

Respuesta estral y tasa de preñez en cabras en anestro estacional tratadas con progestágenos y somatotropina bovina

Estrous response and pregnancy rate in seasonal anoestrous goats treated with progestogens and bovine somatotropin

Margarita Martínez Aguilar^a, Carlos G. Gutiérrez^a, Yesmín María Domínguez Hernández^a, Joel Hernández Cerón^a

RESUMEN

Se probó si la administración de la hormona del crecimiento bovino (bST) durante el tratamiento para inducir la ovulación en cabras en anestro mejora la fertilidad. A 109 cabras adultas de 1 a 5 partos se les insertó una esponja intravaginal de acetato de fluorogestona (FGA) durante 12 días. Al retirar la esponja todas las cabras recibieron 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG). Cinco días antes de retirar el progestágeno, las cabras fueron asignadas al azar a dos grupos: 1) 125 mg de bST vía subcutánea (n=53); 2) Testigo (n=56) sin bST. En siete cabras de cada grupo se determinaron las concentraciones de factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I) y de insulina diariamente a partir de la inyección de bST hasta el día 7 post estro. Una proporción mayor ($P<0.05$) de animales del grupo bST (73.5 %) mostraron estro (testigo, 51.7 %). El porcentaje de concepción fue similar ($P=0.12$) entre grupos (bST, 82.0 % vs testigo, 65.5 %). La tasa de preñez fue mayor ($P<0.01$) en el grupo bST (60.3 %) que en el testigo (33.9 %). La proporción de partos múltiples fue igual ($P=0.9$) entre los grupos (bST, 59 % vs testigo, 63 %). Las concentraciones de IGF-I e insulina fueron más altas ($P<0.01$) en el grupo bST. Se concluye que la administración de la hormona del crecimiento bovina durante el tratamiento para inducir la ovulación en cabras en anestro aumentó la proporción de animales en estro y la tasa de preñez.

PALABRAS CLAVE: bST, Fertilidad, Anestro, Cabras.

ABSTRACT

The purpose of the present study was to test whether a single dose of long acting bST 5 d before the end of progestin treatment increases estrus response, conception rate and prolificacy in anoestrous goats induced to ovulate. One hundred and nine cross bred adult goats varying in parity (1-5 kiddings) received an intravaginal sponge containing 45 mg of fluorogestone acetate, which remained in place for 12 d. On d 12 of treatment, does received 300 UI of eCG. Five days before sponge withdrawal goats were randomly assigned to two groups: bST group (n =53) received a depot injection of 125 mg sc of bST. The control group (n = 56) did not receive bST. Goats in estrus were mated with males of proven fertility. Treatment with bST increased ($P<0.05$) the proportion of goats in estrus (bST, 73.5 % vs control, 51.7 %). Conception rate did not differ ($P=0.12$; bST, 82 % vs control, 65.5 %). Pregnancy rate was higher ($P<0.01$) in bST (60.3 %) than in control group (33.9 %). Treatment with bST did not increase ($P=0.9$) the proportion of goats delivering twins (bST, 59 % vs control, 63 %). IGF-I and insulin concentrations were higher ($P<0.01$) in goats treated with bST than in control. It can be concluded that addition of bovine somatotropin to an ovulation induction treatment in anoestrous goats increases both estrus response and pregnancy rate.

KEY WORDS: bST, Fertility, Anoestrus, Goats.

La fertilidad y prolificidad del estro inducido en la cabra durante la estación no reproductiva son menores a las obtenidas en la época reproductiva,

Both fertility and prolificacy of induced estrus in goats during the non reproductive season are lower than in the reproductive season, which could be

Recibido el 11 de febrero de 2010. Aceptado el 18 de octubre de 2010.

^a Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 04510. jhc@servidor.unam.mx. Correspondencia al último autor.

lo cual puede obedecer a una disminución de la tasa ovulatoria, y a un aumento de la mortalidad embrionaria temprana⁽¹⁾. En la oveja, la administración de la hormona del crecimiento bovina (bST) resulta en un incremento en los niveles del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I), y en un aumento de las concentraciones de insulina⁽²⁾. Tanto la hormona del crecimiento, como la insulina y el IGF-I tienen efectos favorables en la maduración del ovocito y en el desarrollo embrionario⁽³⁻⁶⁾. En estudios *in vivo*, la administración de bST favorece la fertilización y el desarrollo embrionario temprano en la vaca⁽⁷⁾. En la oveja, el tratamiento con bST antes del estro incrementa la proporción de ovocitos fertilizados y el porcentaje de embriones que llegan a la etapa de blastocisto⁽²⁾. Asimismo, la administración de bST previo al estro, incrementa la proporción de partos múltiples⁽⁸⁾.

Por otra parte, la insulina y el IGF-I favorecen la esteroidogénesis, el desarrollo folicular y la maduración del folículo dominante⁽⁹⁾. El tratamiento con insulina en cabras en anestro estimula el desarrollo folicular y favorece la presentación del estro y la ovulación⁽¹⁰⁾.

Tomando en conjunto la información citada, es posible que la administración de bST durante el tratamiento hormonal inductor de la ovulación en cabras anéstricas mejore la respuesta. Por tanto, en este estudio se probó si la administración de bST durante el tratamiento basado en progestágeno y eCG para inducir la ovulación en cabras en anestro mejora la respuesta estral, porcentaje de concepción y prolificidad.

El trabajo se realizó en una estación experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Tequisquiapan, Qro. a 20° 39' y 20° 39' N y entre 99° 50' y 100° 05' O. El clima es semiseco templado con temperatura media anual de 17.6 °C⁽¹¹⁾.

El estudio se realizó en abril y mayo, que corresponden a la época de anestro de esta especie en México^(12,13). Se utilizaron 109 cabras de raza

due to a drop in the ovulation rate and to an increase in early embryo death⁽¹⁾. In ewes, bST administration increases growth factor to levels similar to those produced by type 1 insulin (IGF-1) and an increase in insulin concentration, too⁽²⁾. Both growth hormone and insulin, as well as IGF-1, favor oocyte maturation and embryo development^(3,4,5,6). In *in vivo* studies, bST favors both fertilization and early embryo development in cows⁽⁷⁾. In ewes, treatment with bST before estrus increases both fertilized oocyte proportion and blastocyte rate⁽²⁾. Besides, bST administered before estrus, increases prolificacy⁽⁸⁾.

On the other hand, both insulin and IGF-1 favor steroidogenesis, follicle development and maturation of the dominant follicle⁽⁹⁾. Administration of insulin in anestrus goats stimulates follicle development and favors both estrus and ovulation⁽¹⁰⁾.

Taking into account all this information, it would be possible that administration of bST during an ovulation induction treatment in acyclic goats improves response. Therefore, the purpose of the present study was to test if administration of bST during a progestogen and eCG ovulation induction treatment enhances estrous response, pregnancy rate and prolificacy.

The present study was performed at an Experiment Station of the Escuela de Veterinaria y Zootecnia of the Universidad Autónoma de México in Tequisquiapan, Qro., Mexico, located at 20° 39' N and between 99° 50' and 100° 05' W, climate being temperate semidry with a 17.6 °C annual mean temperature⁽¹¹⁾.

The experiment was carried out in April and May, which correspond with the anoestrus season of goats in Mexico^(12,13). A total of 109 crossbred (Boer*Alpine) adult does varying in parity (1-5) were used, and who received an intravaginal sponge impregnated with 45 mg fluorogestone acetate (FGA; Chronogest®, Intervet, Mexico), which remained in place for 12 d. When sponges were removed, goats were administered 300 IU equine chorionic gonadotropin (eCG; Folligon®, Intervet, Mexico). Five days before sponge removal, goats were

cruzada (Boer-Alpino), adultas de diferente paridad (1 a 5 partos). A todas las cabras se les insertó una esponja intravaginal de 45 mg de acetato de fluorogestona (FGA; Chronogest®, Intervet, México), la cual permaneció *in situ* durante 12 días. Al momento del retiro de la esponja, las cabras recibieron 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; Folligon®, Intervet, México). Cinco días antes del retiro de la esponja intravaginal las cabras fueron asignadas al azar a dos grupos: el grupo bST (n=53) recibió 125 mg de bST (Boostin-S®, Schering-Plough, México) vía subcutánea; el grupo testigo (n=56) no recibió bST. Después del retiro de la esponja intravaginal, las cabras fueron observadas para la detección de signos de estro, para lo cual se utilizó un macho provisto de un mandil. Todas las cabras que presentaron estro recibieron monta directa con sementales de fertilidad probada. El número de cabras gestantes se determinó al parto y se registró el número de crías nacidas.

Para determinar las concentraciones de IGF-I, insulina y progesterona, se tomaron muestras de sangre de siete cabras del grupo bST y siete del testigo seleccionadas al azar; las muestras sanguíneas se colectaron diariamente a partir de la administración de la bST hasta el día 7 postestro. Las muestras se centrifugaron a 1,500 xg durante 15 min para la separación del plasma, el cual se conservó a -20 °C hasta su análisis. Se determinaron las concentraciones de IGF-I mediante un ensayo inmunoradiométrico⁽¹⁴⁾ con una sensibilidad de 2.0 ng ml⁻¹ y coeficiente de variación intraensayo para el testigo bajo de 5.80 % y el alto de 1.75 %. Las concentraciones de progesterona e insulina se cuantificaron mediante radioinmunoanálisis^(14,15); para progesterona la sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng ml⁻¹ y coeficientes de variación intraensayo para el control bajo de 3.39 % y el alto de 6.41 %, y para insulina la sensibilidad fue de 0.052 ng ml⁻¹ y coeficientes de variación para el testigo bajo de 10.23 % y el alto de 5.17 %.

Se consideró a una cabra ciclando cuando tuviera valores de progesterona > 1 ng ml⁻¹ al menos en una muestra⁽¹²⁾. El porcentaje de concepción se definió como la proporción de cabras que parieron, del total servido en el estro inducido, y la tasa de

distributed at random in two groups: bST (n=53), which received sc 125 mg bST (Boostin-S®; Schering-Plough, Mexico) and control (n=56), without bST. After sponge removal, does were observed for estrus detection, using a male provided with an apron. All does that showed estrus were mated with males of proven fertility. Number of pregnant females was determined at birth and the number of kids was recorded.

For determining IGF-1, insulin and progesterone concentrations, blood samples were collected from seven goats of both groups, selected at random. Blood samples were collected daily from bST administration until 7 d post estrus. Samples were centrifuged at 1,500 xg for 15 min for plasma separation, and conserved at -20 °C until analyzed. IGF-1 concentration was determined through immunoradiometric assay⁽¹⁴⁾, with 2.0 ng ml⁻¹ sensitivity and 5.80 % low and 1.75 % high intra-assay coefficient of variation for control. Progesterone and insulin concentrations were quantified through immunoradioassay^(14,15); for progesterone assay sensitivity was 0.1 ng ml⁻¹ with 3.39 % low and 6.41 % high intra-assay coefficient of variation for control. For insulin, sensitivity was 0.052 ng ml⁻¹ with 10.23 % low and 5.17 % high intra-assay coefficient of variation for control.

It was considered that a goat cycled when it showed > 1 ng ml⁻¹ progesterone in at least one sample⁽¹²⁾. Conception rate was defined as the proportion of goats that gave birth, to the goats served in the induced estrus, and the pregnancy rate was defined as the percentage of goats that gave birth, from all treated does in the test.

The proportion of goats that showed estrus, the conception rate, the pregnancy rate and the proportion of multiple births were compared among groups through a Chi-square test. IGF-1 and insulin concentrations were compared through repeat sample variance analysis.

bST increased the number of animals showing estrus, which increased the pregnancy rate (Table 1). In accordance with cited literature, this would be the first time that a favorable effect due to bST

Cuadro 1. Respuesta estrol, porcentaje de concepción, tasa de preñez y prolificidad de cabras en anestro tratadas con la hormona del crecimiento bovina durante la inducción de la ovulación (%)

Table 1. Estrus response, conception rate, pregnancy rate and prolificity in anestrus goats treated with bovine growth hormone during ovulation induction (%)

Groups	n	Estrus response	Conception rate	Pregnancy rate	Multiple births
bST	53	73.5	82.0	60.3	59.0
Control	56	51.7	65.5	33.9	63.0
<i>P</i>		0.018	0.12	0.005	0.9

preñez se consideró como el porcentaje de cabras que parieron del total tratado.

La proporción de cabras que presentaron estro, el porcentaje de concepción, la tasa de preñez y la proporción de cabras con parto múltiple, se compararon entre grupos mediante una prueba de Ji-cuadrada. Las concentraciones de IGF-I e insulina se compararon mediante análisis de varianza para mediciones repetidas.

La inyección de bST aumentó la proporción de animales que mostraron estro, lo que resultó en un incremento de la tasa de preñez (Cuadro 1). De acuerdo con la revisión de la literatura, ésta es la primera vez que se demuestra un efecto favorable del uso de la bST en programas de inducción de la ciclicidad en hembras anéstricas.

El mecanismo por el cual la bST incrementó la proporción de cabras en estro puede estar relacionado con los efectos del IGF-I e insulina en el desarrollo folicular. Las concentraciones de IGF-I se incrementaron significativamente a partir del día siguiente de la inyección de bST y permanecieron altas hasta el día 12 (Figura 1), lo cual es similar a lo encontrado en la oveja⁽²⁾ y en la vaca⁽¹⁶⁾, y confirma el efecto de la hormona del crecimiento bovina en otras especies de rumiantes. En el caso de insulina las concentraciones también aumentaron después de la administración de bST y permanecieron altas hasta el día 6 ($P < 0.01$), lo cual coincide con lo observado en la oveja⁽²⁾ y en la vaca⁽¹⁷⁾. Las cabras del grupo testigo mostraron un perfil de IGF-I e insulina con una tendencia parecida a las cabras tratadas con bST; pero la causa de este fenómeno se desconoce.

is shown in cycle inducing programs for anoestrus females.

The mechanism through which bST increased the proportion of estrus females could be linked to IGF-1 and insulin effects on follicle development. IGF-1 concentrations increased significantly from the day after bST was injected and remained high until d 12 (Figure 1), which is similar to what is reported for ewes⁽²⁾ and cows⁽¹⁶⁾, thus confirming the effect of bovine growth hormone in other species of ruminants. Insulin concentrations increased too after bST was administered and remained high until d 6 ($P < 0.01$), which is in coincidence with what was observed in ewes⁽²⁾ and cows⁽¹⁷⁾. Goats in the control group showed insulin and IGF-1 profiles with a similar trend to the one found in the treated group, but the cause for this remains unknown.

Both insulin and IGF-1 serum levels could favor pre-ovulation follicle maturation, resulting in a higher estradiol serum concentration⁽⁹⁾, thus producing a better estrus response. Results obtained in the present study are in coincidence with what was observed in anoestrus goats, where treatments with insulin resulted in a greater number of total follicles, in higher estradiol concentration and in a greater proportion of ovulating animals when compared to control⁽¹⁰⁾.

It is worth mentioning that goats in both groups, received eCG when progestogen was withdrawn, which prevented to make clear if the effect of bST is dependent on eCG. It is very probable that bST favored the effect of eCG on follicle development and in consequence in estrus manifestation, as IGF-1 favors follicular response to gonadotropins⁽¹⁸⁾.

El aumento de los niveles séricos de IGF-I e insulina pudo favorecer la maduración del folículo preovulatorio, resultando en mayores concentraciones séricas de estradiol⁽⁹⁾ y, en consecuencia, mejor respuesta estral. Los resultados del presente estudio coinciden con lo observado en cabras en anestro, en donde el tratamiento con insulina provocó mayor número de folículos totales, concentraciones de estradiol más altas y mayor proporción de animales que ovularon en comparación con los animales testigo⁽¹⁰⁾.

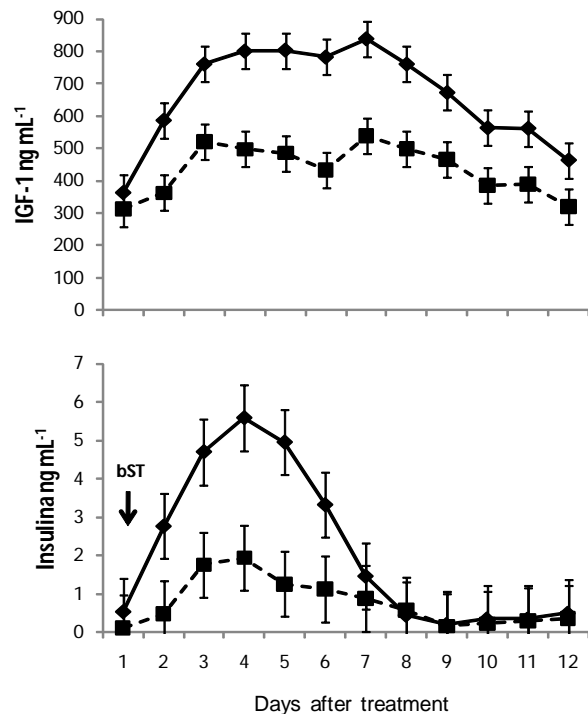
Cabe señalar que las cabras de ambos grupos recibieron una inyección de eCG al retirar el progestágeno, lo cual impide dilucidar si el efecto de la bST es dependiente de la inyección de la eCG. Es probable que la bST haya favorecido el efecto de la eCG en el desarrollo folicular y, en consecuencia, en la presentación del estro, ya que el IGF-I favorece la respuesta de los folículos a las gonadotropinas⁽¹⁸⁾.

El porcentaje de concepción fue 17 puntos porcentuales mayor en las cabras tratadas con bST, sin embargo, no fue estadísticamente diferente (Cuadro 1). En este trabajo se esperaba un efecto positivo en el porcentaje de concepción debido a que el IGF-I favorece el desarrollo embrionario⁽²⁾ y actúa como un factor de supervivencia embrionaria cuando los embriones son expuestos a ambientes desfavorables⁽¹⁹⁾. Además, en la vaca lechera infértil la inyección de bST al momento de la inseminación aumenta el porcentaje de concepción⁽²⁰⁾. No obstante, la tasa de preñez, fue casi del doble en las cabras que recibieron bST en comparación con las cabras testigo. Este resultado es interesante ya que la tasa de preñez es un parámetro que considera la proporción de animales que presentaron estro y el porcentaje de concepción; así en programas de inducción de ciclicidad, este parámetro es más completo, ya que está considerando la eficacia del tratamiento para inducir el estro y el porcentaje de concepción obtenido en éste.

La prolificidad de las cabras tratadas con bST fue similar a las hembras testigo (Cuadro 1), lo cual contrasta con lo obtenido en cabras primíparas que

Figura 1. Concentraciones plasmáticas de IGF-I e insulina en cabras tratadas con 125 mg de la hormona del crecimiento bovina (◆) y testigo (■). La flecha indica el día del tratamiento

Figure 1. IGF-1 and insulin plasmatic concentration in goats treated with 125 mg bovine growth hormone (◆) and control (■). Arrows indicate day of treatment



Conception rate was 17 percentage points greater in goats treated with bST. However, it was statistically non significant (Table 1). It was expected that in the present study a positive effect on the conception rate would materialize, due to the fact that IGF-1 favors embryo development⁽²⁾ and also acts as a survival factor when embryos are exposed to unfavorable conditions⁽¹⁹⁾. Besides, in infertile dairy cows, a bST injection at the moment of insemination increases the conception rate⁽²⁰⁾. Nevertheless, the pregnancy rate, was nearly double in bST treated goats than in control. This result is very interesting, because the pregnancy rate is a parameter that considers the proportion of animals that presented estrus and the conception rate. Like this, in cyclicity induction programs, this parameter is more inclusive, because

recibieron el mismo tratamiento durante la época reproductiva⁽²¹⁾ y también difiere de las observaciones hechas en ovejas ciclando por Carrillo *et al*⁽⁸⁾ quienes inyectaron bST e incrementaron la proporción de partos múltiples. Desafortunadamente en el presente trabajo el efecto de la bST en la prolificidad se confunde con el efecto de la eCG, ya que ambas hormonas pueden aumentar la prolificidad^(8,22).

El presente estudio se realizó en la época no reproductiva; sin embargo, 20 % de las cabras muestreadas estaban ciclando al inicio del experimento, lo cual coincide con estudios de estacionalidad reproductiva realizados en el altiplano de México^(12,13). No obstante, el hecho de que la mayor parte de las cabras utilizadas estaban en anestro al inicio del experimento, y que la inclusión de la bST en el tratamiento con progestágenos y eCG aumentó la proporción de cabras en estro, permite proponer que la bST puede ser una herramienta práctica para aumentar la eficacia de los programas de inducción de la ciclicidad.

Se concluye que la administración de la hormona del crecimiento bovina durante el tratamiento para inducir la ovulación en cabras en anestro aumentó la proporción de animales en estro y la tasa de preñez.

it takes into account treatment efficacy on estrus induction and the resulting conception rate.

Prolificity in bST treated goats was similar to those in the control group (Table 1), which differs with what was found in first kidding goats who received the same treatment in the breeding season⁽²¹⁾ and also to what is reported by Carrillo *et al*⁽⁸⁾ in cycling ewes, who injected bST and obtained an increase in prolificity. Unfortunately, in the present study, effect of bST on prolificity is confounded with the effect of eCG, as both hormones can increase this feature^(8,22).

The present study was carried out in the non-breeding season; however, 20 % of samples does were in estrus at the beginning of the experiment, which concurs with what is reported in other studies on seasonal reproduction carried out in the Mexican highlands^(12,13). Nonetheless, the fact that the greater part of goats used were in anoestrus at the beginning of the experiment, and that inclusion of bST in the treatment with progestogen and eCG increased the percentage of goats in estrus, allows us to surmise that bST could be a practical tool to increase efficacy in cyclicity induction programs.

As a conclusion, it can be stated that addition of bovine growth hormone to an ovulation induction treatment in anoestrous goats increased both the proportion of animals in estrus and the pregnancy rate.

End of english version

LITERATURA CITADA

1. Nancarrow CD. Embryonic mortality in the ewe and doe. In: Zavy MT, Geisert RD editors. Embryonic mortality in domestic species. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 1994:79-97.
2. Montero A, Hernández J, Valencia J, Gutierrez CG, Rojas S, Hernández-Cerón J. Treatment with bST during progestin synchronization increases the blastocyst rate in ewes [abstract]. *J Anim Sci* 2007;85(Suppl 1):324.
3. Lorenzo PL, Illera MJ, Illera JC, Illera M. Enhancement of cumulus expansion and nuclear maturation during bovine oocyte maturation in vitro by the addition of epidermal growth factor and insulin-like growth factor I. *J Reprod Fertil* 1994;101:697-701.
4. Izadyar F, Zeintra E, Bevers MM. Follicle stimulating hormone and Growth hormone act development in superovulated cows and improves post-transfer pregnancy rates when given to lactating recipient cows. *Theriogenology* 2002;57:1371-1387.
5. Moreira F, Paula-Lopes FF, Hansen PJ, Bandinga 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.
6. 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.
7. Moreira F, Bandinga 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.
8. Carrillo F, Orozco V, Hernández JA, Gutiérrez CG, Hernández Cerón J. A single dose of bovine somatotropin five days before the end of progestin synchronization improves prolificity in sheep. *Anim Reprod Sci* 2007;102:31-37.
9. Scaramuzzi RJ, Murray JF, Downing JA, Campbell BK. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid

RESPUESTA DE PROGESTAGENOS Y SOMATOTROPINA BOVINA EN CABRAS EN ANESTRO

- secretion and ovulation rate in sheep. *Domestic Anim Endocrinol* 1999;17:269-277.
10. Sarath T, Mehrotra S, Agarwal SK, Varshney VP, Hoquec M, Shankar U, Singh SK. Effect of insulin administration on ovarian function and estrus induction in acyclic goats. *Anim Reprod Sci* 2008;108:216-225.
 11. García, ME. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kooppen. 1980.
 12. Valencia MJ, Zarco QL, Ducoing WA, Murcia C, Navarro H. Breeding season of Criollo and Granadina goats under constant nutritional level in the Mexican highlands. In: *Livestock reproduction in Latin America*. Vienna Austria: International Atomic Energy Agency, FAP, 1990:321-333.
 13. Arvizu R, Hernández CJ, Alberti A, Porras A, Valencia J. Inicio de la actividad ovárica posparto y características de la primera ovulación de cabras criollas paridas en dos épocas del año. *Avances en Inv Agropecuaria* 1995;4:9-15.
 14. León HV, Hernández-Cerón J, Keisler 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.
 15. Pulido A, Zarco L, Galina CS, Murcia C, Flores G, Posadas E. Progesterone metabolism during storage of blood samples from Gyr cattle: effects of anticoagulant, time and temperature of incubation. *Theriogenology* 1991;35:965-975.
 16. Gallo GF, Block E. Effects of recombinant bovine somatotropin on nutrition status and liver function of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1990;73:3276-3286.
 17. Bauman DE. Bovine somatotropin and lactation: from basic science to commercial application. *Domestic Anim Endocrinol* 1999;17:101-116.
 18. Fortune JE, Rivera GM, Yang MY. Follicular development: the role of the follicular microenvironment in selection of the dominant follicle. *Anim Reprod Sci* 2004;(82-83):109-126.
 19. Jousan FD, Hernandez-Ceron J, Franco CM, Hansen PJ. Insulin-like growth factor-1 and interleukin-11 as possible survival factors for the bovine preimplantation embryo exposed to stress [abstract]. *Reprod Fertil Dev* 2004;16:188.
 20. 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.
 21. Hernández J, Domínguez Y, Rodríguez A, Gutiérrez CG. Efecto de la inyección de 100 MG de BST 5 y 10 días antes del retiro de la esponja de FGA en la tasa ovulatoria y la fertilidad en cabras [resumen]. Reunión nacional de investigación pecuaria. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 2001:9.
 22. López-Sebastian A, González-Bulnes A, Carrizosa JA, Urrutia B, Díaz-Delfa C, Santiago-Moreno J, Gómez-Brunet A. New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology* 2007;68:1081-1087.

