



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**

**Efecto de las condiciones climáticas, frecuencia de ordeña,  
gestación de gemelos y número de lactancias sobre la pérdida  
fetal de vacas Holstein**

**POR**

**MARCOS JUAN LUNA REYES**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el grado**

**De:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre 2015**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**

**Efecto de las condiciones climáticas, frecuencia de ordeña, gestación de gemelos y número de lactancias sobre la pérdida fetal de vacas Holstein.**

**POR**

**MARCOS JUAN LUNA REYES**

**TESIS**

Somete a Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito

Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**APROBADA**



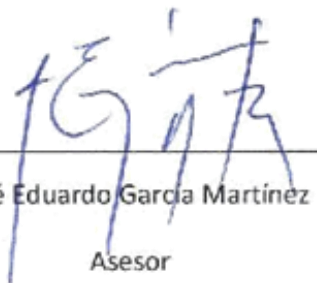
Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque

Presidente del Jurado



Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

Asesor



Dr. José Eduardo García Martínez

Asesor



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista Saltillo Coahuila, México.



## DEDICATORIAS

### **A mis padres:**

Sr. Antonio Aparicio Luna y la Sra. María Teresa Reyes por darme el privilegio de traerme a la vida y darme la oportunidad de crecer y desarrollarme dentro de la sociedad, y al otorgarme siempre su apoyo.

### **A mis hermanas (o):**

Nicolasa, Guadalupe, Antonio, Salvadora, Ana, Teresa, Vicenta, Celia. Siempre están ahí brindando su confianza.

En especial a Guadalupe Luna Reyes por darme siempre su apoyo incondicional, gracias por confiar siempre en mí, hasta ahora ha logrado mi sueño.

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios:** Por darme siempre constancia, método, trabajo, sabiduría, salud e inteligencia para poder llevar adelante la carrera y mi vida personal.

**A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.** Por darme la oportunidad de llevar a cabo un sueño como mi carrera y brindarme apoyo para concluirlo.

**Al Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque.** Por confiar en mí y así mismo agradecer su aceptación en la oportunidad de trabajar en esta tesis dándome siempre su apoyo y la disposición en los momentos de consulta.

**Al Dr. Eduardo García Martínez** por su asesoría con los temas que se requería, al mismo tiempo de su conocimiento por brindarme.

**Al Dr. Jesús Mellado Bosque** por formar parte de este trabajo de tesis y apoyo a su conocimiento.

**Al Dr. Ricardo Vásquez Aldape:** gracias por sus conocimientos en campo y forma, me dio la oportunidad de trabajar con él y por la confianza que me brindo en todo tiempo y forma.

**Al Dr. Eloy Alejandro Cavazos** Por su apoyo y confiar en mí en relación a los trabajos de prácticas etc.

**Compañeros:** Agradecido por el buen amigo compañero de mucho trabajo y ambiente Salvador Cruz E, Esteban G, charles y al mismo tiempo EIIPP, Además T. Pantaleón, Julieta Arias E. Nepomuceno, Novelin, tsujmejy G.N, Magdalena, Jaime R, Emmanuel (chente), A. Mauricio Jacinto, y Luna, Rigo.

**A los ranchos productores de leche Torreón, Coahuila.** Y las ciudades vecinas de Gómez Palacio, Ciudad Lerdo, se conoce como la Comarca Lagunera.

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISION DE LITERATURA	4
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Manejo de las vacas	17
Análisis estadísticos	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
CONCLUSIÓN	23
LITERATURA CITADA	24

## INTRODUCCIÓN

En la región norte de México, en una zona que abarca Torreón, Coahuila y las ciudades vecinas de Gómez Palacio, Ciudad Lerdo, se conoce como la Comarca Lagunera. En esta zona se ubica la cuenca lechera más importante de América Latina. La producción de leche en las explotaciones de esta zona se lleva a cabo en forma intensiva, con ganado Holstein. Una característica de las explotaciones de esta zona es su baja eficiencia reproductiva, derivada del estrés calórico a que están sujetas las vacas la mayor parte del año (Mellado et al., 2012). Las tasas de concepción en vacas de esta zona se han ya caracterizado, pero no se conoce el impacto del estrés calórico sobre las pérdidas fetales. Éstas constituyen una fuerte pérdida reproductiva en ganado lechero (Baranski et al., 2012; De Rensis et al., 2015) y también una causa importante de pérdidas económicas para el productor de leche (Gädicke et al., 2010). Las pérdidas económicas están asociadas con la pérdida de producción de leche (Gädicke et al., 2010), la baja eficiencia reproductiva (Lopez-Gatiuz, 2012), la reducción de becerras de reemplazo (Hosseini-Zadeh et al., 2008), una mayor tasa de eliminación de las vacas (Thurmond et al., 2005) y una mayor gasto en comida y animales de reemplazo (Bell et al., 2010).

Los estudios sobre las pérdidas fetales en ganado lechero se han llevado a cabo fundamentalmente en zonas templadas y en la etapa temprana de la gestación. Por lo tanto, se consideró pertinente caracterizar las pérdidas fetales durante toda la gestación en ganado lechero en una zona de intenso calor.

## RESUMEN

En este estudio se realizó la evaluación del efecto que tiene el clima durante la gestación, y durante la fertilización o preñez, sobre la ocurrencia de abortos en vacas Holstein (múltiparas o primíparas). Las vacas que experimentan estrés por calor en la concepción fueron 1.5 veces más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas sin estrés por calor en la concepción. Del mismo modo, las vacas sometidas a estrés calórico a los 50 días después de la concepción fueron 1.9 veces más propensas a experimentar una pérdida fetal que las vacas sin estrés por calor durante el período fetal temprano. Vacas de más edad presentaron menor riesgo de pérdida fetal que las vacas primíparas, mientras que las vacas que gestaban mellizos tuvieron el doble de probabilidades de perder sus fetos que las vacas que gestaban fetos individuales. La relación de probabilidades de pérdida fetal fue 1.2 veces mayor para vacas con tres ordeñas en comparación con las vacas con dos ordeñas por día. Las vacas que parieron en la primavera y el invierno fueron de 2 a 3 veces más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas que parían en verano o en otoño.

**Palabra clave.** Aborto, estrés calórico, Feto, Concepción, Gestación.

Correo electrónico; Marcos Juan Luna Reyes, [odisean\\_mision@hotmail.com](mailto:odisean_mision@hotmail.com)

## **Objetivos**

Los objetivos del presente estudio son:

Determinar el efecto del estrés climático al inicio de la gestación sobre la ocurrencia de abortos en vacas Holstein de un alto potencial genético para la producción de leche.

Determinar el efecto de la frecuencia de ordeña, número de crías gestantes, número de lactancia y estación de parto sobre la ocurrencia de abortos de vacas Holstein en una zona de intenso calor la mayor parte del año.

## **Hipótesis**

- Las vacas que experimentan estrés por calor en la concepción, son más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas sin estrés por calor en la concepción.
- Las vacas que paren en la primavera y el invierno son más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas que parían en verano o en otoño.



## REVISIÓN DE LITERATURA

Carpenter et al. (2006) sometieron a evaluación en un periodo de 38 meses a 507 grandes hatos lecheros daneses. Su estudio reveló 3,354 abortos tardíos y se registraron 224,419 partos. Los fetos abortados fueron analizados en un centro de diagnóstico en Dinamarca. Se encontraron una gran cantidad de microorganismos patógenos en los fetos analizados, pero la presencia de éstos no se asoció estadísticamente con la ocurrencia de abortos. El número de abortos en un mes en una lechería fue significativamente asociado con el número de vacas en el tercer trimestre de preñez, pero sólo explicó el 11% de la variabilidad de los abortos reportados. Un total de 23 hatos (4.5%) reportó 531 abortos (15.8%). No se detectó ningún indicio de la asociación del virus de la diarrea viral bovina con la ocurrencia de abortos

Forar et al. (1995) observaron que la frecuencia de pérdida fetal endémica fue de 0.4 a 10.6%, una diferencia de 26 veces, en 26 estudios en los Estados Unidos con vacas lecheras en más de 5 décadas. Fuentes de variación para estas cifras incluyen raza, región geográfica, población de estudio, definición de caso y las diferencias de procedimiento en la estimación de los abortos. La definición de pérdida fetal fue inconsistente entre los estudios y fue a menudo no claramente descrita. De los estudios citados sólo en doce, los abortos fueron observados visualmente. Las definiciones de la medida de frecuencia resultante y los métodos de cálculo variaron ampliamente entre los estudios. Frecuencias de pérdidas fetales han sido reportadas como razones, proporciones, las tasas de incidencia y las tasas de incidencia acumulada. Los denominadores utilizados en los cálculos de frecuencia han incluido el número de vacas preñadas, el número de vacas en el hato de cría, el número de vacas que parieron antes o después del período de riesgo y el número de terneros nacidos. Estas diferencias de procedimiento hacen comparaciones entre los estudios y una estimación global de una frecuencia esperada de la pérdida fetal endémica en el ganado difíciles en el mejor de lácteos. Diferencias de procedimiento y definición a un lado, la frecuencia media de pérdida fetal a partir de estudios que enumeran abortos sólo observados fue de 1,95% y de los estudios que incluyeron dos abortos observados y no observados 6,5%. Sobre la base de esta diferencia, aproximadamente sólo el 30% de las pérdidas fetales endémicas se observó visualmente.

Chebel et al. (2010) evaluaron los factores asociados con la tasa de concepción (PC) y la pérdida de preñez (PL) en vacas Holstein de alta producción. En el Estudio 1, CR (Tasa de concepción), se evaluó considerando 7633 inseminaciones artificiales (IA) de 3161 vacas lecheras en dos granjas lecheras. El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal  $39 \pm 3$  días después de la IA. La temperatura ambiental fue registrada en diferentes intervalos de antes y después de la IA. En el Estudio 2, 1465 gestaciones de 1393 vacas diagnosticadas a los  $31 \pm 3$  días después de la IA por ecografía en tres establos fueron examinados 14 días más tarde para determinar las pérdidas fetales. Temperatura  $\geq 29^{\circ}\text{C}$  fue considerada como estrés por calor (HS). La exposición al HS se definió de la siguiente manera: NH, sin estrés por calor; HS1, la exposición al menos 1 día de temperatura máxima  $\geq 29^{\circ}\text{C}$  y el promedio de temperatura máxima diaria (ADMT)  $< 29^{\circ}\text{C}$ ; y HS2, la exposición a ADMT  $\geq 29^{\circ}\text{C}$ . En el estudio 1, la exposición de vacas a HS1 y HS2 50-20 días antes de la IA se asoció con una reducción de CR en comparación con las vacas que no estuvieron expuestas a HS (28.8, 23.0 y 31.3 %, respectivamente). HS post-IA no se asoció con CR. Las vacas inseminadas después de la detección del estro o IA programada tuvieron una CR similar. Como el número de IA aumentó, CR disminuyó. Las vacas multíparas tuvieron un CR menor que las vacas de primer parto, y la ocurrencia de la fiebre de leche y retención de placenta se asoció con una disminución de CR. En el Estudio 2, las pérdidas fetales no se asociaron con la exposición a HS, ya sea antes o después de la IA. Las vacas con diagnóstico de mastitis clínicas experimentaron un aumento de abortos, pero el número de partos, número de IA, protocolo de IA, producción de leche, y días después del parto en la IA no se asociaron con la ocurrencia de abortos. Estos investigadores concluyeron que el CR se vio afectado por HS antes de la IA, número de partos, número de IA, y las enfermedades postparto, mientras que las pérdidas fetales se vieron afectadas por la mastitis clínica.

En un estudio de López Gatus et al. (2002) se estudiaron los factores como la sincronización de celos, presencia de cuerpo lúteo y el número de embriones al momento del diagnóstico de gestación, cambios en la condición corporal, producción de leche, enfermedades clínicas como mastitis o cojera, además del toro sobre la pérdida de preñez durante 38-90 días de gestación. Registraron datos de 601 vacas lecheras gestantes de un solo hato. El diagnóstico de gestación fue por ecografía entre el día 38 y 44 después de la inseminación. Se registraron también el cuerpo lúteo y el número de embriones en este momento. La pérdida de preñez se definió como un diagnóstico de gestante negativa en la segunda palpación rectal llevada a cabo entre 90 y 96 días después de la inseminación. Las vacas que tenían un

cuerpo lúteo adicional fueron ocho veces menos propensas a sufrir un aborto. El riesgo de pérdida de la gestación fue 3.1 veces mayor en las vacas que gestaban gemelos. Un toro en particular usado en la inseminación aumentó 3.4 veces la tasa de pérdida de la preñez. Estos investigadores no encontraron efectos significativos de la anterior sincronización de celos, la producción de leche, la enfermedad clínica, la condición corporal al parto anterior o al diagnóstico de gestación, o el cambio de condición corporal entre parto anterior y diagnóstico de gestación sobre la ocurrencia de abortos. Estos investigadores concluyeron que existe una relación positiva entre la presencia de un cuerpo lúteo adicional y el mantenimiento de la gestación. Los factores de riesgo para la pérdida fetal fueron la gestación gemelar, la reducción de la condición corporal después del parto anterior y el toro utilizado en la inseminación artificial.

En el trabajo de Santolaria et al. (1999) se determinó las posibles relaciones entre las condiciones climáticas del establo, registradas desde el día 0 hasta el día 40 después de la inseminación artificial (IA), sobre la sobrevivencia del embrión o pérdida fetal temprana en vacas lecheras de alta producción. La gestación fue diagnosticada por ecografía rectal entre 28 y 34 días después de la IA. La pérdida del feto se registró con otro diagnóstico a los 86 días resultó negativo. Las variables climáticas tales como la temperatura del aire y la humedad relativa (RH) se monitorearon en el área de estudio. Índices de temperatura-humedad (THI); valores estresantes acumulativos y los episodios de cambio agudo (definido como el valor medio diario de 1.2 veces superiores o inferiores a los valores diarios medios de los 10 días anteriores) se calcularon. Los datos se obtuvieron a partir de 759 vacas en un hato comercial. De un total de 692 vacas gestante (91.2%) gestaban un feto y 67 (8,8%) gestaban gemelos. La presencia de gemelos condujo a un aumento de 3.98 veces en la pérdida de la preñez. Los resultados de estos investigadores indican que el estrés acumulado y los episodios de variación aguda de las condiciones climáticas comprometen el desarrollo fetal durante la estación fría y caliente. Además, quedó claro que las gestaciones gemelares son un factor importante para la pérdida de fetos.

Thurmond. et al. (2005) indica que la estimación de la predicción de abortos en vaca lecheras contribuiría a incrementar la eficiencia reproductiva del ganado lechero. Estos autores indican que se sabe poco sobre la previsibilidad de aborto por razones de edad, aborto previo o número de gestaciones previas. Estos autores examinaron prospectivamente gestaciones secuenciales para determinar las relaciones entre la supervivencia del feto y los factores de riesgo para las pérdidas fetales

considerando 2991 abortos de 24706 vacas gestantes en nueve hatos lecheros de California. Los riesgos relativos y predicciones de probabilidades de aborto (PPA) se estimaron mediante un modelo jerárquico bayesiano logístico-supervivencia generalizada para incorporar los datos longitudinales de gestaciones múltiples de una sola vaca. El PPA se incrementó con el aumento de edad de la madre a la concepción, al aumentar el número de abortos previos, y si en la gestación anterior el feto fue abortado >60 días de gestación. El PPA se redujo al aumentar el número de días de gestación y al aumentar el número de días abiertos. Para las vacas que abortaron, el tiempo medio hasta la muerte fetal disminuyó ligeramente a medida que aumenta el número de gestaciones. El estudio consideró varios aspectos metodológicos que se enfrentan en las investigaciones epidemiológicas de la salud del feto, incluyendo funciones de riesgo multimodales, censura y falta de independencia de las gestaciones múltiples. El modelo mejoró la capacidad para predecir el aborto en vacas lecheras y caracterizar la supervivencia del feto, que tiene importantes aplicaciones para el manejo sanitario de hatos lecheros.

Moore et al. (2005) evaluaron los factores de riesgo potenciales para la pérdida embrionaria potencial entre los días 35 y 41 de gestación. Se determinó la condición corporal al momento de la inseminación artificial (día cero), en los días 20, 23, 27 y entre los días 35 y 41 de la gestación. La concentración de progesterona en la sangre se midió en los días 0; 20 o 21; y 23, 24, o 25. Las vacas fueron excluidas del análisis si la concentración de progesterona en suero sanguíneo fue de  $\geq 1,0$  ng / mL el día 0 y clasificada como preñada el día 23. También se excluyeron las vacas con progesterona en suero sanguíneo  $> 1,5$  ng / ml el día 20 o 21 y 23 días, 24 o 25. Las vacas fueron examinadas mediante ecografía transrectal en el día 27 o 28 y palpación rectal para el diagnóstico de preñes los días 35 a 41. Los resultados mostraron que 39% de las vacas que estaban preñadas en el día 23 perdieron su embrión al día 27 de preñez, y el 18% de las vacas que estaban gestante en el día 27 o 28 no estaban gestante en los días 35 a 41. La inseminación de vacas que estaban preñada, presentaron el mayor riesgo de pérdida embrionaria en ambos períodos de tiempo. La media de las concentraciones séricas de progesterona en el día 21 o 22 y el día 23, 24, o 25 fueron los más bajos para las vacas que perdieron un embrión entre los días 24 y 28 de gestación. Las vacas con un puntaje de células somáticas lineal  $>4.5$  antes de la AI fueron dos veces más propensas a perder el embrión a los 35-41 días, en comparación con las vacas con una puntuación  $<4.5$ . Estos investigadores concluyeron que la pérdida embrionaria podría reducirse con una detección más precisa del estro, la reducción de la mastitis, y las

estrategias para mejorar la concentración de progesterona después de la inseminación.

Campero et al. (2000) realizaron necropsias en 354 fetos de ganado productor de leche y carne. Examinaron muestras de los fetos buscando organismos patógenos y se procesaron para examen microscópico. Un diagnóstico etiológico fue hecho para 161 (45.5%) de los fetos. No fue posible establecer un diagnóstico en 193 (54.5%) fetos. Los agentes infecciosos se aislaron de 122 (34,4%) de los fetos, los agentes bacterianos estar involucrado en 80 (22,6%) de estos. Los agentes bacterianos más comunes aisladas de los fetos eran *Brucella abortus* en 28 fetos, *Campylobacter fetus* en 26 casos y *Escherichia coli* en 9 casos. Herpesvirus bovino y el virus de la diarrea viral bovina fueron encontrados en 9 y 6 casos, respectivamente. *Neospora caninum* se detectó mediante una técnica inmunohistoquímica en 26 casos (7.3%). Las anomalías congénitas, distocia y momificaciones se encontraron en 8, 19 y 11 casos, respectivamente.

Yaniz et al. (2010) evaluaron los factores que afectan la tasa de aborto en vacas lecheras con alta incidencia de abortos asociados a *Neospora*, y si había diferencia entre vacas y novillas gestantes crónicamente infectadas con *Neospora caninum*. En vaquillas (n = 229), un aumento en el número acumulado de días con una humedad media relativa (RH) inferior al 60% durante el segundo trimestre de gestación, aumentó el riesgo de aborto. Sin embargo, la probabilidad de aborto fue 7.6 veces inferior para las novillas gestantes inseminadas con semen de toros Limousin, en comparación con las inseminadas con semen de toros Holstein-Friesian. En las vacas multíparas (n = 521), un aumento de las precipitaciones y en el número acumulado de días con un promedio de humedad relativa inferior al 60% durante el segundo trimestre de gestación, aumentó la tasa de abortos. Estos autores encontraron que el aumento en el número de lactancia produjo una disminución en la tasa de aborto, con un riesgo de aborto 4.8 veces menor para las vacas gestantes inseminadas con semen de toros Limousin. Reportan, además, que la probabilidad de aborto fue 3.2 veces menor para vacas gestantes multíparas con bajos títulos de anticuerpos contra *N. caninum* (6.30 unidades) en comparación con aquellas con títulos de anticuerpos elevados ( $\geq 30$  unidades), mientras que en las vaquillas esta variable no tuvo efecto. Estos autores recomiendan el control del medio ambiente de la vaca durante el segundo trimestre de la gestación, teniendo como prioridad el descartar vacas multíparas con altos títulos de anticuerpos contra *N. caninum* y la inseminación de vacas seropositivos a *N. caninum* con semen de la raza Limousin.

Garcia Ispuerto et al. (2006) determinaron si los valores de índice de temperatura-humedad, como una medida de confort térmico, de los días 1 al 40 de gestación podrían asociarse con la tasa de pérdida de preñez en vacas lecheras de alta producción. Se registraron datos de 1391 vacas preñadas. Se diagnosticaron por ecografía transrectal entre los días 34 y 45, y de nuevo 90 días después de la inseminación. La pérdida embrionaria o fetal se asumió cuando la segunda prueba de diagnóstico de preñez en el día 90 fue negativa. Se registró una pérdida de preñez en el 7.8% (108/1391) de las vacas. Se establecieron los valores máximos de temperatura y humedad de índice para cada vaca los días 0 (día de la inseminación), 1, 2 y 3 después de la inseminación, y los promedios establecidos para días 0-3, 0-10, 11-20, 21-30 y 31-40 después de la inseminación. Variables de manejo encontradas previamente que se correlacionaban significativamente con la pérdida fetal temprana en la misma zona geográfica también se registraron. Se observó una fuerte asociación de la pérdida del feto con los factores climáticos (período cálido de mayo a septiembre comparado con el periodo frío de octubre a abril), con las preñes gemelar (como factores negativos: índice de riesgo 3,1 y 3,4, respectivamente). Se confirmó que un cuerpo amarillo adicional corpus (índice de riesgo 0.32) favoreció la sobrevivencia de los fetos. La probabilidad de pérdida del feto aumentó por un factor de 1.05 por cada unidad adicional de la media del índice máximo de temperatura-humedad de 21 a 30 días de gestación. El análisis reveló efectos significativos de los valores del índice de temperatura-humedad para los períodos de gestación restantes. Estos investigadores concluyeron que el estrés por calor puede poner en peligro el éxito de la gestación durante el período peri-implantación, de manera que los valores de índice de alta temperatura-humedad para el período de 21 a 30 días de gestación son un factor de riesgo para la posterior pérdida fetal temprana.

Silke, et al. (2002) indican que la producción de leche, junto con el aumento de la ingesta de materia seca ha dado lugar a mejoras significativas en la producción, sin embargo, este aumento de la producción de leche ha ido acompañado de una disminución de la fertilidad de las vacas productoras de leche. Indican, además, que existe un mayor incremento de la pérdida tardía de embrionaria en vacas de alto rendimiento que en vacas de rendimiento moderado o en novillas. En un estudio de estos autores se estableció el grado y el patrón de pérdida embrionarias, entre los días 28 a 84 de gestación, para examinar las posibles relaciones entre la producción de leche de las vacas, el mérito genético de la vaca, el número de partos, el intervalo entre el parto y

preñez y la pérdida de embriones en vacas lecheras mantenidas en sistemas de producción de leche a base de pastos. Vacas lecheras multíparas (n = 1046) ubicados en 8 granjas y vaquillas lecheras nulíparas (n = 162) en cinco de estas granjas fueron utilizados en este estudio. El momento de la pérdida embrionaria se midió mediante ecografía de las vacas y novillas a intervalos de 14 días entre los días 28 y 84 de gestación. El diagnóstico positivo de preñes se basó en la presencia de un embrión o feto con un latido del corazón visible, y en las exploraciones posteriores, movimiento visible, cuyo tamaño era compatible con la etapa de gestación y también de la presencia de líquido amniótico claro de las vacas y novillas. Al día 28 después de la inseminación, 67 y 81% de las vacas diagnosticadas como gestantes, respectivamente, tenían un embrión viable. La tasa de pérdida embrionaria subsiguiente entre los días 28 y 84 de gestación fue similar para las vacas (7.2%) y vaquillas (6.1%) y el patrón de pérdida durante este período también fue similar para las vacas y novillas. No encontraron asociación significativa entre el nivel de producción de leche a 120 días de lactancia y la tasa de pérdida embrionaria. Del mismo modo, no hubo una relación significativa entre el porcentaje de grasa, proteína y lactosa de leche y la tasa de pérdidas embrionarias. La magnitud y el patrón de pérdidas embrionarias no estuvieron relacionados al mérito genético de las vacas. No hubo relación significativa entre el intervalo entre el parto y el primer servicio y la pérdida embrionaria. El grado de pérdida embrionaria fue mayor en las vacas que perdieron condición corporal entre los días 28 y 56 de gestación en comparación con las vacas que mantuvieron una mejor condición corporal.

López-Gatiuz et al (2004) evaluaron la incidencia de pérdida fetal temprana, y si existían posibles diferencias entre las vacas con gestaciones de uno o dos fetos. La pérdida de preñez se registró en 139 (9.6%) las vacas antes del día 90 de la gestación: 101 (7.7%) en vacas con un feto y 38 (28.8%) con dos fetos. El tiempo promedio de pérdida de los fetos fue de  $58.4 \pm 12.6$  días con un rango de 45 a 90 días. El 75% de las pérdidas de preñez, se registraron entre 45 y 60 días de gestación. El tiempo promedio de pérdida de fetos en vacas gestantes únicamente fue  $52.1 \pm 4.1$  días, y osciló entre 45 y 61 días, y para los que tenían gemelos fue de  $75.1 \pm 12.4$  días, con un rango de 46 hasta 90 días. El 65% de las pérdidas de gestaciones gemelares se registraron entre

68 y 90 días de gestación. Estos investigadores concluyeron que la pérdida fetal en vacas gestando una sola cría se produce antes que en los gemelos.

Jousan. et al. (2005) evaluaron la asociaciones de la lactancia, puntuación del recuento de células somáticas (CCSC) al momento de la inseminación, producción de leche, número de lactancia, intervalo parto servicio (días abiertos), el número de veces que se inseminaron las vacas, y la temporada de inseminación en la pérdida fetal para hembras lactantes Holstein (tanto vacas primíparas como múltíparas) y vaquillas Holstein no lactantes en un clima cálido. Las hembras se palpaban entre los días 40 y 50 de la gestación y de nuevo a los días 70 a 80, para determinar el las vacas gestantes. La pérdida fetal precoz se definió como una pérdida que se produjo después de los días 40 a 50, pero antes de los días 70 a 80.

Las pérdidas fetales a la mitad y final de la preñez representaron pérdidas fetales después de 70 a 80 días de gestación, pero antes del parto esperado. Las vacas lactantes tuvieron una mayor pérdida fetal temprana y a la mitad y fines de la festación que las vaquillas no lactantes. Aquellas hembras lactantes con un aumento de días abiertos experimentaron una mayor pérdida fetal temprana y a mediados y final de la gestación, mientras que las hembras lactantes con un CCSC elevada mostraron mayores pérdidas fetales a mediados y final de la gestación en comparación con vacas con bajos conteos de células somáticas en la leche. La producción de leche, número de lactancia, el número de veces inseminadas, la temporada de inseminación no se asoció con pérdidas fetales tempranas o a la mitad y final de la gestación. Para novillas no lactantes, no hubo asociación entre el número de veces inseminadas, y pérdida fetal al final de la preñez. También, días abiertos y SCCS estuvieron relacionados con la capacidad de las hembras lactantes para mantener la gestación, pero no se encontró ninguna relación entre la pérdida fetal y la producción de leche, número de lactancia, el número de veces inseminadas o temporada de inseminación.

Silva-del-Rio et al. (2009) evaluaron factores que afectan la pérdida de la gestación de vacas Holstein en una granja lechera comercial cuando diagnosticaron vacas con gemelos (n = 98) o fetos individuales (n = 518) utilizando ultrasonografía transrectal. Las pérdidas de fetos fueron evaluados con los registros de los embriones no viables y las pérdidas de preñez con un examen de preñez al primer (25-40 d después de la IA) y segundo (48 y 82 d después de la IA) examen de gestación. Entre vacas diagnosticadas preñadas con un feto, 3.7% fueron diagnosticados con un embrión no viable en el examen de preñez, y el 4.6% de las vacas experimentó pérdida embrionaria



en el segundo examen de gestación. Un total de 11.2% de las vacas diagnosticadas con gemelos experimentó la muerte de un embrión, mientras que el 13.3% perdió los dos embriones. La proporción total de vacas que experimentaron pérdida de preñez, o que experimentan reducción embrionaria fue mayor para vacas con diagnóstico de doble preñez (índice de riesgo, OR = 3.6), lo que resultó en una tasa de supervivencia de los embriones de 91.9% para las vacas con diagnóstico de un solo embrión, en comparación con 75.5% para las vacas diagnosticadas con preñez gemelar. Estos autores mencionan que el riesgo de una doble ovulación entre vacas preñadas aumenta con los días en leche (DIM), y el riesgo de doble ovulación fue mayor para vacas con diagnóstico de quistes ováricos y que carecen de un CL al inicio de un protocolo de Ovsynch.

En un estudio de Risco et al. (1999) se evaluó la asociación entre la mastitis clínica y el aborto durante la gestación temprana en vacas lecheras lactantes. Hubo 2087 vacas diagnosticadas preñadas, 60 casos de mastitis clínica, y 127 casos de aborto. Este estudio encontró que las vacas que tenían mastitis clínica durante los primeros 45 días de gestación fueron 2.7 veces más propensas al aborto (intervalo de confianza del 95% = 1.3 a 5.6) a los 90 días de gestación en comparación con las vacas sin mastitis. Las vacas con un intervalo del parto a la concepción de >174 d presentaron un riesgo más bajo (43%) de aborto en comparación con las vacas con un intervalo del parto a la concepción de <79 días (índice de riesgo= 0.6; intervalo de confianza del 95% = 0.3 a 0.9). Las vacas detectada por signos secundarios de celo también fueron más propensas a un mayor riesgo de aborto (índice de riesgo = 1.7; intervalo de confianza del 95% = 0.101 a 0.208). No se encontró asociación significativa entre el número de partos, la época de la concepción, o la producción de leche o el uso de la prostaglandina F2 para inducir el estro.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción General del Área de Estudio**

Este estudio se realizó en la Comarca Lagunera en 29 establos intensivos comerciales con un rango de 1500 a 5,000 vacas Holstein en ordeña. El sitio de estudio está ubicado en los municipios de San Pedro, Gómez Palacios y Torreón, Coahuila. Las explotaciones se localizan en la Latitud 26° Norte a una altitud de 1140 msnm. En la zona de estudio se presenta un clima semidesértico, con un promedio de precipitación pluvial anual de 230 mm, y una temperatura anual promedio de 23.8°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 máximos de 5 km/h y la evaporación es de 2500 mm anual.

### **Manejo de las Vacas**

Este estudio comprende los años 2010 a 2012. Las vacas de todos los establos eran vacas Holstein (entre nulíparas y multíparas) de un alto potencial lechero (>9,000 kg en 305 días). Las vacas se manejan en forma intensiva, ofreciéndoles heno de alfalfa o ensilaje de maíz 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 incluidas en el presente estudio fueron vacas gestantes, sin importar el número de servicios que requirieron para su fecundación (algunas con más de 10 servicios). Las vacas se ordeñaban 2 o 3 veces al día, llevándose éste proceso, donde se ordeñaba tres veces por día, a las 8:00, 16:00 horas y la tercera a las 24:00 horas. Los establos contaban con amplios techos en todos los corrales, de tal forma que a todas las vacas disponían de sombra durante todo el día.

Todas las vacas eran vacunadas contra enfermedades que afectan las funciones reproductivas, tales como la diarrea viral bovina, rinotraqueítis infecciosa bovina, virus sincitial respiratorio bovino, parainfluenza y leptospirosis (5 variedades; CattleMaster Gold FP5®, Zoetis, Mexico D.F., Mexico). Estas vacunas se aplicaban previo a la inseminación en vacas

jóvenes y se repetía anualmente. Las vacas eran vacunadas contra leptospirosis dos veces por año (LEPTAVOID-H®; Merck Sharp & Dohme Corp., México, D.F.). Las beceras eran vacunadas contra brucelosis (cepas RB51 o 19).

Anualmente todas las vacas eran sometidas a una prueba de tuberculina. Personal del establo examina las vacas recién paridas semanalmente para identificar y tratar a las vacas con problemas reproductivos postparto como retención de placenta, metritis y piometra. Las vacas son elegibles para la inseminación una vez superado el período de espera voluntario de 50 días postparto. La detección de celo se inicia al final del período de espera voluntario, con la ayuda de un podómetro, y la IA se lleva a cabo con base a la detección visual del estro, siguiendo la regla estándar am/pm. Semen congelado-descongelado comercial de múltiples toros es usado en todos los meses del año.

El inseminador designado por la explotación realiza todas las IA, el uso de semen comercial congelado-descongelado de toros de fertilidad conocida y aceptable. La preñez es detectada por la exploración del útero por el recto alrededor de los 50 días post IA. Todos los exámenes de preñez son realizados por el mismo veterinario durante todo el período de estudio.

La detección de celos se realizaba a través del personal encargado de vigilar el hato y por el médico veterinario que se encarga de llevar a cabo la inseminación artificial y palpación de las vacas. Las observaciones se llevan a cabo 2 veces por día (6:00 AM y 6:00 PM). En la mayoría de los establos la detección del celo se llevaba a cabo con el método del “crayoneo” y en algunos establos se utilizaba la lectura de podómetros para identificar vacas en celo. Las vacas eran inseminadas artificialmente aproximadamente 12 h después de que éstas son detectadas en celo.

En vacas “repetidoras” y vacas sin muestras de celo después de 80-100 días de lactancia, el celo era inducido con el siguiente protocolo: una aplicación de CIDR (dispositivo vaginal de progesterona) por 7 días, más GnRH (0.02mg de acetato de buserelina) los días 0 y 7 del tratamiento más la aplicación de prostaglandinas (PFG2a) (25 mg de dinoprost), el día 7 del programa. Se aplicó, además, 1 mg de benzoato de estradiol el día de la inserción del CIDR. Sin importar la ocurrencia de celos, todas las vacas se inseminaron con semen congelado, 18 h después de la última aplicación de GnRH.

## **Datos Meteorológicos**

Durante la duración del estudio se registró la información del clima de esta zona, de una estación climatológica localizada entre 5 y 18 km de los establos lecheros. Se registraba la temperatura máxima, mínima y la temperatura media diaria. Se registraba también la precipitación pluvial y la humedad relativa. Con esta información se calculó el índice temperatura humedad (ITH) según la fórmula siguiente:

$$\text{THI} = (0.8 \times \text{temperature}) + ((\% \text{ RH}/100) \times (\text{temperature} - 14.4)) + 46.4$$

## **Análisis Estadístico**

El porcentaje de vacas que presentaron pérdidas fetales se evaluó con regresiones logísticas múltiples (PROC LOGISTIC de SAS; SAS Inst., Inc., Cary, NC), usando el procedimiento stepwise. Las variables con limitado impacto en la ocurrencia de aborto fueron removidas secuencialmente usando el criterio de  $P > 0.15$ . En el modelo se utilizaron como variables independientes el ITH al momento de la concepción, ITH a los 60 días de gestación, la frecuencia de ordeña (2 o 3 por día) la gestación de uno o dos fetos, el número de lactancias y la estación de parto.

## RESULTADOS

De las 62,403 vacas preñadas en los 29 hatos incluidas en el estudio, se registraron 48362 preñeces y 14041 (22.5%, rango 7.2 a 59.1%) pérdidas fetales. Una visión general de las variables independientes y su significancia en el análisis multivariado de los factores de riesgo para la ocurrencia de pérdidas fetales se presenta en el cuadro 1. Las vacas que experimentan estrés por calor en la concepción fueron 1.5 veces más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas sin estrés por calor en la concepción. Del mismo modo, las vacas sometidas a estrés calórico a los 50 días después de la concepción fueron 1.9 veces más propensas a experimentar una pérdida fetal que las vacas sin estrés por calor durante el período fetal temprano. Vacas de más edad presentaron menor riesgo de pérdida fetal que las vacas primíparas, mientras que las vacas que gestaban mellizos tuvieron el doble de probabilidades de perder sus fetos que las vacas que gestaban terneros individuales. Las probabilidades de pérdida fetal fue 1.2 veces mayor para vacas con tres ordeñas en comparación con las vacas con dos ordeñas por día. Las vacas que parieron en la primavera y el invierno fueron de 2 a 3 veces más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas que parían en verano o en otoño.

Cuadro 1. Resultados de regresión logística multivariable de los factores de riesgo para la ocurrencia de aborto en vacas Holstein en un ambiente caluroso.

Variables	numero	Vacas Aborto (%)	Índice de riesgo (OR)*	95% C.I. OR	P
ITH * fecundación					0.0001
>82	18120	27.4	1.5	1.4 - 1.5	
<82	44283	20.3	1.0		
ITH 60 días gestación					0.0001
>82	17109	29.1	1.9	1.8 – 1.9	
<82	45294	17.7	1.0		
Lactación					0.0001
≥ 2	47789	19.6	0.7	0.6 – 0.7	
1	14614	25.1	1.0		
Numero de cría					0.0001
2	751	33.6	2.2	1.9 – 2.6	
1	61652	20.7	1.0		
Ordeña por día					0.0001
3	36029	21.6	1.2	1.1 – 1.2	
2	26374	19.9	1.0		
Estación					0.0001
invierno	22449	30.1	2.0	1.9 – 2.1	
Toda las demás temporadas	39932	15.6	1.0		
Primavera	14796	34.6	3.0	2.8 – 3.1	0.0001
Toda las demás temporadas	47585	16.6	1.0		
Verano	11637	3.5	0.1	0.1 - 0.2	0.0001
Toda las demás temporadas	50744	24.8	1.0		
Otoño	13499	5.3	0.2	0.1 – 0.2	0.0001
Toda las demás temporadas	48882	25.2	1.0		

\*ITH=Índices de temperatura y humedad (Índices de riesgo 1.0).

## DISCUSIÓN

Las pérdidas fetales entre los 42 y 260 días de preñez para las vacas en el estudio fueron de 23 casos por cada cien vacas preñadas. Esta cifra es difícil de comparar con otros estudios, ya que los valores obtenidos para este trastorno reproductivo han sido inconsistentes en términos de diferentes períodos de gestación considerados en otros estudios y a los muy diferentes sistemas de producción (intensivos o basados en praderas). Los valores para este trastorno reproductivo en el presente estudio es aproximadamente el doble de los encontrados por otros investigadores en sistemas de producción de leche intensivos (Forar et al., 1996; Jousan et al., 2005). Estos resultados destacan la importancia de la pérdida del feto como una pérdida reproductiva grave en vacas lecheras de alto rendimiento en un ambiente caluroso.

Las vacas que experimentan altas temperaturas ambientales en la concepción y en los 60 días de preñez fueron más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas con temperaturas ambientales menos severas en la concepción y la gestación temprana. Que el estrés por calor per se provoque la pérdida del feto no es muy claro, ya que ningún experimento controlado para averiguar esta asociación se han llevado a cabo. Algunos análisis epidemiológicos indican una asociación entre el estrés térmico ambiental y el aumento de la pérdida de la preñez en la etapa fetal temprana (García-Ispierto et al., 2006; Santolaria et al., 2010). Del mismo modo, Pereira et al. (2014) observaron que las vacas con estrés calórico (en base a la temperatura rectal) tuvieron una mayor pérdida temprana de la preñez en comparación con las vacas sin estrés por calor. El presente estudio no permitió definir el mecanismo que resultó en una mayor pérdida de preñez en vacas que experimentaron estrés térmico en comparación con las vacas sin estrés térmico ambiente en el inicio de la gestación. Durante la preñez, el estrés por calor puede comprometer desarrollo de la placenta, lo que resulta en hipoxia fetal, desnutrición, y, finalmente, retraso del crecimiento fetal (Tao et al., 2012). Además, el estrés por calor durante la gestación disminuye el consumo de alimento (Adin et al., 2009), que puede llevar a un balance energético negativo, a una mayor movilización del tejido adiposo y el deterioro del desarrollo fetal (Wheelock et al., 2010). El estrés térmico también puede interferir con los niveles normales de hormonas reproductivas, que pueden conducir a una interrupción de la preñez (Ronchi et al., 2001; Tibbrook et al., 2000). Además, los cambios homeocinéticos para regular la temperatura corporal provoca una

redistribución de flujo sanguíneo desde el núcleo del cuerpo a la periferia, lo que reduce la perfusión del sistema vascular placentario (Hansen, 2009). La hipertermia materna también puede aumentar la incidencia de teratologías (Graham et al., 1998).

Las vacas primíparas fueron más propensas a tener pérdidas fetales que las vacas pluríparas, lo cual concuerda con la observación de otros investigadores (Yániz et al., 2010). Esta respuesta podría explicarse por el hecho de que las vacas primíparas suelen tener más problemas uterinos después del parto (Goshen y Shpigel, 2006), y presentan mayores concentraciones de ácidos grasos no esterificados en la sangre que las vacas multíparas alrededor del parto (Wathes et al., 2007), lo cual han sido relacionado con la reducción de la función inmunológica al parto y a enfermedades uterinas (Hammon et al., 2006). Por lo tanto, es posible que las vacas primíparas pueden ser más sensibles a señales metabólicas endocrinas y durante el período alrededor del parto y por alteraciones en la salud uterina, lo que las hace más propensas a pérdidas fetales.

Similar a los hallazgos de otros estudios (López-Gatius et al., 2002; Hossein-Zadeh et al., 2008, Silva-del-Rio et al., 2009) el resultado en términos de supervivencia de los fetos individuales parece ser mejor que la de las preñeces gemelares. Esto sugiere que los fetos en preñeces individuales tienen un potencial intrínseco para un mejor desarrollo exitoso que en las preñeces gemelares en las vacas lecheras. Dado que la incidencia de gemelos es una consecuencia de la selección para la producción de leche, parece que las mayores pérdidas fetales en las vacas que gestan gemelos están mediadas por estrés metabólico asociado con una mayor producción de leche (Weber et al., 2013). En las vacas de alto mérito genético hay un aumento de la movilización de tejido corporal y un aumento de la tasa metabólica (Veerkamp et al., 1998), que se refleja por un período de marcado balance negativo de energía, y esta movilización de las reservas de energía del cuerpo es un factor clave de la susceptibilidad de enfermedades en el ganado lechero (Ingvarsen et al., 2003). Por otra parte, las anastomosis entre las placentas se produce en la mayoría de los preñeces gemelares en ganado, y la muerte de un feto dentro de una unidad de la placenta anastomosado en bovinos, resulta en la muerte de todos los fetos restantes en esa unidad (Echternkamp, 1992).

En el presente estudio las pérdidas fetales se agravaron con el incremento de ordeñas de dos a tres por día. Varios estudios han encontrado que la eficiencia reproductiva disminuye ordeñando las vacas tres veces al día (Smith



et al., 2002; García-Ispierto et al., 2007). El aumento de las pérdidas fetales con el aumento de la frecuencia de ordeño podría estar asociada con un aumento de la producción de leche, lo que implica mayor movilización de los tejidos corporales y diversas adaptaciones metabólicas y endocrinas (Weber et al., 2013). Estas adaptaciones para una mayor síntesis de leche pueden comprometer la disponibilidad de nitrógeno, proteína y energía para el crecimiento del feto. Como el aumento de la frecuencia de ordeño aumenta el balance negativo de energía, lo que disminuye las concentraciones de glucosa en plasma, esto resulta en una mayor pérdida de condición corporal en las primeras semanas de lactancia (Phyn et al., 2014). Además, la oxitocina adicional secretada a partir de la neurohipófisis con el aumento de ordeñas, podría causar la liberación de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  desde el útero y esto podría dificultar el preñez (Vallet et al., 2002). Otra explicación plausible es el estrés adicional inducida por el evento de ordeño extra cada día, dado que varias hormonas se liberan durante la ordeña, incluyendo corticosteroides (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005).

La estación de parto notablemente influyó en las pérdidas fetales en el estudio actual, lo que indica que las condiciones climáticas inducen cambios importantes en la fisiología del útero, lo cual afecta la viabilidad de las crías en gestación. En las vacas que parieron en las estaciones más frías del año presentaron un mayor riesgo de pérdida fetal que las vacas que parieron en las estaciones más cálidas del año. Teniendo en cuenta que la mayoría de las vacas concibieron alrededor de 100 días después del parto, el efecto de las condiciones climáticas se observó una estación después del parto, es decir, la mayoría de las vacas que parieron en los meses más fríos experimentaron estrés por calor en la etapa temprana de la gestación. Estos resultados son consistentes con los resultados de García-Ispierto (2007), en Barcelona, España, quienes encontraron que el riesgo de pérdida del preñez temprana se incrementó durante el período de mayor calor (mayo a septiembre) en comparación con el periodo frío (octubre a abril), debido al estrés térmico ambiental. Del mismo modo, Carpenter et al. (2006) observaron que las pérdidas de preñez aumentaron durante junio a octubre, con picos en julio y septiembre.

## **CONCLUSIÓN**

Estos resultados proporcionan evidencia de que las condiciones de estrés térmico en la concepción y la gestación temprana tienen profundos efectos sobre las pérdidas fetales en vacas Holstein de alto rendimiento. Por lo tanto, la implementación de estrategias de manejo para abatir los efectos negativos asociados con el estrés por calor en hatos lecheros en ambientes calurosos es fundamental. Además, una mayor carga de calor metabólico endógeno derivado de mayor producción de leche, por la mayor frecuencia de ordeñas, se correlaciona con un aumento del riesgo de pérdidas fetales.

## LITERATURA CITADA

- Adin, G., Gelman, A., Solomon, R., Flamenbaum, I., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Shamay, A., Feuermann, Y., Mabjeesh, S.J., Miron, J., 2009. Effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food water, and performance during the dry period and after parturition. *Livest. Sci.* 124, 189–195.
- Baranski, W., Zdunczyk, S., Janowski, T., 2012. Late embryonic and foetal losses in eight dairy herds in north-east Poland. *Polish J. Vet. Sci.* 15, 735-739.
- Bell, M.J., Wall, E., Russell, G., Roberts, D.J., Simm, G., 2010. Risk factors for culling in Holstein-Friesian dairy cows. *Vet. Rec.* 167, 238-240.
- Chebel RC, Santos JE, Reynolds JP, Cerri RL, Juchem SO, Overton M. Chebel RC, (2010), Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows, *97(1):9-19.*
- Campero, C.M., Moore, D.P., Odeón, A.C., Cipolla, A.L., Odriozola, E. (2003), Aetiology of bovine abortion in Argentina, *Vet Res Commun.* 27, 359-69
- Carpenter, T.E., Chrièl, M., Andersen, M.M., Wulfson, L., Jensen, A.M., Houe, H., Greiner, M., 2006. An epidemiologic study of late-term abortions in dairy cattle in Denmark, July 2000- August 2003. *Prev. Vet. Med.* 77, 215-229.

De Rensis, F., Garcia-Ispuerto, I., López-Gatius, F., 2015. Seasonal heat stress: clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*. Published online  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>

Echternkamp, S.E., 1992. Fetal development in cattle with multiple ovulations. *J. Anim. Sci.* 70, 2309–2321.

Forar, A.L., Gay, J.M., Hancock, D.D., 1995. The frequency of endemic fetal loss in dairy cattle: a review, *Theriogenology* 43, 989-1000.

Gädicke, P., Vidal, R., Monti, G., 2010. Economic effect of bovine abortion syndrome in commercial dairy herds in Southern Chile. *Prev. Vet. Med.* 97, 9-19.

García-Ispuerto, I. , López-Gatius, F. , Santolaria, P. , Yániz, J.L. , Nogareda, C. , López-Béjar, M. , De Rensis, F. . 2006. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle, *Theriogenology*. 65, 799-807

García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Santolaria, P, Yániz, J..L, Nogareda, C., López-Béjar, M., De Rensis, F., 2006. Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology* 65:799-807.

Goshen, T., Shpigel, N.Y., 2006. Evaluation of intrauterine antibiotic treatment of clinical metritis and retained fetal membranes in dairy cows. *Theriogenology* 66, 2210–2218.

- Graham Jr, J., Edwards, M.J., Edwards, M.J., 1998. Teratogen update: gestational effects of maternal hyperthermia due to febrile illnesses and resultant patterns of defects in humans. *Teratology* 58, 209–221.
- Hammon, D.S., Evjen, I.M., Dhiman, T.R., Goff, J.P., Walters, J.L., 2006. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 113, 21–29.
- Hansen, P.J., 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos.Trans. Royal Soc. B* 364, 3341–3350.
- Hosseini-Zadeh, N.G., Nejati-Javaremi, A., Miraei-Ashtiani, S.R., Kohram, H., 2008. An observational analysis of twin births, calf stillbirth, calf sex ratio, and abortion in Iranian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 91, 4198-4205.
- Ingvartsen, K.L., Dewhurst, R.J., Friggens, N.C., 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that causes diseases in dairy cattle? A position paper. *Livest. Prod. Sci.* 83, 277-308.
- Jousan, F. D. , Drost and P. M., Hansen, J. , (2005) Factors associated with early and mid-to-late fetal loss in lactating and non lactating Holstein cattle in a hot climate. *J. Anim. Sci.* 83, 1017-1022.
- Jousan, F.D., Drost, M. Hansen, P.J., 2005. Factors associated with early and mid-to-late fetal loss in lactating and nonlactating Holstein cattle in a hot climate. *J. Anim. Sci.* 83, 1017–1022.

López-Gatius F, Santolaria P, Yáñez J, Rutllant J, López-Béjar M, 2010. Factors affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. *J. Dairy Sci.* 54(1):93-8.

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yáñez J.L., Garbayo, J.M., Hunter, R.H.F., 2004. Timing of early foetal loss for single and twin pregnancies in dairy cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 39, 429–433.

López-Gatius, F., Santolaria, P., Yáñez, J., Rutllant, J., López-Béjar, M., 2002. Factors affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. *Theriogenology* 54, 93-98.

Mellado, M., Sepulveda, E., Meza-Herrera, C., Veliz F.G., Arevalo, J.R., Mellado, J. De Santiago, A., 2013. Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 26, 193-200.

Moore, D.A., Overton, M.W., Chebel, R.C., Truscott, M.L., and BonDurant R.H.. 2005. Evaluation of factors that affect embryonic loss in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226: 1112.

Pereira, M.H., Rodrigues, A.D., De Carvalho, R.J., Wiltbank, M.C., Vasconcelos, J.L., 2014. Increasing length of an estradiol and progesterone timed artificial insemination protocol decreases pregnancy losses in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 1454-1464.

Phyn, C.V., Kay, J.K., Rius, A.G., Morgan, S.R., Roach, C.G., Grala, T.M., Roche, J.R., 2014. Temporary alterations to postpartum milking frequency

affect whole-lactation milk production and the energy status of pasture-grazed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 6850-6868.

Ronchi, B., Stradaioli, G., Verini Supplizi, A., Bernabuci, U., Lacetera, N., Accorsi, P.A., 2001. Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol-17beta, LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. *Livest. Prod. Sci.* 68, 231-241.

Risco, C.A. , Donovan, G.A. , Hernandez, J.\_. 1999. Clinical mastitis associated with abortion in Dairy Cows, 1684–1689.

Some factors affecting the abortion rate in dairy herds with high Incidence of *neospora*-associated abortions are different in Cows and heifers, *Reprod Domest Anim.* 45, 699-705.

Silva-del-Río, N. , Colloton, J.D. , Fricke, P.M. (2009) Factors affecting pregnancy loss for single and twin pregnancies in a high-producing dairy herd; 71, 1462–1471.

Santolaria, P., López-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Bech-Sàbat, G., Angulo, E., Carretero, T., Sánchez-Nadal, J.A., Yániz, J., 2010. Effects of cumulative stressful and acute variation episodes of farm climate conditions on late embryo/early fetal loss in high producing dairy cows. *International Journal of Biometeorology* 54, 93–98.

Santolaria, P., López-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Bech-Sàbat, G., Angulo, E., Carretero, T., Sánchez-Nadal, J.A., Yániz, J., 2010. Effects of cumulative stressful and acute variation episodes of farm climate conditions on late embryo/early fetal loss in high producing dairy cows. *Int. J. Biometeorol.* 54, 93-98.

Silke, V., Diskin, M.G., Kenny, D. A., Boland, M. P., Dillon, P., Mee, J. F., and Sreenan J. M.. 2002. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 71:1-12.

Silva-Del-Río, N., Colloton, J.D., Fricke, P.M., 2009. Factors affecting pregnancy loss for single and twin pregnancies in a high-producing dairy herd. *Theriogenology* 71, 1462-1471.

Smith, J.W., Ely, L.O., Graves, W.M., Gilson, W.D., 2002. Effect of milking frequency on DHI performance measures. *J. Dairy Sci.* 85, 3526-3533.

Svennersten-Sjaunja, K., Olsson, K., 2005. Endocrinology of milk production. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29, 241-258.

Tao, S., Monteiro, A., Thompson, I., Hayen, M., Dahl, G., 2012. Effect of late gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95, 7128–36.

Thurmond, M.C., Branscum, A.J., Johnson, W.O., Bedrick, E.J., Hanson T.E., 2005. Predicting the probability of abortion in dairy cows: A hierarchical Bayesian logistic-survival model using sequential pregnancy data. *Prev. Vet. Med.* 68, 223–239.

Tilbrook, A.J., Turner, A.I., Clarke, I.J., 2000. Effects of heat stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *J. Reprod. Fertil.* 5, 105-113.

V. Silke, M.G. Diskin, D.A. Kenny, M.P. Boland, P. Dillon, J.F. Mee, J.M. Sreenan 2002. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows.

*Anim Reprod Sci.* 15, 1-12.



- Vallet, J.L., Leymaster, K.A., Christenson, R.K., 2002. The influence of uterine function on embryonic and fetal survival. *J. Anim. Sci.* 80(E. Suppl. 2), E115–E125.
- Veerkamp, R.F., 1998. Selection for economic efficiency of dairy cows using information on liver weight and feed intake: A review. *J. Dairy Sci.* 81, 1109-1119.
- Wathes, D.C., Cheng, Z., Bourne, N., Taylor, V.J., Coffey, M.P., Brotherstone, S., 2007. Differences between primiparous and multiparous dairy cows in the inter-relationships between metabolic traits, milk yield and body condition score in the periparturient period. *Domest. Anim. Endocrinol.* 33, 203–225.
- Weber, C., Hametner, C., Tuchscherer, A., Losand, B., Kanitz, E., Otten, W., Singh, S.P., Bruckmaier, R.M., Becker, F., Kanitz, W., Hammon, H.M., 2013. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96, 165-180.
- Weber, C., Losand, B., Tuchscherer, A., Rehbock, F., Blum, E., Yang, W., Bruckmaier, R.M., Sanftleben, P., Hammon, H.M., 2015. Effects of dry period length on milk production, body condition, metabolites, and hepatic glucose metabolism in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98, 1772-1785.
- Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., Van Baale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard L.H., 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93, 644–655.
- Yániz, J.L., López-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Bech-Sàbat, G., Serrano, B., Nogareda, C., Sanchez-Nadal, J.A., Almeria, S., and Santolaria, P., (2010).