

Falla en la concepción en el ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales

Joel Hernández Cerón*
José Salvador Morales Roura*

Abstract

Dairy cattle fertility has suffered a significant decrease over the past 40 years associated with a simultaneous increase in milk production. Currently, the conception rate (CR) in the first service is around 35%. Early embryonic death is the main cause of pregnancy failure in bovines, particularly in repeat-breeding cows, where close to 50% of the embryos die during the first 16 days after fertilization. Etiology of embryonic mortality is diverse. Abnormalities of *corpus luteum* function have been mentioned as an important cause of infertility, although this information is contradictory. However, studies reviewed here were unable to find differences in *corpus luteum* function between fertile and non-fertile animals, nor between pregnant and non-pregnant ones. Besides, those studies, where either progesterone was supplemented or an accessory *corpus luteum* induced, show contradictory results. Under field conditions, no effects with the hCG treatment on days 6 or 7 post-insemination were found. Results of GnRH or hCG treatments at the time of insemination were variable even though global results indicate that these two improve CR; no evidence was found in this study regarding this phenomenon. Maternal recognition of pregnancy is a crucial time for embryonic survival. Higher conception rates were associated with smaller diameter of the largest follicle on days 12-14 post-insemination. However, follicle luteinization caused by hormonal treatments on day 12-14 post-insemination reported variable results, and have globally not shown a favorable effect. The injection of growth hormone (bST) at the time of insemination improved the CR in repeat breeder cows, and decreased embryonic abnormalities in superovulated repeat breeder ones.

Key words: INFERTILITY, DAIRY CATTLE, PROGESTERONE, GnRH, hCG, bST.

Resumen

La fertilidad en la vaca lechera ha disminuido significativamente en los últimos 40 años, esto último ha coincidido con un incremento en la producción de leche. Actualmente, el porcentaje de concepción (PC) en el primer servicio difícilmente supera 35%. La muerte embrionaria representa la principal causa de la falla en la concepción y es grave en las vacas repetidoras, en las cuales cerca de 50% de los embriones mueren durante los primeros 16 días después de la fertilización. La etiología de la muerte embrionaria es diversa; se ha señalado que las anomalías en la función del cuerpo lúteo son causa importante; sin embargo, la información es contradictoria. En experiencias propias no se ha encontrado diferencia en la función lútea entre animales fértiles e infértiles ni entre animales gestantes y no gestantes; además, los resultados de estudios en los cuales suplementan con progesterona o inducen un cuerpo lúteo accesorio son variables. Aquí no se encontró ningún efecto del tratamiento con hCG los días seis o siete posinseminación. Los resultados de tratamientos con GnRH o hCG, al momento del servicio, también son variables; aunque los resultados globales indican que sí mejoran el PC, en experiencias propias no se ha encontrado un efecto positivo. El reconocimiento materno de la gestación es crítico para la sobrevivencia embrionaria; la presencia de folículos grandes durante los días 12-14 se asoció con baja fertilidad. Sin embargo, la eliminación de los folículos con GnRH o hCG ha aportado resultados contradictorios y globalmente no ha mostrado un efecto favorable. La administración de la hormona de crecimiento (bST) al momento de la inseminación, mejoró el PC en las vacas repetidoras y disminuyó los problemas degenerativos de los embriones en vacas repetidoras superovuladas.

Palabras clave: INFERTILIDAD, VACAS LECHERAS, PROGESTERONA, GnRH, hCG, bST.

Recibido el 22 de mayo de 2001 y aceptado el 4 de septiembre de 2001.

* Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F. jhc@servidor.unam.mx

Introducción

La falla en la concepción, o infertilidad, constituye el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros, se considera que es el que más afecta la productividad de la empresa lechera. En los últimos 40 años se ha observado disminución significativa de la fertilidad, que ha coincidido con un incremento en la producción de leche, ello evidencia una asociación entre ambas variables.^{1,2} Sin embargo, la baja fertilidad no es provocada por medio de lactancia, como proceso fisiológico, sino por los cambios metabólicos que impone la producción de grandes volúmenes de leche y el inadecuado consumo de nutrimentos. Así, las vacas lecheras después del parto caen en un balance energético negativo, lo cual significa que la suma de la energía necesaria para su propio mantenimiento y la que requieren para producir es mayor que la consumida, por lo que se ven obligadas a utilizar sus reservas corporales. Estas vacas llegan a su punto más bajo de balance energético (nadir) entre los días diez y 20, y siguen en balance negativo aproximadamente hasta los días 70 u 80; en algunos casos, sobre todo las vacas de primer parto, hasta el día 100 posparto.^{3,4} El balance energético negativo afecta el control neuroendocrino de la reproducción, lo cual se ha asociado con la baja fertilidad.^{1,3}

Durante muchos años, el problema de infertilidad se circunscribía sólo a las vacas repetidoras; es decir, a aquellas vacas que llegaban al cuarto servicio sin concebir y que no presentaban anomalías en sus órganos genitales. Actualmente es común, en los sistemas de producción intensiva de leche, que el porcentaje de concepción en vacas de primer servicio no sea mayor de 35, este parámetro es similar al de las vacas repetidoras.⁵

Causas de falla en la concepción

El bajo porcentaje de concepción es provocado por la alta incidencia de muerte embrionaria temprana. Tanto en animales con historia de infertilidad como en animales con fertilidad normal, se ha observado que cerca de 90% de los ovocitos son fertilizados; sin embargo, una alta proporción de los embriones muere antes de los 16 días posinseminación, los primeros siete días representa el periodo en que acontecen más pérdidas embrionarias.^{6,7} De esta forma, en virtud de que la muerte del embrión ocurre antes del reconocimiento materno de la gestación, las vacas regresan al estro en un periodo equivalente a un ciclo normal.

En varios estudios^{6,8,9} se ha demostrado que los embriones de animales subfértiles colectados el día siete posterior al servicio, tienen anomalías en su desarrollo, tales como retraso en el crecimiento y en la

diferenciación celular. La etiología de la muerte embrionaria es de naturaleza diversa, pero puede resumirse en factores genéticos y ambientales.

Dentro de los factores genéticos están consideradas las anomalías cromosómicas, éstas pueden producirse espontáneamente durante la gametogénesis, fertilización o embriogénesis.^{10,11} Wilmut *et al.*¹⁰ mencionan que las anomalías cromosómicas ocurren aproximadamente en 7.5% de los embriones. Los factores ambientales son responsables de la mayor parte de las muertes embrionarias tempranas. Aquí están considerados los factores de naturaleza hormonal, nutricional, climática e infecciosa.^{6,7,11} Esta revisión se centrará en los factores de índole hormonal y en las evaluaciones de tratamientos hormonales para incrementar el porcentaje de concepción.

Factores hormonales

Durante los primeros días del desarrollo, el embrión es dependiente totalmente de las secreciones uterinas y oviductales, las cuales son reguladas por la progesterona.¹² Como consecuencia de lo anterior, se ha señalado que las anomalías en la función del cuerpo lúteo son una causa importante de la falla en la concepción.^{3,13-17}

Algunos autores han observado que las vacas subfértiles tienen afectada la función del cuerpo lúteo.^{15,16} Sin embargo, otros estudios realizados en vaquillas Holstein indican que la función del cuerpo lúteo durante los primeros siete días posinseminación no se asocia con la falla en la concepción,¹⁸ ya que las vaquillas repetidoras tuvieron niveles de progesterona similares a las vaquillas de primer servicio. En otro estudio⁵ se compararon las concentraciones plasmáticas de progesterona entre vacas de primer servicio, vacas repetidoras y vaquillas, durante los 15 días siguientes al servicio. Los resultados de este trabajo indican que las diferencias del porcentaje de concepción obtenido en vacas de primer servicio (34.4%), en vacas repetidoras (34.6%) y vaquillas de primer servicio (59.0%) no tienen relación con una deficiente función lútea (Cuadro 1, Figura 1). El hecho de que en este estudio las concentraciones de progesterona fueron similares, tanto en los grupos de baja fertilidad como en el de alta fertilidad, y que además no haya habido relación entre la presencia o ausencia de gestación con las concentraciones de progesterona, indica que la causa de la falla en la concepción no se asocia con la función lútea.

Aunque la progesterona desempeña un papel fundamental en el establecimiento de la gestación, la evidencia de la asociación de los niveles de progesterona y el desarrollo temprano del embrión es contrastante. Por una parte, en algunos estudios¹⁹⁻²¹ se ha observado

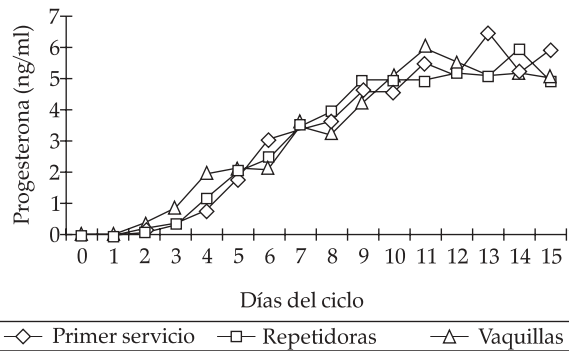


Figura 1. Concentraciones de progesterona plasmática durante los primeros 15 días posinseminación de vacas de primer servicio, vacas repetidoras y vaquillas de primer servicio. Las diferencias entre grupos no son significativas ($P > 0.05$). Morales *et al.*⁵

Grupo	Número de animales			Porcentaje de concepción
	Gestantes	Vacías		
Vacas de primer servicio	4 102	1 412	2 690	34.4 ^a
Vacas repetidoras	1 818	630	1 188	34.6 ^a
Vaquillas de primer servicio	900	531	369	59.0 ^b

^{a, b}Valores que no comparten la misma literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$). Morales *et al.*⁵

un efecto favorable de altas concentraciones de progesterona en el desarrollo embrionario temprano, mientras que las bajas concentraciones se asociaron con embriones pequeños. Por la otra, Linares *et al.*²² no encontraron ninguna relación entre las concentraciones de progesterona durante los primeros siete días y las características morfológicas de los embriones. En un estudio con vacas repetidoras Holstein superovuladas, Morales *et al.*²³ no encontraron relación entre las concentraciones de progesterona y la proporción de embriones transferibles.

También han sido variables los resultados de tratamientos orientados a incrementar los porcentajes de concepción mediante la administración de progesterona²⁴⁻²⁶ o a través del mejoramiento de la función lútea, aplicando la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)²⁷⁻³⁰ o gonadotropina coriónica humana (hCG).^{28, 31-34} En algunos estudios se ha observado mejoramiento de la fertilidad cuando a las

vacas se les ha administrado progesterona. Robinson *et al.*²⁴ trataron vacas en lactancia (subfértiles) con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (PRID), insertado durante el día cinco posinseminación al día diez; los autores encontraron que las vacas tratadas incrementaron significativamente su porcentaje de concepción. Macmillan *et al.*²⁶ encontraron resultados semejantes en esquemas similares; en contraparte, estos tratamientos no han sido efectivos en otras condiciones con vacas y vaquillas.^{25, 32}

GnRH o hCG durante los días cinco o seis

Se han realizado evaluaciones de tratamientos que consisten en provocar la ovulación del folículo dominante de la primera onda folicular y, con ello, el desarrollo de un cuerpo lúteo accesorio. El tratamiento con GnRH o hCG durante los días cinco y siete ha demostrado efectividad para desarrollar un cuerpo lúteo e incrementar los niveles de progesterona;^{20, 35-37} sin embargo, los resultados de fertilidad no han sido consistentes; en algunos de los estudios en los que se ha administrado hCG durante el día cinco posinseminación,^{32, 33, 37} se ha incrementado significativamente el porcentaje de concepción, tanto en vacas repetidoras como en no repetidoras. En otro estudio (datos no publicados) se trataron 158 vacas Holstein de diferente número de servicios con 4 000 UI de hCG durante los días seis o siete posinseminación; el porcentaje de concepción no fue diferente ($P > 0.05$) entre las vacas tratadas (31.6) y las del grupo testigo (25.3; $n = 360$) (Cuadro 2). Los resultados en experimentos propios son diferentes a los de trabajos mencionados anteriormente, ello se debe a las diferencias de los datos estudiados y a la participación relativa de la disfunción del cuerpo lúteo en la falla de la concepción.

Grupos	Número de vacas			Porcentaje de concepción
	Gestantes	Vacías		
Tratado	158	50	108	31.6
Testigo	360	91	269	25.3

No se encontró diferencia entre grupos ($P > 0.05$). Rodríguez *et al.* (Datos no publicados.)

GnRH o hCG al momento de la inseminación

Son muy populares los tratamientos con GnRH o hCG al momento de la inseminación. Esta forma de enfrentar la falla en la concepción se fundamenta en el concepto de que estas hormonas sincronizan la ovulación con el momento de la inseminación, previenen problemas de ovulación retardada y mejoran el desarrollo del cuerpo lúteo.³⁸ Son muchos los estudios y también la variabilidad de los resultados; Morgan y Lean³⁸ analizaron los resultados de 40 estudios publicados en 27 artículos; a través de un metaanálisis (mezclaron todos los datos de los diferentes estudios y aplicaron un solo análisis) observaron que el tratamiento aumentó la probabilidad de gestación en los animales tratados, en particular en animales repetidores. En otro trabajo se revisó la información de vacas que recibieron GnRH y hCG al momento de la inseminación.³⁹ En este estudio se incluyó un grupo de vacas que recibió una segunda inseminación (reinseminación) 12 h después de la primera. El porcentaje de concepción no fue diferente en ninguno de los grupos (GnRH, 38.1; hCG, 40.7; reinseminación, 34.7 y testigos, 33.5, $P > 0.05$) (Cuadro 3).

Se desconoce el mecanismo por el cual el GnRH o la hCG aplicados al momento de la inseminación pudiera estar mejorando la fertilidad. Es poco probable que se haya debido a que se evitó la ovulación retardada, ya que ésta tiene baja incidencia, aun en animales repetidores.³⁴ Es cuestionable el mejoramiento de la función del cuerpo lúteo en los animales tratados, puesto que la función del cuerpo lúteo es similar a la de los animales testigos.⁴⁰ En un trabajo⁴¹ se evaluó la función del cuerpo lúteo y la fertilidad de vacas repetidoras tratadas con 2 500 UI de hCG al momento de la insemina-

ción, y no se observó un mejoramiento de la función lúteal ni de la fertilidad (Cuadro 3). Un factor que puede favorecer la fertilidad en las vacas tratadas con GnRH o hCG es el hecho de que la aplicación de esta hormona es al momento de la inseminación, lo que probablemente sincronice el momento de la ovulación con el servicio;²⁷ si esta condición se ubica en hatos con deficiencias en la detección de estros, en los cuales el único criterio para inseminar es la información que proporciona la actividad motriz de la vaca o las características de los órganos genitales, entonces sí podría estar contribuyendo a mejorar la fertilidad.

Reconocimiento materno de la gestación y falla en la concepción

La sobrevivencia embrionaria depende de una correcta sincronía entre el embrión y la madre. Para que la gestación se lleve a cabo, se debe establecer un diálogo estrecho entre el embrión en desarrollo y el ambiente materno.⁴² De esta forma, el embrión debe establecer los mecanismos que evitan la regresión del cuerpo lúteo durante los días 15 a 17 posinseminación, lo cual se consigue mediante la secreción de interferón tau (τ) (antes proteína trofoblástica bovina I), la cual bloquea la síntesis de la PGF 2α .^{42,43} Se ha propuesto que uno de los factores que contribuye a la falla en la concepción es la incapacidad del embrión para evitar la regresión del cuerpo lúteo.^{7,44} Albiñ *et al.*⁴⁴ observaron que los embriones de vaquillas repetidoras tuvieron menor capacidad para evitar la regresión del cuerpo lúteo. De esta forma, la inhibición de la cascada de la secreción de la PGF 2α podría mejorar los porcentajes de concepción, ya que al embrión se le daría más tiempo para alcanzar el estado óptimo de desarrollo que le permita establecer eficientemente el mecanismo de reconocimiento materno de la gestación. Éste es el principio de los tratamientos con GnRH o hCG durante los días 12-14 posinseminación, los cuales buscan disminuir los niveles de estradiol circulante mediante la ovulación, luteinización o atresia de los folículos.^{45,46}

En un trabajo⁴⁷ se midió el diámetro del folículo mayor con ultrasonografía en 334 vacas durante los días 12-14, y se encontró que el porcentaje de concepción fue mayor en las vacas que tuvieron folículos < de 15 mm (49.7) que en las vacas con folículos \geq 15 mm (37.1) ($P < 0.05$) (Cuadro 4). Asimismo, las vacas gestantes tuvieron menor diámetro folicular (12.8 ± 0.41 mm) que las vacas no gestantes (14.1 ± 0.38 mm) ($P < 0.05$). El mecanismo por el cual la dinámica folicular posterior al servicio pudiera influir en la fertilidad se desconoce, pero puede especularse una asociación con el mecanismo de regresión del cuerpo lúteo. Se conoce que la cantidad de progesterona secretada por el cuerpo lúteo y la concentración de estradiol determinan la sensibilidad del me-

Cuadro 3

PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN DE VACAS REPETIDORAS TRATADAS AL MOMENTO DEL SERVICIO CON GnRH O hCG Y REINSEMINADAS (RI)

Grupos	Número de vacas		Porcentaje de concepción
	Gestantes	Vacías	
GnRH	472	180	38.1
hCG	211	86	40.7
RI	843	293	34.7
Testigo	1 649	553	33.5

No se encontraron diferencias entre grupos ($P > 0.05$). Morales *et al.*³⁹

Cuadro 4
PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN DE VACAS HOLSTEIN DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO FOLICULAR EN LOS DÍAS 12-14 POSTERIORES AL SERVICIO

Diámetro folicular (mm)	Número de vacas		No gestantes	Porcentaje de concepción*
	Gestantes			
< 15	211	105	106	49.7
≥ 15	124	46	78	37.1
Total	335	151	184	45.0

* La diferencia fue significativa entre grupos (P < 0.05). Mateos.⁴⁷

Cuadro 5
PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN DE VACAS DE TRES O MÁS SERVICIOS TRATADAS CON 2 500 UI DE hCG DURANTE LOS DÍAS 12 O 13 POSINSEMINACIÓN

Grupos	Número de Vacas		Vaciás	Porcentaje de concepción
	Gestantes			
Tratado	119	37	82	31.0
Testigo	121	38	83	31.4

No se encontró diferencia entre grupos (P > 0.05). Rodríguez *et al.*⁴⁹

canismo de secreción de la PGF2 α , de tal forma que éste resulta más sensible a menores niveles de progesterona y a concentraciones altas de estradiol.⁴⁸ Entonces, la presencia de folículos grandes estarían haciendo más sensible el disparador de la secreción de PGF2 α . A este respecto, Mann *et al.*⁴⁶ encontraron que las vacas tratadas con GnRH en el día 12 posinseminación, que resultaron gestantes, tuvieron menores concentraciones de estradiol que las vacas que no concibieron. Bajo estas circunstancias, el establecimiento de la gestación estaría doblemente en desventaja. Por un lado, los embriones que provienen de vacas con baja fertilidad presentan un retraso del desarrollo y, en consecuencia, tendrían menor capacidad para producir interferón-tau;^{20,21} por otra parte, los mecanismos que inician la secreción pulsátil de PGF2 α serían más sensibles.⁴⁸

En la práctica se han evaluado tratamientos con GnRH o hCG los días 12-14; sin embargo, los resultados en fertilidad son muy variables. En un estudio con vacas Holstein de tres o más servicios⁴⁹ se les inyectó 2 500 UI de hCG el día 12 posinseminación, y no se observó un mejoramiento de la fertilidad (Cuadro 5). Peters *et al.*⁵⁰ revisaron todos los trabajos publicados en los que se ha utilizado este tratamiento, y, después de aplicar un metaanálisis, encontraron gran variabilidad de los resultados, por ello concluyeron que este tratamiento no tiene efecto en la fertilidad. Esta diversidad de los resultados probablemente depende de las particularidades de los hatos estudiados y también de las características de la población folicular de las vacas al momento del tratamiento, la cual sería muy variable entre ellas, ya que depende del número de ondas foliculares que tengan.⁵⁰ De acuerdo con otros resultados,⁴⁷ estos tratamientos tal vez tendrían efecto positivo en la fertilidad, en aquellas vacas que tuvieran folículos de ≥ 15 mm de diámetro, ya que sólo éstos se asociaron con la disminución de la fertilidad.

Hormona de crecimiento

Se propuso⁵¹ que la administración de somatotropina bovina (bST) en animales infértiles el día del estro, podría mejorar el desarrollo del embrión y, en consecuencia, la fertilidad. Los conceptos que apoyaron esta nueva estrategia consisten en que después de un tratamiento con bST se incrementan en el plasma los niveles del factor de crecimiento parecido a la insulina I (IGF-I),⁵²⁻⁵⁴ lo cual podría reflejarse también en la actividad secretora del oviducto y útero, y en el desarrollo del embrión.^{55,56} Por otra parte, se ha demostrado que la bST incrementa las concentraciones de progesterona,^{52,53,57} lo que también favorecería la diferenciación y el crecimiento embrionario.

Se realizaron dos experimentos en los cuales se evaluó el efecto de un tratamiento corto con bST, administrado al inicio del estro, sobre el porcentaje de concepción y la función del cuerpo lúteo.

En el primero⁵¹ se trataron 201 vacas repetidoras con dos inyecciones subcutáneas de 500 mg de bST; la primera se aplicó al inicio del estro y la segunda, el día diez posinseminación. Este tratamiento mejoró significativamente (P < 0.05) la fertilidad, ya que la concepción fue mayor en las vacas tratadas (35.8%) que en las del grupo testigo (25.2%) (Cuadro 6).

En el segundo experimento,⁵⁸ 195 vacas de primer servicio y 175 vacas repetidoras recibieron una sola dosis de 500 mg de bST al momento de la inseminación, mientras que 167 animales de primer servicio y 141 repetidoras constituyeron el grupo testigo. En el grupo de vacas de primer servicio no se encontró diferencia (P > 0.05) en el porcentaje de concepción entre las vacas tratadas (39.5) y testigos (34.7). En las vacas repetidoras se observó un efecto significativo (P < 0.05) en la fertilidad, las vacas del grupo tratado tuvieron mayor porcentaje de concepción (46) que las testigo (35) (Cuadro 7).

Cuadro 6

PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN DE VACAS HOLSTEIN DE PRIMER SERVICIO Y REPETIDORAS TRATADAS CON bST AL MOMENTO DE LA INSEMINACIÓN

Grupos	bST		TESTIGO		(p)
	%	n	%	n	
Primer servicio	39	77/195	35	58/167	(P > 0.05)
Repetidoras	46	81/175	35	49/141	(P < 0.05)
Total	42.7	158/370	35	107/308	(P < 0.05)

Hernández-Cerón *et al.*⁵⁸

Cuadro 7

PORCENTAJE DE CONCEPCIÓN DE VACAS HOLSTEIN REPETIDORAS, TRATADAS CON bST AL MOMENTO DE LA INSEMINACIÓN

Grupos	Número de vacas			Porcentaje de concepción
	Gestantes	Vacias		
Tratado	201	72	129	35.8
Testigo	309	78	231	25.2

La diferencia fue significativa entre grupos (P < 0.05).

Morales-Roura *et al.*⁵¹

El mecanismo por el cual la bST mejora la fertilidad se desconoce; sin embargo, se considera que los efectos de esta hormona en la fisiología reproductiva funcionan como mediadores. Si bien se ha observado que tanto el IGF-I y la hormona de crecimiento estimulan la función del cuerpo lúteo,^{52,53,57} en estos estudios no fue evidente un efecto en la función lútea. Otra posibilidad es a través del efecto que tiene el IGF-I en el desarrollo temprano del embrión, ya que el IGF-I está presente en las secreciones uterinas durante el periodo de preimplantación, y su concentración dependería de los niveles circulantes.⁵⁹⁻⁶¹ Además, el embrión bovino posee receptores para el IGF-I⁵⁵ y se ha observado que la adición de IGF-I mejora el desarrollo de embriones *in vitro*.^{62,63} Esta última posibilidad coincide con los resultados logrados²³ en vacas repetidoras superovuladas, en las cuales el tratamiento con bST, al momento de la inseminación, incrementó la proporción de embriones transferibles en las vacas tratadas (84.3% vs 54.5% de

los testigos) (P < 0.05). Sin embargo, este efecto no se encontró en vacas de primer servicio.⁶⁴

En otro estudio,⁶⁵ se aplicó la bST el día tres posterior al servicio, y no logró aumentar el índice de concepción de vacas Holstein repetidoras. Estos resultados permiten sugerir que probablemente el mayor efecto de la bST ocurre durante los primeros días después del servicio, momento en el cual el embrión es más susceptible a cualquier deficiencia en su ambiente y cuando ocurre la mayor parte de retrasos del desarrollo que conducen posteriormente a la muerte embrionaria.^{6,7,10} Cabe mencionar que como el tratamiento es aplicado tres días después del servicio, los niveles elevados de IGF-I alcanzan niveles importantes hasta el día cinco,⁵³ lo cual parece ser demasiado tarde para favorecer el desarrollo del embrión.

Estos experimentos permiten concluir que la administración de 500 mg de bST el día de la inseminación, incrementó el porcentaje de concepción y la calidad embrionaria de vacas repetidoras, mientras que en las vacas de primer servicio no se observó ningún efecto.

Conclusiones

Evidentemente, la falla en la concepción en la vaca lechera se asocia con su condición metabólica, prueba de ello son las vaquillas, las cuales al no entrar en esa dinámica metabólica han mantenido su alta fertilidad. Aunque se tienen pruebas de que el balance energético negativo afecta la función del cuerpo lúteo, no se ve claramente el efecto de esta condición en la falla de la concepción. La información a este respecto es contradictoria, ya que en experiencias propias no se ha encontrado diferencia en la función del cuerpo lúteo entre animales fértiles e infértiles ni entre animales gestantes y no gestantes. Los resultados de estudios en los cuales se suplementa con progesterona o se induce un cuerpo lúteo accesorio son muy variables. Además, no se ha encontrado un efecto positivo del tratamiento con hCG durante los días seis o siete posinseminación. Los estudios en los que se ha inyectado GnRH o hCG al momento de la inseminación también son variables; aunque los resultados globales indican que sí se mejora la fertilidad, en experiencias propias no se ha encontrado un efecto positivo. El periodo en el que ocurre el reconocimiento materno de la gestación es crítico para la sobrevivencia embrionaria. La presencia de folículos ≥ 15 mm de diámetro durante los días 12-14 se asoció con niveles bajos de fertilidad. La supresión de los niveles de estradiol mediante la eliminación de los folículos con GnRH o hCG en esos mismos días, ha aportado resultados variables y globalmente no ha mostrado un efecto favorable. No obstante, se debe evaluar su efecto en las vacas que tengan folículos grandes (≥ 15 mm). Los estudios con hormona de cre-

cimiento ofrecen una mejor estrategia para mejorar la fertilidad; los resultados obtenidos muestran un mejoramiento significativo del porcentaje de concepción en las vacas repetidoras. Además, los embriones colectados de vacas repetidoras superovuladas tratadas con bST tuvieron menos problemas degenerativos, lo cual indica que un mecanismo de acción de la bST es a través del mejoramiento del desarrollo embrionario.

Referencias

- Butler WR. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* 2000;60-61:449-457.
- Royal M, Mann GE, Flint APF. Strategies for reversing the trend towards subfertility in dairy cattle. *Vet J* 2000;160:53-60.
- Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1988;71:1063-1072.
- Lucy MC, Staples CR, Thatcher WW, Erickson PS, Cleale RM, Firkins JL, *et al.* Influence of diet composition, dry-matter intake, milk production and energy balance on time of post-partum ovulation and fertility in dairy cows. *Anim Prod* 1992;54:323-331.
- Morales RS, Hernández CJ, Rodríguez TG, Peña FR. Comparación del porcentaje de concepción y la función lútea en vacas de primer servicio, vacas repetidoras y vaquillas Holstein. *Vet Méx* 2000;31:179-184.
- Ayalon N. A review of embryonic mortality in cattle. *J Reprod Fertil* 1978;54:483-493.
- Thatcher WW, Staples CR, Danet-Desnoyers G, Oldick B, Schmitt EP. Embryo health and mortality in sheep and cattle. *J Anim Sci* 1994;72(Suppl 3):16-30.
- Linares T. Embryonic development in repeat breeder and virgin heifers seven days after insemination. *Anim Reprod Sci* 1982;4:189-198.
- Gustafsson H. Characteristics of embryos from repeat-breeder and virgin heifers. *Theriogenology* 1985;23:487-498.
- Wilmut I, Sales DI, Ashworth CJ. Maternal and embryonic factors associated with prenatal loss in mammals. *J Reprod Fertil* 1986;76:851-864.
- Zavy MT. Embryonic mortality in cattle. In: Zavy MT, Geisert RD, editors. *Embryonic mortality in domestic species*. Boca Raton (FL): CRC Press, 1994:99-140.
- Roberts RM, Bazer FW. The functions of uterine secretions. *J Reprod Fertil* 1988;82:875-892.
- Randel RD, Garverick HA, Surve AH, Erb RE, Callahan CJ. Reproductive steroids in the bovine. V. Comparisons of fertile and nonfertile cows 0 to 42 days after breeding. *J Anim Sci* 1971;33:104-114.
- Erb RE, Garverick HA, Randel RD, Brown BL, Callahan CJ. Profiles of reproductive hormones associated with fertile and nonfertile inseminations of dairy cows. *Theriogenology* 1976;5:227-241.
- Kimura M, Nakao T, Moriyoshi M, Kawata K. Luteal phase deficiency as a possible cause of repeat breeding in dairy cows. *Br Vet J* 1987;143:560-566.
- Shelton K, Gayerie De Abreu MF, Hunter MG, Parkinson TJ, Lamming GE. Luteal inadequacy during the early luteal phase of subfertile cows. *J Reprod Fertil* 1990;90:1-10.
- Mann GE, Lamming GE. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod Dom Anim* 1999;34:269-274.
- Hernández CJ, Zarco L, Lima TV. Niveles de progesterona plasmática durante los primeros siete días posinseminación en vaquillas Holstein repetidoras y de primer servicio. *Vet Méx* 1992;23:189-192.
- Garrett JE, Geisert RD, Zavy MT, Morgan GL. Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in the bovine. *J Reprod Fertil* 1988;84:437-446.
- Kerbler TL, Buhr MM, Jordan LT, Leslie KE, Walton JS. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by the conceptus in cattle. *Theriogenology* 1997;47:703-714.
- Mann GE, Lamming GE, Robinson RS, Wathes DC. The regulation of interferon-t production and uterine hormone receptors during early pregnancy. *J Reprod Fertil* 1999;54(Suppl.):317-328.
- Linares T, Larsson K, Edqvist LE. Plasma progesterone levels from oestrus through day 7 after AI in heifers carrying embryos with normal or deviating morphology. *Theriogenology* 1982;17:125-132.
- Morales RS, Rodríguez TGR, Hernández IJ, Hernández CJ, Zarco QL. Efecto de la administración de rbST al inicio del estro sobre el desarrollo embrionario y progesterona sérica de vacas Holstein repetidoras superovuladas. *Memorias del XXIII Congreso Nacional de Buiatría; 1999 agosto 18-21; Aguascalientes (Ags) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C., 1999:108-111.*
- Robinson NA, Leslie KE, Walton JS. Effect of treatment with progesterone on pregnancy rate and plasma concentrations of progesterone in Holstein cows. *J Dairy Sci* 1989;72:202-207.
- Van Cleeff J, Drost M, Thatcher WW. Effects of postinsemination progesterone supplementation on fertility and subsequent estrous responses of dairy heifers. *Theriogenology* 1991;36:795-807.
- Macmillan KL, Taufa VK, Day AM, Peterson AJ. Effects of supplemental progesterone on pregnancy rates in cattle. *J Reprod Fertil* 1991;43(Suppl Abstr):304.
- Stevenson JS, Call EP, Scoby RK, Phatak AP. Double insemination and GnRH treatment of repeat-breeding cattle. *J Dairy Sci* 1990;73:1766-1772.
- Swanson LV, Young AJ. Failure of gonadotropin-releasing hormone or human chorionic gonadotropin to enhance the fertility of repeat-breeder cows when administered at the time of insemination. *Theriogenology* 1990;34:955-963.
- BonDurant RH, Revah I, Franti C, Harman RJ, Hird D, Klingborg D, *et al.* Effect of gonadotropin-releasing hormone on fertility in repeat-breeder California dairy cows. *Theriogenology* 1991;35:365-374.
- Ryan DP, Kopel E, Boland MP, Godke RA. Pregnancy rates in dairy cows following the administration of a GnRH analogue at the time of artificial insemination or at mid-cycle post insemination. *Theriogenology* 1991;36:367-377.
- Helmer SD, Britt JH. Fertility of dairy cattle treated with human chorionic gonadotropin (hCG) to stimulate progesterone secretion. *Theriogenology* 1986;26:683-695.
- Walton JS, Holbert GW, Robinson NA, Leslie KE. Effects of progesterone and human chorionic gonadotropin administration five days post insemination on plasma and milk concentrations of progesterone and pregnancy rates of normal and repeat breeder dairy cows. *Can J Vet Res* 1990;54:305-308.

33. Sianangama PC, Rajamahendran R. Effect of human chorionic gonadotropin administered at specific times following breeding on milk progesterone and pregnancy in cows. *Theriogenology* 1992;38:85-96.
34. Hernandez-Ceron J, Zarco L, Lima-Tamayo V. Incidence of delayed ovulation in Holstein heifers and its effects on fertility and early luteal function. *Theriogenology* 1993;40:1073-1081.
35. Price CA, Webb R. Ovarian response to hCG treatment during the oestrous cycle in heifers. *J Reprod Fertil* 1989;86:303-308.
36. Schmitt EJP, Diaz T, Barros CM, de la Sota RL, Drost M, Fredriksson EW, *et al.* Differential response of the luteal phase and fertility in cattle following ovulation of the first-wave follicle with human chorionic gonadotropin or an agonist of gonadotropin-releasing hormone. *J Anim Sci* 1996;74:1074-1083.
37. Thatcher WW, Moreira F, Santos JEP, Mattos RC, Lopes FL, Pancarci SM, Risco CA. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology* 2001;55:75-89.
38. Morgan WF, Lean IJ. Gonadotrophin-releasing hormone treatment in cattle: a meta-analysis of the effects on conception at the time of insemination. *Austr Vet J* 1993;70:205-209.
39. Morales RJS, Santiago G, Hernández CJ. Efectividad del uso de GnRH, hCG y la reinseminación como tratamientos de vaca repetidora en la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo. *Memorias del XXII Congreso Nacional de Buiatría; 1998 julio 20-25; Acapulco (Gro) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C., 1998:323-325.*
40. Lewis GS, Caldwell DW, Rexroad CE, Dowlan HH, Owen JR. Effects of gonadotropin-releasing hormone and human chorionic gonadotropin on pregnancy rate in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1990;73:66-72.
41. Morales RS, Hernández CJ, Vázquez GJA. Efecto del tratamiento con hCG al momento de la inseminación artificial sobre la función del cuerpo lúteo y fertilidad de vacas Holstein repetidoras. *Vet Méx* 1998;3:269-272.
42. Thatcher WW, Meyer MD, Danet-Desnoyers G. Maternal recognition of pregnancy. *J Reprod Fertil* 1995;49(Suppl):15-28.
43. Hansen TR, Austin KJ, Perry DJ, Pru JK, Teixeira MG, Johnson GA. Mechanism of action of interferon-tau in the uterus during early pregnancy. *J Reprod Fertil* 1999;54(Suppl):329-339.
44. Albin A, Gustafsson H, Hurst M, Rodriguez-Martinez H. Embryonic ability to prolong the interoestrous interval in virgin and repeat breeder heifers. *Anim Reprod Sci* 1991;26:193-210.
45. Macmillan KL, Taufa VK, Day AM. Effects of an agonist of gonadotrophin releasing hormone (buserelin) in cattle. III. Pregnancy rates after a post-insemination injection during metoestrus or dioestrus. *Anim Reprod Sci* 1986;11:1-10.
46. Mann GE, Lamming GE, Fray MD. Plasma oestradiol during early pregnancy in the cow and the effects of treatment with buserelin. *Anim Reprod Sci* 1995;37:121-131.
47. Mateos RA. Relación del tamaño folicular y los niveles plasmáticos de progesterona y estradiol en los días 12, 13 o 14 posinseminación con el porcentaje de concepción de vacas (tesis de maestría). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2000.
48. Mann GE, Lamming GE. Progesterone inhibition of the development of the luteolytic signal in cows. *J Reprod Fertil* 1995;104:1-5.
49. Rodríguez TG, Morales RS, Parra CA, Hernández CJ. Efecto de la administración de gonadotropina coriónica humana (hCG) en el día 12 o 13 postinseminación sobre el porcentaje de concepción de vacas Holstein de tres o más servicios. *Memorias del XXI Congreso Nacional de Buiatría; 1997 julio 9-12; Colima (Col) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C., 1997:331-333.*
50. Peters AR, Martinez TA, Cook AJC. A meta-analysis of studies of the effect of GnH11-14 days after insemination on pregnancy rates in cattle. *Theriogenology* 2000;54:1317-1326.
51. 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.
52. Gallo GF, Block E. Effects of recombinant bovine somatotropin on nutritional status and liver function of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1990;73:3276-3286.
53. Lucy MC, Curran TL, Collier RJ, Cole WJ. Extended function of the *corpus luteum* and earlier development of the second follicular wave in heifers treated with bovine somatotropin. *Theriogenology* 1994;41:561-572.
54. Bilby CR, Bader JF, Salfen BE, Youngquist RS, Murphy CN, Garverick HA, *et al.* Plasma GH, IGF-I and conception rate in cattle treated with low doses of recombinant bovine GH. *Theriogenology* 1999;51:1285-1296.
55. Watson AJ, Hogan A, Hahnel A, Weimer KE, Schultz GA. Expression of growth factor ligand and receptor genes in the preimplantation bovine embryo. *Mol Reprod Dev* 1992;31:87-95.
56. Wathes CD, Reynolds TS, Robinson RS, Stevenson KR. Role of the insulin-like growth factor system in uterine function and placental development in ruminants. *J Dairy Sci* 1998;81:1778-1789.
57. Schemm SR, Deaver DR, Griel LC, Muller LD. Effects of recombinant bovine somatotropin on luteinizing hormone and ovarian function in lactating dairy cows. *Biol Reprod* 1990;42:815-821.
58. Hernandez-Ceron J, Mendoza MG, Morales S, Gutierrez CG. A single dose of recombinant bovine somatotrophin improves fertility in dairy cattle. *J Reprod Fertil* 2000;25(Abstr):54.
59. Geisert RD, Lee CY, Simmen FA, Zavy MT, Fliss AE, Bazer FW, Simmen RCM. Expression of messenger RNAs encoding insulin-like growth factor-I, -II and insulin-like growth factor binding proteins-2 in bovine endometrium during the estrous cycle and early pregnancy. *Biol Reprod* 1991;45:975-983.
60. Simmen RCM, Ko Y, Simmen FA. Insulin-like growth factors and blastocyst development. *Theriogenology* 1993;39:163-175.
61. Wathes DC, Robinson RS, Mann GE, Lamming GE. The establishment of early pregnancy in cows. *Reprod Dom Anim* 1998;33:279-284.
62. Matsui M, Takahashi Y, Hishinuma M, Kanagawa H. Stimulation of the development of bovine embryos by insulin and insulin-like growth factor-I (IGF-I) is mediated through the IGF-I receptor. *Theriogenology* 1997;48:605-616.
63. Palma GA, Muller M, Brem G. Effect of insulin-like growth factor I (IGF-I) at high concentrations on blastocyst

development of bovine embryos produced *in vitro*. *J Reprod Fertil* 1997;110:347-353.

64. Morales RS, Ávila GJ, Hernández CJ, Zarco L. Efecto de la administración de rbST el día del estro sobre los niveles de progesterona sérica y el número de óvulos y embriones transferibles en vacas Holstein superovuladas. Memorias del XXII Congreso Nacional de Buiatría; 1998 julio 20-25; Acapulco (Gro). México (DF): Asociación

Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C., 1998:356-358.

65. Rodríguez TG. Efecto de la administración de somatotropina bovina recombinante (rbST) los días 3 y 17 posinseminación sobre la fertilidad y la función del cuerpo lúteo en vacas Holstein de primer servicio y repetidoras (tesis de maestría). México (D.F.) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1999.