

Factores que Afectan la Producción de Leche de Vacas Holstein Inducidas Hormonalmente a la Lactancia



Factors Affecting Milk Yield of Holstein Cows Hormonally Induced to Lactation

Antonio Chirino-Enoel^{1*}, Francisco Gerardo Véliz-Deras¹, Cesar Alberto Meza-Herrera², Oscar Ángel-García¹, Edgar Sepúlveda-González¹, Miguel Mellado-Bosque³

¹Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, 27054, Torreón, Coah., México. ²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México. ³Departamento de Nutrición y Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Correo-e: e_ac_1977@hotmail.com (*Autor responsable)

RESUMEN

La inducción de lactancia en vacas sometidas al tratamiento de hormona del crecimiento, en condiciones intensivas no ha sido estudiada. El objetivo de este estudio, fue determinar los factores ambientales que afectan las variables de producción de leche de vacas Holstein inducidas a la lactancia hormonalmente y tratadas con somatotropina a través de la lactancia. Para inducir la lactancia, se utilizaron 1,500 vacas Holstein (nulíparas y multíparas) de un alto potencial lechero manejadas intensivamente. Las vacas fueron inducidas a la lactancia con la aplicación subcutánea diaria de 50 mg d⁻¹ de progesterona, y 2 mg d⁻¹ de cipionato de estradiol (días 1-7), los días 8 a 14 las vacas recibieron una inyección diaria de cipionato de estradiol (2 mg d⁻¹). Los días 18 a 20 se les aplicó una inyección diaria de 0.5 mg de flumetasona. Los días 1, 6, 16 y 21 se aplicaron 500 mg de somatotropina bovina y se inició la ordeña el día 21. A partir de los 60 días de lactancia, todas las vacas recibieron somatotropina cada 14 días durante toda la lactancia. La producción de leche a 305 días durante el invierno fue similar a la del otoño, pero significativamente mayor ($p < 0.01$) que las producciones obtenidas en vacas que iniciaron su lactancia en primavera y verano. El rango de las lactancias fue de 200 hasta 1400 días de lactancia. Se concluyó que con la inducción de la lactancia hormonalmente y el uso de la somatotropina, es posible alcanzar lactancia de más de 1,000 días y que la persistencia de la lactancia es plástica y puede ser modificada (mejorada) a través de una mejor alimentación después del pico de lactancia y el incremento en la frecuencia de ordeña, lográndose lactancias superiores a los dos años, con producciones de leche superiores a 20,000 kg de leche en la mayoría de las vacas de este estudio.

Palabras clave: producción de leche, lactogénesis, días de producción, somatotropina.

ABSTRACT

Induction to lactation in cows subjected to growth hormone treatment in intensive conditions has not been studied. The aim of this study was to determine the environmental factors that affect the milk production variables of Holstein cows hormonally induced to lactation and treated with bovine somatotropin (bST) through lactation. To induce lactation 1,500 Holstein dairy cows (nulliparous and pluriparous) of a high milk potential were intensively managed. The cows were induced to lactation with daily subcutaneous administration of 50 mg d⁻¹ of progesterone, and 2 d⁻¹ mg of estradiol cypionate (days 1-7), from day 8 to 14, the cows received a daily injection of estradiol cypionate (2 mg d⁻¹). From day 18 to 20 they were administered a daily injection of 0.5 mg flumethasone. 500 mg bST were applied on days 1, 6, 16 and 21, and milking started on day 21. After 60 days of lactation, all cows received somatotropin every 14 days throughout lactation. Milk production at 305 days during the winter was similar to the fall, but significantly higher ($p < 0.01$) than the ones obtained in cows that began lactation in the spring and the summer. The range of lactation was from 200 to 1400 days of lactation. It was concluded that with the hormonally induced lactation and use of somatotropin, it is possible to reach lactation of more than 1,000 days and that the continuation of lactation is plastic and can be modified (improved) through better nutrition after peak lactation and the increasing of the milking frequency, achieving lactations longer than two years, with milk yields over 20,000 kg of milk in most of the cows in this study.

Key words: Milk production, lactogenesis, days of production, Somatotropin

Recibido: Junio, 2010.

Aceptado: Mayo, 2012.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y funcionalidad de la glándula mamaria se logra a través de una compleja interacción hormonal entre órganos endocrinos, por ejemplo: eje hipotálamo-hipófisis-ovario. El factor natural que desencadena la actividad mamaria es el complejo preñez-parto. Debido a una selección genética en los bovinos productores de leche, la lactancia se prolonga más allá de la simple necesidad fisiológica de alimentar al becerro. El proceso de la galactopoyesis y lactogénesis se ha inducido con tratamientos hormonales, tanto en bovinos (Mellado *et al.*, 2006) como en ovinos y caprinos (Salama *et al.*, 2007).

En la actualidad, la Región de la Laguna, ubicada en la frontera entre los estados de Coahuila y Durango, es considerada como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica principal es la de ser el complejo lechero más tecnificado y moderno con base en el denominado "Modelo Holstein". Según estadísticas de la SAGARPA (2006), la Comarca Lagunera produce 5 millones de litros de leche diarios, que representa el 20 % de la producción nacional y tiene una población de 256,483 bovinos lecheros.

En los establos lecheros de la Comarca Lagunera se presentan numerosos casos de vacas que no se logran preñar luego de reiteradas inseminaciones, lo que conduce a la eliminación de estos animales de la explotación. Una consecuencia adicional de la eliminación de las vacas "repetidoras", es que el precio de estos animales se reduce marcadamente, pues estos son vendidos para el abasto y no como animales para la producción de leche. Una alternativa para aumentar la producción total de leche en el establo lechero es la inducción hormonal de la lactancia en aquellas vacas con fallas en su reproducción, con lo cual se obtendrían ingresos adicionales al incorporar a la producción a estos animales.

Para que se produzca un efecto mamogénico, lactogénico y lactopoyético, se requieren ciertos niveles hormonales de prolactina, estrógenos, progesterona y corticoides (Tucker, 2000). El uso de estas hormonas para la inducción de la lactancia en vacas no gestantes ha sido estudiado con detalle en décadas pasadas, con resultados poco alentadores. Con la disponibilidad ahora de la hormona del crecimiento, la inducción de la lactancia se ha convertido en una opción viable, pues esta hormona, aplicada en conjunción con las hormonas antes mencionadas, promueve lactancias más copiosas y de mayor duración.

La inducción de la lactancia ha sido estudiada en vacas no sometidas al tratamiento de hormona del crecimiento. Tampoco se ha llevado a cabo en condiciones intensivas con una sobreexplotación de las vacas (tres ordeñas por día, disponibilidad de alimento tres veces al día y aplicación de la hormona del crecimiento). Por lo anterior, se consideró pertinente explorar algunos factores que afectan el comportamiento productivo de vacas lecheras inducidas a la lactancia bajo condiciones de extrema demanda metabólica. Uno de los objetivos de este estudio fue: determinar los factores ambientales que afectan las variables de producción de leche de vacas Holstein inducidas a la lactancia hormonalmente y tratadas con somatotropina a través de la lactancia. Otro objetivo fue determinar la asociación que existe entre el pico de lactancia de vacas inducidas hormonalmente a la lactancia y la producción de leche a 305 días y la leche total producida durante lactancias prolongadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en la Comarca Lagunera en el establo AMPUERO S.P.R. de R.L. de C.V., ubicado en el kilómetro 6.5 de la carretera Torreón- Mieleras del municipio de Torreón, Coah. La explotación se localiza en la Latitud 26° 23' N y Longitud 104° 47' O y a una altitud de 1140 m. En la zona de estudio se presenta un clima semidesértico, con una precipitación pluvial anual de 230 mm, y una temperatura anual promedio de 27° C, pero puede alcanzar una temperatura máxima de 43° C en verano y una temperatura mínima de -5° C en invierno. Se presenta una humedad relativa promedio de 58 %, con una máxima de 83 % y una mínima de 29 % (CONAGUA, 2008). Se presentan vientos de 5 km/h y la evaporación es de 2500 mm anual.

Vacas y su manejo

Se utilizaron registros de producción de leche de 1,500 vacas Holstein (entre nulíparas y multíparas) de un alto potencial lechero, de las cuales 328 eran de menos de 2 lactancias, 768 de 2 a 4 lactancias, 339 de 4 a 6 lactancias y 65 vacas de 6 o más lactancia. Las vacas se manejaron en forma intensiva o estabuladas, ofreciéndoles heno de alfalfa y concentrado (proporción forraje: concentrado 40:60), 3 veces por día, de acuerdo

a sus requerimientos nutricionales en sus diferentes etapas fisiológicas. El agua se les proporcionaba a libre acceso.

Las vacas tratadas hormonalmente se escogieron entre animales que presentaban fallas reproductivas (incapacidad para quedar gestantes después de repetidas inseminaciones y después de haber rebasado los 250 días de lactancia sin estar gestantes).

Las vacas eran ordeñadas 3 veces al día, llevándose a cabo a las 8:00 h, 16:00 h y la tercera a las 24:00 h. La producción de leche era registrada diariamente. Se estimó la producción de leche en 305 días, y se registró la producción de leche durante toda su lactancia. Se registró, además, el día de la máxima producción de leche y la producción de leche en ese pico; se registraron, también los días totales de lactancia de las vacas. Se aplicó somatotropina cada 14 días (Schering- Plough®) en forma subcutánea, empezando alrededor de los 60 días de lactancia y hasta el final de la misma.

El establo cuenta con equipo enfriador para las vacas que regulaba la temperatura de los galrones, activándose automáticamente al llegar la temperatura ambiental a los de 26°C. A esta temperatura se activaban los ventiladores, los aspersores y se extendían las lonas automáticamente, desde el techo y hasta llegar al suelo, cubriendo los costados de los galrones.

La detección de celos se realizaba a través del personal encargado de vigilar el hato y por el médico que se encarga de llevar a cabo la inseminación artificial. Las observaciones se llevaron a cabo 2 veces por día (6:00 h y 18:00 h). Las vacas eran inseminadas artificialmente aproximadamente 12 h después de que éstas eran detectadas en celo.

Después del parto, el aparato reproductivo de todas las vacas era revisado por un veterinario para determinar la correcta involución uterina y la ocurrencia de metritis. Las vacas no se inseminaron hasta después de 50 días de lactancia. Después de este tiempo, las vacas eran observadas por signos de celo dos veces por día (0800 y 1700, durante 30 min) y aquellas detectadas en celo eran inseminadas artificialmente (semen importado de los Estados Unidos de América). Para las inseminaciones se utilizó la regla de la deposición del semen aproximadamente 12 h después de la detección del celo. La preñez fue detectada a los 45 días post-inseminación, vía palpación del contenido del útero en forma transrectal.

Las vacas se ordeñaron tres veces por día, aplicándoles sellador (Della Barrier® de DeLaval)

después de cada ordeña. El equipo de ordeña era revisado rutinariamente para evitar fluctuaciones de vacío que pudieran interferir con la salud de la ubre. Todas las vacas se “secaron” a las ocho semanas antes del parto. Durante el último día de ordeña, las vacas recibían una infusión intramamaria de antibióticos (Rilexine®200 NP de Virbac).

Tiempo de la inducción de la lactancia

Las vacas utilizadas en el presente estudio rebasaron los 200 días de lactancia sin quedar gestantes, por lo que se decidió suspender las inseminaciones, terminar la lactancia e inducir una lactancia hormonalmente. Las 1500 vacas que se utilizaron para el experimento, quedaron distribuidas en diferentes estaciones del año de la siguiente manera: invierno n=551, primavera n=333, verano n=296 y otoño n=320.

Tratamiento hormonal

Las 1500 vacas fueron tratadas de la siguiente manera para su inducción a la lactancia:

- a) Aplicación de progesterona (Progestagen- B del laboratorio Pfizer®, Gómez Palacio, Dgo., 50 mg d⁻¹) y cipionato de estradiol (E.C.P. del Laboratorio Pfizer®
- b) Gómez Palacio, Dgo., 2 mg d⁻¹) mediante inyecciones subcutáneas diarias (días 1-7).
- c) Días 8-14, una inyección diaria de cipionato de estradiol (2 mg d⁻¹).
- d) Los días 15 a 17, no recibían fármacos.
- e) Días 18 a 20, una inyección diaria de 0.5 mg de flumetasona (Fluvet del laboratorio
- f) Fort Dodge®, México DF).
- g) Los días 1, 6, 16 y 21 se aplicó 500 mg de somatotropina bovina (Boostin-S de
- h) Schering- Plough®, México, DF.).
- i) El día 21 se inició la ordeña.

Variables evaluadas

- Producción de leche a 305 (kg)
- Producción total de leche (kg)
- Longitud de la lactancia (días)
- Pico de producción de leche (kg)
- Día del pico de lactancia

Análisis estadístico

La producción de leche de las vacas se evaluó con medias de cuadrados mínimos con el procedimiento GLM de SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC), incluyéndose en el modelo como variables dependientes, el mes de inicio de la lactancia inducida, el hecho de que las vacas quedaran o no gestantes durante la lactancia, el año de tratamiento y el número de lactancias. Las variables independientes fueron la producción de leche a 305 días, producción de leche total hasta el “secado”, producción de leche en el pico de lactancia y días al pico de lactancia. La comparación de las variables de producción de leche se llevó a cabo con la prueba de Tuckey con el programa SAS.

También se llevaron a cabo regresiones lineales y no lineales para determinar la asociación entre el número de lactancias y producción de leche, y la producción de leche en el pico de lactancia con la producción de leche a 305 días y durante toda la lactancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra el efecto del número de lactancias de las vacas sobre la producción de leche por lactancia de éstas. El número de parto influyó en la

Cuadro 1. Producción de leche a 305 días, total de producción, longitud de lactancia, pico de lactancia, y día pico de lactancia por número de lactancia en vacas inducidas a la lactancia. Los valores indicados son media de cuadrados mínimos \pm DE.

NL	N	Producción de Leche (kg)		LL (d)	PPL (kg)	DPPL
		a 305 d	Total			
< 2	328	7607 \pm 145 a	10524 \pm 411 a	414 \pm 9 a	38.5 \pm 0.8 a	123 \pm 2.9 a
2-4	768	8976 \pm 137 b	14766 \pm 351 b	502 \pm 11 bc	41.7 \pm 0.7 b	106 \pm 2.5 b
4-6	339	9561 \pm 147 c	14902 \pm 409 b	479 \pm 9 b	41.0 \pm 0.8 b	113 \pm 2.9 b
>6	65	9548 \pm 181 c	14930 \pm 698 b	483 \pm 19 bc	40.3 \pm 1.3 a	106 \pm 5.0 b

NL: Número de Lactancia; LL: Longitud de la lactancia; PPL: Pico de producción de leche; DPPL: Día del pico de producción de leche: Promedios con superíndices diferentes entre las columnas, difieren (pd^m 0.01).

producción de leche; de la lactancia 1 a la 2 hubo un aumento de 17 %, de la lactancia 2 a la 3 aumentó un 5.5 %, de la 3 a la 4 aumentó 3.6 % y entre la 4 y 5 lactancia, el incremento fue de 1.8 %; después de la quinta lactancia empezó a disminuir la producción de leche por lactancia. Al igual que ocurre con las vacas lecheras con lactancia derivada de parto (Knight, 1997). Esto se explica porque el volumen de la ubre va en aumento a medida que transcurren las lactancias, hasta alcanzar su máximo volumen en la quinta lactancia.

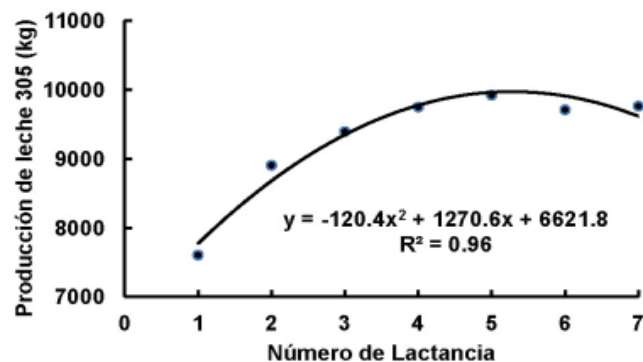


Figura 1. Producción de leche durante 305 días, en vacas inducidas a la lactancia, dependiendo del número de lactancia.

Se observó que la producción de leche a 305 días en vacas de 4 a 6 lactancias no difirió de las vacas con más de 6 lactancias (Cuadro 1). Por otra parte, las vacas con la menor ($p < 0.01$) producción de leche fueron las primerizas y de segundo parto, mientras que las de 2 a 4 partos presentaron una producción de leche que fue 28.8 % mayor ($p < 0.01$) que las primerizas. En cuanto a la producción total de leche por lactancia, longitud de la lactancia y días del pico de producción, no hubo diferencia entre las vacas de 2-4, 4-6 y más de 6 lactancias, pero las vacas de con menos de dos partos presentaron producciones de leche menores que las vacas de más lactancias ($p < 0.01$). Los grupos de vacas con más de dos partos no mostraron diferencias significativas en cuanto a leche total por lactancia, lo que sugiere que una vez que se ha alcanzado la madurez corporal, el número de parto en las vacas inducidas hormonalmente a la lactancia no es relevante para continuar lactando copiosamente después de los 10 meses de lactancia.

La duración de la lactancia fue excepcionalmente prolongada en todos los grupos de vacas, esto indica que mientras se mantenga el suministro de bST y la ordeña tres veces por día, es posible extender la lactancia significativamente (Knight, 1997). Lo anterior, ocurre porque al utilizar bSTr se aumenta la gluconeogénesis hepática y la disminución en la actividad de la insulina para inhibirla (Prado *et al.*, 2003); la glucosa adicional es usada por la glándula mamaria como precursor de lactosa explicando el aumento en producción atribuido a la hormona. En el tejido adiposo disminuye la lipogénesis basal si se está en balance energético positivo e incrementa la lipólisis basal en balance energético negativo (Bauman, 1992). Todo esto conduce a una

elevación de la energía disponible para la producción de leche, mejorando además la eficiencia alimenticia para la producción (Bauman, 1992; Bauman y Vernon, 1993; Lanna *et al.*, 1995). Pese a lo anterior, no se han observado alteraciones de la composición proteica de la leche (Bauman y Vernon, 1993).

Quienes más se beneficiaron de estas lactancias prolongadas fueron las vacas mismas, a través de la reducción de picos de lactancia (picos de riesgo de enfermedades metabólicas) durante su vida productiva y reducción de periodos posparto, donde ocurren una gran cantidad de enfermedades derivadas del parto. La vida promedio de una vaca productora de leche en sistemas intensivos es 3 lactancias, periodo en el cual presenta tres partos. Con lactancias de más de 20 meses, como las encontradas en este estudio, las vacas obviaron por lo menos un parto, situación propicia para una serie de enfermedades asociadas con el periodo posparto (Burvenich *et al.*, 2006). Dado que la eliminación de las vacas está asociada con el parto, las lactancias prolongadas alargan la vida productiva de las vacas. Es importante hacer notar que la lactancia prolongada observada en la mayoría de las vacas en el presente estudio indujo a las vacas a producir leche a un nivel metabólicamente.

La producción de leche al pico de lactancia fue similar entre las vacas jóvenes y viejas (Cuadro 1), pero las vacas entre 2 y 6 partos presentaron mayores ($p \leq 0.01$) niveles de producción de leche al pico de lactancia que las vacas más jóvenes o viejas. Finalmente, el pico de lactancia fue más prolongado ($p \leq 0.01$) en las vacas jóvenes comparado con las vacas con más partos. El pico de lactancia en este estudio es muy cercano al observado por otros estudios donde se ha inducido la lactancia hormonalmente (Mellado *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Producción de leche a 305 días, total de producción, longitud de lactancia, pico de lactancia, y día del pico de lactancia por estación en vacas inducidas a la lactancia. Los valores indicados son medias de cuadrados mínimos \pm DE.

Estación del Año	N	Producción de Leche (kg) a 305 d		LL (d)	PPL (kg)	DPPL
			Total			
Invierno	551	9085 \pm 143 a	14563 \pm 384 a	492 \pm 11 a	41.5 \pm 0.7 a	105 \pm 2.7 a
Primavera	333	8804 \pm 153 b	13414 \pm 436 b	457 \pm 12 b	39.0 \pm 0.8 b	108 \pm 3.1 a
Verano	296	8724 \pm 163 b	13439 \pm 454 b	465 \pm 13 b	39.3 \pm 0.9 b	120 \pm 3.2 b
Otoño	320	9079 \pm 151 a	13706 \pm 430 b	464 \pm 12 b	41.6 \pm 0.8 a	115 \pm 3.1 b

LL: Longitud de la lactancia; PPL: Pico de producción de leche; DPPL: Día del pico de producción de leche: Promedios con superíndices diferentes entre las columnas, difieren ($p < 0.01$).

En el Cuadro 2 se muestran diversas variables de la producción de leche de las vacas en función de la estación del año cuando se inició la lactancia. La producción de leche a 305 días durante el invierno fue similar a las de otoño, pero significativamente mayor ($p \leq 0.01$) que las producciones obtenidas en primavera y verano. Respecto a la producción total de leche, las vacas inducidas a la lactancia en invierno fue mayor ($p \leq 0.01$) que en las vacas de primavera, verano y otoño, mientras que el comportamiento de estos 3 últimos fueron similares; la longitud de la lactancia de las vacas inducidas a la lactancia en Invierno fue mayor ($p \leq 0.01$) que las de las vacas inducidas en primavera, verano y

otoño, mientras que estas 3 fueron similares; el pico de producción de leche en invierno fue similar con las vacas de otoño y significativamente mayor ($pd^{TM}0.01$); que las de primavera y verano, mientras que estas 2 últimas fueron similares; el día del pico de lactancia, durante el invierno y primavera fueron similares y significativamente mayores ($p \leq 0.01$) que durante el verano y otoño, mientras que estas 2 últimas no difirieron. En la zona de estudio los periodos más calurosos se presentan en la primavera y verano (CONAGUA, 2008). Lo anterior explica la menor producción de leche de las vacas que iniciaron su lactancia en estas estaciones del año (Capuco *et al.*, 2003).

Cuadro 3. Producción de leche 305 días, total de producción, longitud de lactancia, pico de lactancia, y día del pico de lactancia por rangos de 8 años en vacas inducidas a la lactancia.

Rangos de 8 Años	N	Producción de Leche (kg) a 305 d		LL (d)	PPL (kg)	DPPL
			Total			
Año*	1500	8268-9485	12097-16866	406-621	34-45	107-112

LL: Longitud de la lactancia; PPL: Pico de producción de leche; DPPL: Día del pico de producción de leche. *Valores o rangos (8 años), diferencias entre años a $pd^{TM} 0.01$ para todas las variables.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 3 indican que hubo diferencias entre años ($p \leq 0.01$) para las variables de producción de leche. Lo anterior se

explica por las diferencias en condiciones climáticas y de manejo que se presentaron en los diferentes años en esta explotación lechera.

Cuadro 4. Producción de leche a 305 días, total de producción, longitud de lactancia, pico de lactancia y día del pico de lactancia por número de lactación, inducción estacional, año y gestación durante la lactancia en vacas inducidas a la lactancia.

GDL	N	Producción de Leche (kg) a 305 d		LL (d)	PPL (kg)	DPPL
			Total			
NO	749	8584±148 a	13738±432 a	473±12 a	38.1±0.8 a	110±3.1 a
SI	751	9262 ±134 b	13824 ±341a	466 ±9 a	42.7 ±0.6 b	114± 2.4 a

GDL: Gestación durante la lactancia; Promedios con literales diferentes entre las columnas difieren un ($p \leq 0.01$). Los valores indicados son medias de cuadrados mínimos \pm DE.

En el Cuadro 4 se presenta el comportamiento de producción de leche de vacas que quedaron gestantes o no se preñaron durante la lactancia.

La producción de leche a 305 días en vacas que quedaron gestantes fue mayor ($p \leq 0.01$) que de las no gestantes; la producción total de leche, longitud de lactancia y día del pico de lactancia no fueron diferentes entre grupos; en el pico de producción de leche las gestantes mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$). Lo anterior, se explica por el incremento de estrógenos, progesterona y posiblemente lactógeno placentario producido en grandes cantidades por la placenta en las vacas gestantes, lo cual pudo haber incrementado el desarrollo mamario de las vacas preñadas (Knight y Wilde, 1993; Schuler *et al.*, 2008).

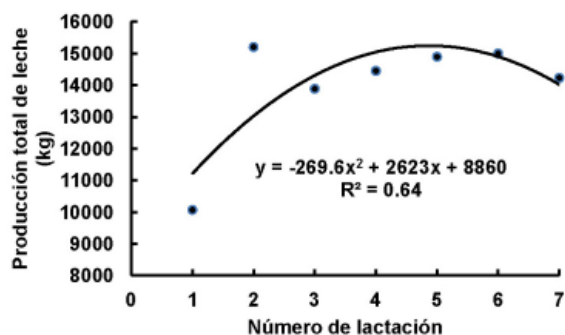


Figura 2. Comportamiento de la producción total de leche, dependiendo del número de lactancia de vacas inducidas a la lactancia.

En la Figura 2 se muestra que hubo una tendencia cuadrática al asociar el número de lactancias de las vacas y la producción total de leche. Al quinto y sexto parto se alcanzaron las producciones más elevadas, con producciones cercanas a los 15,000 litros por lactancia.

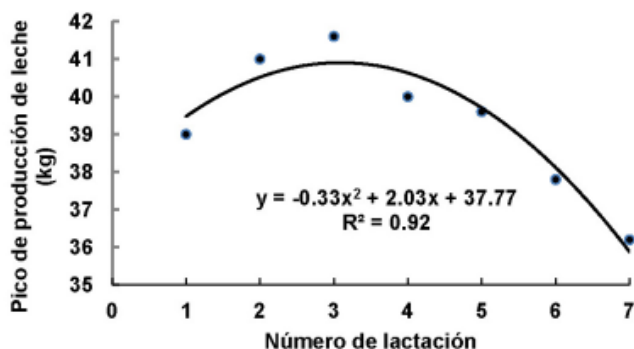


Figura 3. Pico de producción de leche (kg) dependiendo del número de lactancia en vacas inducidas hormonalmente a la lactancia y tratadas con somatotropina durante la lactancia.

En la Figura 3 se muestra que el pico de producción de leche fue mayor en las vacas en su tercera lactancia y posteriormente éste empezó a decrecer. En vacas lecheras se ha demostrado que el pico de lactancia es un buen indicativo de la producción total de leche a 305 días. En el presente estudio queda de manifiesto que se requieren por lo menos tres partos para alcanzar altos niveles de producción de leche en el pico de lactancia, lo cual se reflejará en mayores producciones de leche, como se describirá más adelante.

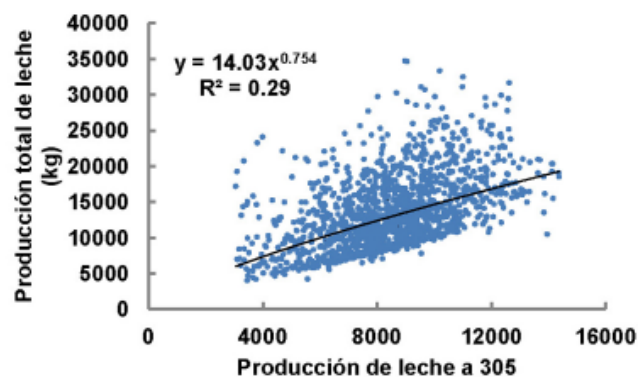


Figura 5. Comportamiento de producción total de leche a 305 días en vacas inducidas a la lactancia.

En la Figura 5, se muestra la asociación entre la producción de leche a 305 días y la producción de leche total. Estos datos indican que la producción de leche a 305 días no es un predictor confiable de la producción total de leche de las vacas inducidas a la lactancia, pues esta variable sólo explicó 29 % de la variabilidad en la producción de leche total por lactancia. Lo anterior era de esperarse, pues la duración de la lactancia fue muy variable entre vacas. Parte de esta variación se debió a que algunas de las vacas quedaron preñadas, y en consecuencia, debieron secarse dos meses antes del parto (Collier *et al.*, 1975; Knight, 1997).

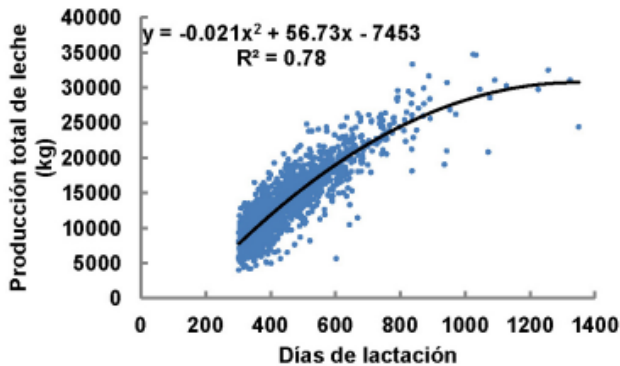


Figura 5. Comportamiento de producción total de leche desde 200 hasta 1400 días de lactancia.

La producción de leche de las vacas inducidas a la lactancia en función de los días de lactancia se presenta en la Figura 5. Estos datos muestran que, con el uso de la somatotropina es posible alcanzar lactancia de más de 1000 días en vacas inducidas a la lactancia. Los resultados anteriores han sido previamente demostrados en 3 hatos comerciales de los Estados Unidos, donde la producción de leche declinó marginalmente en vacas tratadas con hormona del crecimiento (Annen *et al.*, 2004). La somatotropina regula la secreción hepática de IGF-I y el eje ST-IGF-I en los bovinos, controlando de esta manera el proceso del desarrollo mamario en el periodo seco, incluyendo la muerte celular (apoptosis) y proliferación (Accorsi *et al.*, 2002). La acción mamogénica de la somatotropina es tal que en vacas que no tienen periodo seco, pero son tratadas con somatotropina, no se presenta una depresión en la producción de leche (Annen *et al.*, 2007), lo cual explica el hecho de que las vacas inducidas a la lactancia y sujetas a un estímulo crónico de somatotropina pueden tener lactancias de más de 2 años.

Los datos de este estudio muestran también que la persistencia de la lactancia es plástica y puede ser modificada (mejorada) a través de una mejor alimentación después del pico de lactancia y el incremento en la frecuencia de ordeña. En cabras se ha demostrado que el incremento en la frecuencia de ordeña en conjunto con la hormona del crecimiento, prácticamente detiene la declinación de la producción de leche (Knight *et al.*, 1990). Cuando se mide el desarrollo mamario y la involución de la ubre, se pone de manifiesto que la reducción en la producción de leche después del pico de lactancia es la pérdida de células

secretoras, más que la pérdida de la funcionalidad de éstas (Knight y Wilde, 1987).

La pérdida de las células de la glándula mamaria es por apoptosis (Wilde *et al.* 1997), lo cual es controlado mediante una interacción compleja entre la prolactina, GH, IGF-1 y proteína ligadora de IGF-5 (Flint y Knight, 1997). Esta interacción explica el porqué la frecuencia de ordeña en combinación con la hormona del crecimiento es tan efectiva, porque la frecuencia de ordeña no sólo estimula la liberación de prolactina, sino que también incrementa la sensibilidad de los receptores de esta hormona en la glándula mamaria (Bennett *et al.*, 1990).

En este estudio el 78 % de la variabilidad de la producción de leche por lactancia se debe a la cantidad de días de producción. En un estudio realizado con vacas de la India inducidas a la lactancia, el promedio de producción de leche por lactancia fue de 3230 kg en 401 días, con una máxima de producción diaria de 13 kg (Dabas *et al.*, 1990). En otro estudio con vacas Holstein, inducidas a la lactancia, el promedio de producción total de leche durante 200 días de lactancia fue de 2271 kg por vaca (Skrzeczowski *et al.*, 1979). Sin embargo, con el uso de protocolos de inducción de la lactancia con somatotropina, valores cercanos de leche a los observados en el presente estudio han sido observados por otros autores (Magliaro *et al.*, 2004; Mellado *et al.*, 2006).

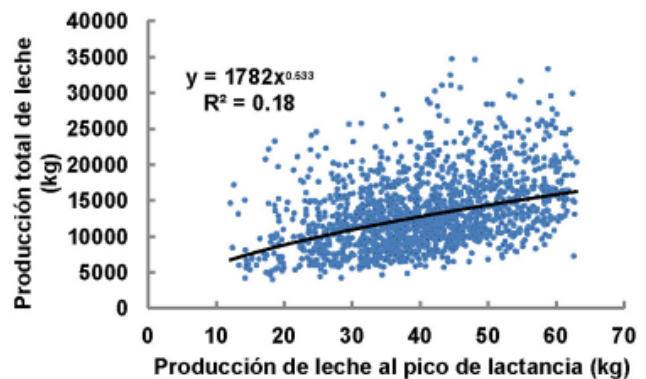


Figura 6. Producción total de leche hasta alcanzar el pico de lactancia.

La producción de leche en el pico de lactancia no resultó una variable confiable para predecir la producción total de leche de las vacas inducidas a la lactancia (Figura 6). Lo anterior, se atribuye a que la

duración total de la lactancia está influenciada por una serie de factores, siendo el más importante el hecho de que algunas de las vacas quedaron gestantes durante la lactancia, y esto obligó a su secado al final de la gestación (Collier *et al.*, 1975). Por otro lado, la producción de leche en el pico de lactancia resultó una variable muy confiable para estimar la producción de leche a 305 días (Figura 7).

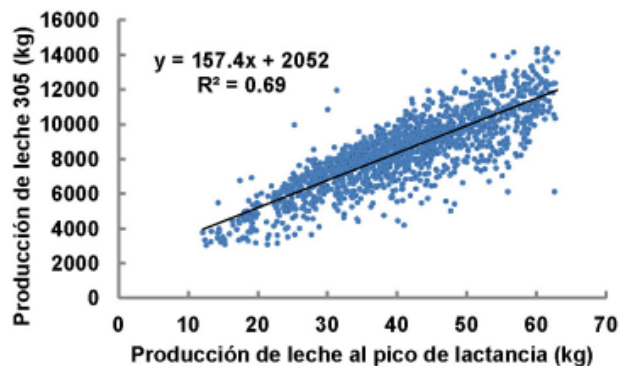


Figura 7. Producción de leche a 305 días, y el pico de lactancia.

CONCLUSIONES

El efecto del número de partos sobre la producción de leche de vacas inducidas a la lactancia y tratadas con somatotropina durante la lactancia es similar al observado en vacas cuya lactancia deriva de un parto; esto es, la máxima producción de leche en las vacas inducidas a la lactancia se alcanzó al quinto parto.

La inducción de la lactancia en combinación con la administración de somatotropina a lo largo de la lactancia, además de tres ordeñas por día, permitió obtener lactancias superiores a los dos años, con producciones de leche superiores a 20,000 kg de leche en la mayoría de las vacas.

Al igual que las vacas de parto natural, la producción de leche a 305 días puede ser estimada con alta confiabilidad con la producción de leche en el pico de lactancia. La producción de leche en el pico de lactancia, sin embargo, no resultó confiable para predecir la producción de leche total durante lactancias prolongadas.

LITERATURA CITADA

- Accorsi, P.A., B. Pacioni, C. Pezzi, M. Forni, D.J. Flint and E. Seren. 2002. Role of prolactin, growth hormone and insulin-like growth factor 1 in mammary gland involution in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 85:5007-513.
- Annen, E.L., A.C. Fitzgerald, P.C. Gentry, M.A. McGuire, A.V. Capuco, L.H. Baumgard and R.J. Collier. 2007. Effect of continuous milking and bovine somatotropin supplementation on mammary epithelial cell turnover. *J. Dairy Sci.* 90:165-183.
- Annen, E.L., R.J. Collier, M.A. McGuire, J.L. Vicini, J. M. Ballam and M.J. Lormore. 2004. Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:3746-3761.
- Bauman, D.E. 1992. Bovine somatotrophin: review of an emerging animal technology. *J. Dairy Sci.* 75:3432-3451.
- Bauman, D.E. and R.G. Vernon. 1993. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. *Annu. Rev. Nutr.* 13:437-461.
- Bennett, C.N., C.H. Knight and C.J. Wilde. 1990. Regulation of mammary prolactin binding by secreted milk proteins. *J. Endocr.* 127(Suppl):141.
- Burvenich, C., D., D. Bannerman, J.D. Lipolis, L. Peelman, B.J. Nonnecke, M.E. Kehrli Jr and M.J. Paape. 2006. Cumulative physiological events influence the inflammatory response of the bovine udder to *Escherichia coli* infections during the transition period. *J. Dairy Sci.* 90(E. Supl): E39-E54.
- Capuco, A.V., S.E. Ellis, S.A. Hale, E. Long, R.A. Erdman, X. Zhao, and M.J. Paape. 2003. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl):18-31.
- Collier, R.J., D.E. Bauman and R.L. Hays. 1975. Milk production and reproductive performance of cows hormonally induced into lactation. *J. Dairy Sci.* 58:1524-1527.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2008. Servicio Meteorológico Nacional. Datos climáticos del observador de Torreó, Coahuila.
- Dabas, Y.P.S., U.K. Atheya, B.D. Lachchaura and S.C. Sud. 1990. Induction of lactation in repeat breeding cattle with estradiol valerate and hydroxyprogesterone caproate. *Indian J. Vet.* 67:436-440.
- Flint, D.J. and C.H. Knight. 1997. Interactions of prolactin and growth hormone (GH) in the regulation of mammary gland function and epithelial cell survival. *J. Mamm. Gland Biol. Neopl.* 2:41-48.
- Knight, C.H. and C.J. Wilde. 1987. Mammary growth during lactation: implications increasing milk yield. *J. Dairy Sci.* 70:1991-2000.

- Knight, C.H. and C.J. Wilde. 1993. Mammary cell changes during pregnancy and lactation. *Liv. Prod. Sci.* 35:3-19.
- Knight, C.H., P.A. Fowler and C. J. Wilde. 1990. Galactopoietic and mammogenic effects of long-term treatment with bovine growth hormone and thrice daily milking in goats. *J. Endocr.* 127:129-138.
- Knigh, C.H. 1997. Biological control of lactation length. *Livest. Prod. Sci.* 50:1-3.
- Lanna, D.P., D., K.L. Houseknecht, D.M. Harris, and D.E. Bauman. 1995. Effect of somatotropin treatment on lipogenesis, lipolysis, and related cellular mechanisms in adipose tissues of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 78:1703-1712.
- Magliaro, A.L., R.S. Kensinger, S.A. Ford, M.L. Oconnor, L.D. Muller and G. Graboski. 2004. Induced lactation in nonpregnant cows: Profitability and response to bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 87:3290-3297.
- Mellado, M., E. Nazarre, L. Olivares, F. Pastor and A. Estrada. 2006. Milk production and reproductive performance of cows induced with bovine somatoprapin. *Anim. Sci.* 82:555-559.
- Prado, I., W.G. Nascimento, J.A. Negrao. L.P. Rigolon, S. De Souza, M.L. Doi Sakuno and G.L. Pessine. 2003. Recombinant bovine somatotropin (rBST) on hematologic aspects and metabolites of heifers (1/2 Nellore x 1/2 Red Angus) blood, in feedlot. *R. Bras. Zootec.* 32:465-472.
- Salama, A.A.K., G. Caja, E. Albanell, S. Carné, R. Casals and X. Such. 2007. Mammogenesis and induced lactation with or without reserpine in nulliparous dairy goats. *J. Dairy Sci.* 90: 3751-3657.
- Schuler, G., H. Greven, M.P. Kowalewski, B. Döring. G.R. Ozalp, B. Hoffmann. 2008. Placental steroids in cattle: Hormones, placental growth factors or by-products of trophoblast giant cell differentiation? *Clin. Endocr. Diabetes.* 116: 429-436.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2006. Situación actual de la producción de leche de bovino en México.
- Skrzeczowski, L., K. Lembowicz, A. Rabek, E. Stupnicka, and H. Kaciuba-Uscieko. 1979. Hormone induced lactation in cows culled from herd as a reproductive failures. *Prace I Mat. Zootech.* 20: 31-39.
- Tucker, H.A. 2000. Simposiium: Hormonal regulation of milk synthesis. Hormonas, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *J. Dairy Sci.* 83: 874-884.
- Wilde, C.J., C.V. Addey, P. Li and D.G. Ferning. 1997. Programmed cell death in bovine mammary tissue during lactation and involution. *Exp Physiol.* 82:943-953.

