), received 400 IU of eCG at the moment CIDR was removed; bST (n = 44), received 500 mg of bST when CIDR was inserted and 500 mg of bST during insemination; bST-eCG (n = 44), received 500 mg of bST when CIDR was inserted and 400 IU of eCG while removing it; and 500 mg of bST during insemination; control (n = 42), only received the CIDR.

After CIDR was removed, cows were observed during 120 hours for estrous detection in periods of two hours in the morning and two in the afternoon; also, a teaser bull with a surgically deviated penis wearing a chin-ball was used. Animals presenting estrus were artificially inseminated by only one technician under the am-pm and pm-am scheme; semen used came from seven tested fertility bulls. Pregnancy diagnosis was carried out by rectal palpation at days 50 and 70 post-insemination. Conception rate was defined as the percentage of total inseminated pregnant cows, and pregnancy rate as the percentage of total treated pregnant cows.

With the aim to determine the percentage of cycling cows at the beginning of the trial, two blood samples were obtained; the first one, six days before CIDR was inserted and the second, before insertion. Samples were obtained by coccegeous vein puncture, using Vacutainer tubes without anticoagulant. Samples were centrifuged at 1 500 g, for serum separation, which was stored at -20°C until its analysis. Progesterone concentrations were assessed by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA); assay sensitivity was 0.1 ng/ml with a coefficient of variation of 5.2 to 8.2%.¹⁷ It was considered an anestrus cow, when in both samples progesterone values were lower than 1 ng/ml.¹⁸

Seven cows from bST group and seven from control group were venipunctured every third day from bST injection (day zero) up to day 11; samples were collected and handled as has been described. IGF-I concentrations were assessed by immunoradiometric assay (IRMA) with a sensitivity of 2.1 ng/ml and an intra-assay coefficient of variation of 3.9%.¹⁹

A Kruskal Wallis non-parametric analysis was carried out to determine if there was treatment effect on the response variables: percentage of cows showing

inductor de la actividad ovárica posparto. Por tanto, en el presente trabajo se probó si la inyección de la bST al inicio del tratamiento inductor de la ovulación con progestágenos y eCG, y una segunda inyección de bST en la inseminación, aumentaban la respuesta estral y el porcentaje de concepción en vacas productoras de carne.

El presente trabajo se realizó en una unidad de producción comercial situada en la región sur del estado de Jalisco. Se utilizaron 174 vacas con cría de 60 a 100 días posparto de raza cruzada (*Bos taurus-Bos indicus*), con condición corporal de 2 a 2.5 (1: emaciado, 5: obeso).¹⁶ Las vacas permanecieron en pastoreo en una pradera de zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) y se complementó su dieta con ensilado de maíz y sorgo molido. Las vacas permanecieron con sus crías sólo durante el día. A todas las vacas se les insertó un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR), el cual permaneció *in situ* durante nueve días, y al retirarlo se administró PGF2 α . Las vacas se asignaron aleatoriamente a los siguientes tratamientos: eCG (n = 44) recibieron 400 UI de eCG al retirar el CIDR; bST (n = 44), recibieron 500 mg de bST al insertar el CIDR y 500 mg de bST al inseminar; bST-eCG (n = 44), recibieron 500 mg de bST al insertar el CIDR y 400 UI de eCG al retirarlo, y 500 mg de bST al inseminar; testigo (n = 42), sólo recibieron el CIDR.

Después de retirar el CIDR, las vacas fueron observadas durante 120 horas para la detección del estro en periodos de dos horas por la mañana y dos por la tarde; además, se contó con el apoyo de un toro con el pene desviado equipado con chin-ball. Los animales en estro fueron inseminados artificialmente por un solo técnico bajo el esquema am-pm y pm-am; el semen utilizado fue de 7 toros de fertilidad probada. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación rectal los días 50 a 70 posinseminación. El porcentaje de concepción se definió como la proporción de vacas gestantes del total inseminado, y la tasa de preñez como el porcentaje de vacas gestantes del total tratado.

Con la finalidad de determinar el porcentaje de vacas ciclando al inicio del experimento se tomaron dos muestras de sangre; la primera, seis días antes de la inserción del CIDR y la segunda, antes de la inserción. Las muestras se obtuvieron mediante punción de la vena coccígea, para lo cual se utilizaron tubos al vacío sin anticoagulante. Las muestras se centrifugaron a 1500 g, para la separación del suero, el cual se conservó a -20°C hasta su análisis. Se determinaron las concentraciones de progesterona mediante un enzimo-inmunoensayo (ELISA); la sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml con un coeficiente de variación de 5.2 a 8.2%.¹⁷ Se consideró a una vaca en anestro cuando

estrus, conception and pregnancy rate. IGF-I concentrations were compared between groups by analysis of variance for repeated measures, using SAS program.

The present study was based on the following hypothesis: bST injection jointly with ovulation induction treatment would increase the percentage of cows showing estrus, and a second bST injection during insemination would favour rate of conception. The hypothesis was founded on bST effects on follicular and embryonic development observed in dairy and beef cattle, as well as in other species such as sheep and goats. However, there was no difference in the percentage of cows that showed estrus or conception rate between groups (Table 1).

Great part of bST effects on reproduction are mediated by IGF-I. After bST injection is administered in dairy cattle, an increase of IGF-I concentrations is observed, which are kept high during 12 to 14 days, for which treatment every 14 days is indicated to increase milk yield.⁶ In the present study, an increase of IGF-I concentrations was observed after bST injection, which was kept high until the last sampling day (Figure 1; $P < 0.05$). This IGF-I profile is similar to the one observed in dairy cattle; however, the achieved concentrations are lower than the ones obtained in treated dairy cows with the same product and measured with the same assay.²⁰

Although an increase in IGF-I serum concentrations was observed in this study, caused by bST injection, this did not favour response to cycling induction treatment. It is possible that given the short treatment period, this was not enough to have an influence on

en las dos muestras los valores de progesterona fueron menores a 1 ng/ml.¹⁸

En siete vacas del grupo bST y siete del grupo testigo, se tomaron muestras sanguíneas cada tercer día a partir de la inyección de la bST (día 0) hasta el día 11; las muestras se recolectaron y manejaron de la forma ya descrita. Se determinaron las concentraciones de IGF-I mediante un ensayo inmunoradiométrico (IRMA) con una sensibilidad de 2.1 ng/ml y un coeficiente de variación intraensayo de 3.9%.¹⁹

Se realizó un análisis no paramétrico de Kruskal Wallis para determinar si había efecto de los tratamientos en las variables de respuesta: porcentajes de vacas en estro, concepción y tasa de preñez. Las concentraciones de IGF-I se compararon entre grupos mediante análisis de varianza para mediciones repetidas, usando el programa SAS.

En el presente trabajo se partió de la siguiente hipótesis: la inyección de bST conjuntamente con el tratamiento inductor de la ovulación aumentaría la proporción de vacas en estro, y una segunda inyección de bST en la inseminación favorecería el porcentaje de concepción. La hipótesis se fundamentó en los efectos de la bST en el desarrollo folicular y en el desarrollo embrionario observados tanto en ganado bovino productor de leche como en ganado productor de carne, así como en otras especies como las ovejas y cabras. Sin embargo, no existió diferencia en la proporción de vacas que mostró estro, ni en el porcentaje de concepción entre grupos (Cuadro 1).

Gran parte de los efectos de la bST en la reproducción son mediados por el IGF-I. En el ganado lechero

CUADRO 1

Respuesta estral y porcentaje de concepción en vacas posparto cruzadas (*Bos taurus-Bos indicus*), tratadas con la hormona bovina del crecimiento durante un programa de inducción de la ovulación con progestágenos y eCG

Estrous response and conception rate in postpartum *Bos taurus-Bos indicus* cows, treated with bovine somatotropin in an ovulation induction program with progestogens and eCG

Treatments	n	Percentage of cows showing estrus*	Estrus period of time (h)**	Conception rate*	Pregnancy rate*
eCG	44	36.4	76±18	31.2	11.3
bST	44	45.4	78±17	15	6.8
eCG-bST	44	52.2	75±17	34.7	18.1
Control	42	40.4	75±16	40	14.2

*There were no differences between treatments ($P > 0.05$).

**Mean ± standard deviation.

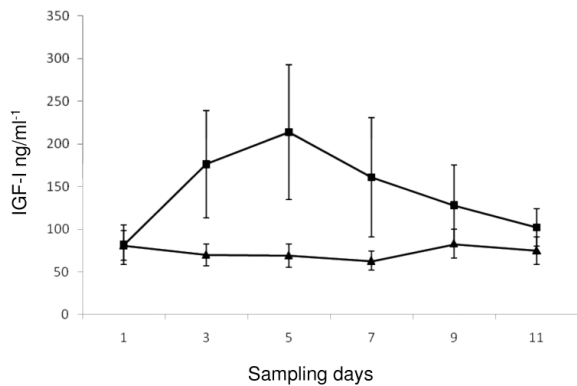


FIGURA 1. Concentraciones séricas de IGF-I (media \pm error estándar) en vacas posparto de raza cruzada (*Bos taurus-Bos indicus*), tratadas con 500 mg de bST, y testigos. Las concentraciones fueron diferentes entre grupos ($P < 0.05$).

FIGURE 1. IGF-I serum concentrations (mean \pm standard error) in postpartum *Bos taurus-Bos indicus* cows, treated with 500 mg of bST, and controls. Concentrations were different between groups ($P < 0.05$).

follicular development and cycling induction. In the study of Flores *et al.*,¹⁴ cows received three injections with 14 days of difference before progestogen administration, which did have a positive influence on pregnancy rate.

In this study, 93% of cows were in anestrus at the beginning of the trial. All cows were with their offspring only during daytime, which would mean a lower inhibitory effect of suckling on cyclicity; however, estrous response was poor in all treatments. Nutrition and body condition are also part of this neuroendocrine mechanism that inhibits postpartum ovulation and its relative participation in the process may be greater, since at the time cows are suckling and are gaining body condition, they show a shorter anovulatory period; also, weaning favours cyclicity only in cows with good body condition;^{2,21} therefore, it is possible that poor body condition of the cows used for this study limited any favourable effect of restricted suckling.

Poor body condition could have determined low percentage of cows showing estrus and low conception rate observed in all treatments, which coincides with other studies where cows with similar body condition were included; thus De Medeiros *et al.*¹⁶ observed lower percentage of cows showing estrus (20%) and conception rate (30%) in cows with a body condition score of 2 than cows with a body condition score of 3 (50% and 66%, respectively). Similar results on estrous response have been observed by other researchers.^{22,23}

The eCG has been incorporated to treatments with progestogens because it increases percentage of cows showing estrus and conception rate.⁴ In this study, treatments that only included progestogens had the

después de la inyección de bST se observa un incremento de las concentraciones de IGF-I, las cuales se mantienen altas durante 12 a 14 días, de aquí que se indique el tratamiento cada 14 días para aumentar la producción de leche.⁶ En el presente trabajo se observó un incremento en las concentraciones de IGF-I después de la inyección de bST, las cuales se mantuvieron altas hasta el último día del muestreo (Figura 1; $P < 0.05$). Este perfil de IGF-I es similar al observado en vacas productoras de leche; sin embargo, las concentraciones logradas son menores a las obtenidas en vacas lecheras tratadas con el mismo producto y medidas con el mismo ensayo.²⁰

Aunque en el presente estudio se observó un aumento en las concentraciones séricas de IGF-I, provocado por la inyección de bST, éste no favoreció la respuesta al tratamiento inductor de la ciclicidad. Es probable que dada la corta duración del tratamiento, éste fue insuficiente para influir en el desarrollo folicular y en la inducción de la ciclicidad. En el estudio de Flores *et al.*,¹⁴ las vacas recibieron tres inyecciones con 14 días de diferencia antes de la administración del progestágeno, lo cual sí influyó positivamente en la tasa de preñez.

En el presente trabajo, 93% de las vacas estaba en anestro al inicio del experimento. Todas las vacas estuvieron con sus crías sólo durante el día, lo que supondría un menor efecto inhibitorio del amamantamiento en la ciclicidad,^{2,21} no obstante, la respuesta estral fue pobre en todos los tratamientos. La nutrición y la condición corporal también son parte de este mecanismo neuroendocrino que inhiben la ovulación posparto y su participación relativa en el proceso puede ser mayor, ya que cuando las vacas están amamantando y están ganando condición corporal, muestran un periodo anovulatorio menor; además, el destete favorece la ciclicidad sólo en vacas que tienen buena condición corporal;^{2,21} así, es posible que la baja condición corporal de las vacas del presente estudio limitó cualquier efecto favorable del amamantamiento restringido.

La baja condición corporal pudo haber determinado el bajo porcentaje de vacas en estro y el pobre porcentaje de concepción observados en todos los tratamientos, lo cual coincide con otros estudios en los cuales se han incluido vacas con condición corporal similar; así, De Medeiros *et al.*,¹⁶ observaron menores porcentajes de vacas en estro (20%) y de concepción (30%) en vacas con condición corporal de 2 que en vacas con condición corporal de 3 (50% y 66%, respectivamente). Otros investigadores han observado resultados similares en respuesta estral.^{22,23}

La eCG se ha incorporado en los tratamientos con progestágenos debido a que aumenta la proporción de vacas en estro y el porcentaje de concepción.⁴ En el presente estudio los tratamientos que sólo incluyeron

same response either in percentage of cows showing estrus or rate of pregnant cows than treatments with eCG.

It is concluded that bST injection at the beginning of ovulation induction treatment with progestogens and eCG, and a second bST injection during insemination, does not improve estrous response or conception rate in postpartum beef cows.

Acknowledgements

Authors wish to thank owners of the "Agropecuaria Chavez Gonzalez" enterprise for the facilities provided. This study was financed by Macroproyecto 7 "Sustainable productivity in grazing breeding herds", Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

Referencias

1. MONTIEL F, AHUJA C. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci* 2005; 85: 1-26.
2. YAVAS Y, WALTON JS. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 2000; 54: 1-23.
3. MULVEHILL P, SREENAN JM. Improvement of fertility in postpartum beef cows by treatment with PMSG and progestagen. *J Reprod Fertil* 1977; 50: 323-5.
4. BÓ GA, BARUSELLI PS, MARTINEZ MF. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim Reprod Sci* 2003; 78: 307-326.
5. BARUSELLI PS, REIS EL, MARQUES MO, NASSER LF, BÓB GA. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 2004; 82-83: 479-486.
6. BAUMAN DE. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Domest Anim Endocrinol* 1999; 17: 101-116.
7. VELAZQUEZ MA, SPICER LJ, WATHES DC. The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction. *Domest Anim Endocrinol* 2008; 35: 325-342.
8. GONG J, BRAMLEY T, WEBB R. The effect of recombinant bovine somatotrophin on ovarian follicular growth and development in heifers. *J Reprod Ferti* 1993; 97:247-254.
9. SIMPSON RB, CHASE CC, SPICER LJ, VERNON RK, HAMMOND AC, RAE DO. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like factor I, insulin like growth factor binding protein activity, follicular oestradiol and progesterone, and follicular growth in superovulated Angus and Brahman cows. *J Reprod Ferti* 1994;102: 483-492.
10. 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^a; 57: 1371-1387.
11. MOREIRA F, PAULA-LOPES FF, HANSEN PJ, BADINGA L, THATCHER WW. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor on development of *in vitro* derived bovine embryos. *Theriogenology* 2002^b; 57: 895-907.
12. 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.
13. ANDRADE LP, RHIND SM, WRIGHT IA, MCMILLEN SR, GODDARD PJ, BRAMLEY TA. Effects of bovine somatotrophin (bST) on ovarian function in postpartum beef cows. *Reprod Fertil Dev* 1996; 8: 951-960.
14. FLORES R, LOOPER M, RORIE R, LAMB M, REITER ST, HALLFORD M *et al.* Influence of body condition and bovine somatotropin on estrous behavior, reproductive performance, and concentrations of serum somatotropin and plasma fatty acids in postpartum Braham- influenced cows. *J Anim Sci* 2007; 85:1318-1329.
15. MARTINEZ AM, GUTIERREZ CG, DOMINGUEZ Y, HERNANDEZ-CERON J. The response to a progestin-based ovulation induction in anoestrous goats is enhanced by bovine somatotropin applied 5 days before the end of progestin treatment. *J Dairy Sci* 2009; 92 Suppl 1: 270.
16. DE MEDEIROS BASTOS G, BRENNER RH, WILLKE FW, NEVES JP, DE OLIVEIRA JF, BRAGANÇA JF *et al.* Hormonal induction of ovulation and artificial insemination in suckled beef cows under nutritional stress. *Theriogenology* 2004; 62: 847-853.
17. MUNRO C, STABENFELDT G. Development of microtitre plate enzyme immunoassay for the determination of progesterone. *J Endocrinol* 1984; 101: 41-49.

18. CORRO M, RUBIO I, CASTILLO E, GALINDO L, ALUJAA, GALINA CS *et al.* Effect of blood metabolites, body condition and pasture management on milk yield and postpartum intervals in dual-purpose cattle farms in the tropics of the State of Veracruz, Mexico. *Prev Vet Med* 1999; 38: 101-117.
19. LEON HV, HERNANDEZ-CERON J, KEISLERT DH, GUTIERREZ CG. Plasma concentrations of leptin, insulin-like growth factor-I, and insulin in relation to changes in body condition score in heifers. *J Anim Sci* 2004; 82: 445-451.
20. RODRÍGUEZ COA, DÍAZ BR, ORTIZ GO, GUTIÉRREZ CG, MONTALDO H, GARCÍA C *et al.* Porcentaje de concepción al primer servicio en vacas Holstein tratadas con hormona del crecimiento bovina en la inseminación. *Vet Méx* 2009; 40: 1-7.
21. CROWE MA. Resumption of ovarian cyclicity in postpartum beef and dairy cows. *Reprod Dom Anim* 2008; 43 Suppl 5: 20-28.
22. HONPARKHE M, SINGH J, DADARWAL D, DHALIWAL GS, KUMAR A. Estrus induction and fertility rates in response to exogenous hormonal administration in postpartum anestrous and subestrus bovines and buffaloes. *J Vet Med Sci* 2008; 70: 1327-1331.
23. GUZMÁN SA, GARCÉS YP, GONZÁLEZ PE, ROSETE FJ, CALDERÓN CR, GUTIÉRREZ CG. La Respuesta a un programa de inducción de la ciclicidad de vacas productoras de carne con cría es afectada por la condición corporal. *Memorias del XXI Congreso panamericano de Ciencias Veterinarias; 2008 octubre 12-16; Guadalajara (México). México DF: UNAM, 2008:1867.*