

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**EFECTO DE DOS PERIODOS DE ENFRIAMIENTO ARTIFICIAL
SOBRE LA MORTALIDAD EMBRIONARIA Y FETAL, TASAS DE
PREÑEZ EN EL VERANO Y SU COMPARACION CON LA EPOCA
DE INVIERNO EN VAQUILLAS HOLSTEIN**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA
ALMA ROSA CONTRERAS CAMPOS**

**DIRECTOR DE TESIS
Ph. D. ABELARDO CORREA CALDERÓN**

MEXICALI, B.C.

**ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO
PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y
ACEPTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California. .

**Ph. D. Abelardo Correa Calderón
Director de tesis**

**Ph. D. Leonel Avendaño Reyes
Secretario**

**Dr. Ulises Macias Cruz
Sinodal**

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Abelardo Correa Calderón, Dr. Leonel Avendaño Reyes, por ser unos guías con excelente preparación y sabiduría que con sus conocimientos me enseñó a aprender de mis errores y planear mi futuro para lograr mis objetivos. Un agradecimiento al Dr. Ulises Macías

A mis Tíos, Alejandro Contreras Perera y Maria de los Ángeles Morales May, por sus consejos y confianza para mi realización profesional y personal.

A mis compañeros del Instituto y sobre a mis amigos, Rolando, Mario, Pako, Cinthya Alejandra, Nadya, por haberme ayudado, apoyado y sobre todo por brindarme una amistad sincera y el cariño cada uno forma parte de mi preparación.

DEDICATORIAS

A mis padres, Leonardo Contreras Perera y Eida Campos Camacho, por su apoyo incondicional, por las fuerzas que me brindaron para poder lograr mis metas y para sobre llevar todas las adversidades que se me presentaron para poder lograr mi preparación profesional y personal, los amo.

A mis hermanitas, Eida, Cinthia y Clarita que con su amor, cariño y confianza que me brindan cada día me dan fuerzas para seguir adelante.

Contenido

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
1.- INTRODUCCION	1
2.- REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Definición de estrés.....	3
2.2 Indicadores de estrés calórico en el animal	3
2.2.1 <i>Indicadores fisiológicos</i>	3
2.2.2 <i>Índice temperatura-humedad (ITH)</i>	5
2.3 Mecanismos para disipar calor	6
2.4 Influencia del estrés calórico en la reproducción.....	7
2.5 Alteraciones hormonales bajo estrés calórico	9
2.6 Diagnostico de gestación en ganado bovino	10
2.7 Mortalidad embrionaria	13
2.8 Estrategias para reducir los efectos del estrés calórico	14
2.9 Manejo ambiental para reducir los efectos del estrés calórico	17
2.9.1 <i>Sombras</i>	17
2.9.2 <i>Sistema de enfriamiento a base de aspersores y abanicos</i>	18
3.- MATERIALES Y METODOS	20
3.1 Ubicación y duración del estudio.....	20
3.2 Experimento 1	20
3.2.1 <i>Animales, manejo e instalaciones</i>	20
3.2.2 <i>Tratamientos</i>	21
3.2.3 <i>Sistema de enfriamiento</i>	22
3.2.4 <i>Variables de estudio</i>	22
3.3 Experimento 2	23
3.4 Registro de variables climáticas	24
3.5 Análisis estadístico	24
4.- RESULTADOS Y DISCUSION	26
4.1 Datos climatológicas.....	26
4.2 Temperatura rectal y frecuencia respiratoria.....	27

4.3 Mortalidad embrionaria/fetal.....	28
4.4 Tasa de preñez	30
4.5 Concentración de progesterona	33
5.- CONCLUSIONES	50
6.- LITERATURA CITADA.....	51

LISTA DE CUADROS

N°		PAG.
1	Ingredientes de la dieta utilizada en vaquillas Holstein durante el verano 2008	39
2	Análisis bromatológico de la dieta para vaquillas Holstein durante el verano 2008	39
3	Máximos, mínimos y promedios de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH de las 0600 a las 1800 h durante el periodo experimental de verano	40
4	Máximos, mínimos y promedios semanales de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH de las 1700 a las 0500 h, durante el periodo experimental de verano	41
5	Valores de temperatura ambiental (°C), humedad relativa (%) e ITH (unidades) (máxima, mínimo y promedio) durante el experimento 2	44
6	Promedios de respuestas fisiológicas observadas en vaquillas Holstein durante el experimento 1	44
7	Concentraciones de progesterona al momento de la IA (0d), 21 y 28 d post-IA en vaquillas enfriadas 21 (T1) y 28 (T2) d post-IA durante el verano (experimento 1)	49
8	Concentración de progesterona al momento de la IA (0d), 21 y 28 d post-IA en vaquillas Holstein al durante el experimento 2	49

LISTA DE FIGURAS

Nº		PAG.
1	Promedios de unidades de índice de temperatura - humedad (ITH) durante los tres periodos del experimento 1	42
2	Promedios de unidades de índice de temperatura - humedad (ITH) durante el experimento 2	43
3	Pérdidas de preñez en vaquillas Holstein enfriadas 21 (T1) y 28 (T2) d post-IA durante el experimento 1	45
4	Pérdidas de preñez en vaquillas Holstein durante el experimento 2	46
5	Tasa de preñez a diferentes días post-IA en vaquillas Holstein enfriadas 21 (T1) y 28 (T2) d durante el verano (experimento 1)	47
6	Tasa de preñez durante el experimento 2 en vaquillas Holstein	48

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar dos diferentes períodos de enfriamiento post-inseminación artificial (IA) sobre la eficiencia reproductiva de vaquillas Holstein durante el verano (experimento 1) y su comparación con la época de invierno (experimento 2). En experimento 1, 120 vaquillas Holstein fueron asignadas a dos tratamientos durante el verano (T1= detección visual de celo más un período 21 días (d) de enfriamiento post-IA; T2= detección visual de celo más un período de enfriamiento post-IA de 28 d). Para evaluar las respuestas fisiológicas al sistema de enfriamiento, 60 vacas por tratamiento fueron seleccionadas al azar y comparadas con un grupo testigo (GT) de 30 vaquillas que se encontraban alojadas en un corral solo con sombra. En experimento 2, 202 vaquillas Hostein, 120 en verano y 82 en invierno, se inseminaron a la detección de estro natural y se evaluó la tasa de preñez y las pérdidas embrionarias fetales. Durante el experimento 1, las condiciones ambientales fueron de estrés calórico moderado (entre 77 y 80 unidades de ITH). La frecuencia respiratoria (FR) y la temperatura rectal (TR) (PM) fueron menores ($P < 0.05$) en vaquillas enfriadas (T1 y T2) comparadas con las testigo. La tasa de preñez, la mortalidad embrionaria y fetal, y la concentración de progesterona (P_4) fue similar ($P > 0.05$) entre vaquillas T1 y T2. En experimento 2, la época no afectó ($P > 0.05$) la tasa de preñez a los 21-24 d post-IA, la concentración de P_4 al momento de la IA y 28 d post-IA, ni la tasa de muerte embrionaria y fetal medida a diferentes tiempos post-IA. Sin embargo, la concentración de P_4 a 21 d post-IA, y la tasa de preñez entre los 28 y 60 d post-IA fue mayor ($P < 0.02$) en invierno que en verano. Se concluye que bajo condiciones de estrés calórico moderado, dar períodos de enfriamiento de 21 ó 28 post-IA produce un ligero alivio a las vaquillas Holstein, lo cual no se refleja sobre tasa y

mantenimiento de la preñez. La tasa de preñez resultó ligeramente mejor en invierno que en verano debido al estrés durante la época cálida.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate two cooling periods post-insemination on the reproductive efficiency of Holstein heifers during summer (experiment 1) and their comparison with winter season (experiment 2). In experiment 1, 120 Holstein heifers were assigned into two different cooling periods during summer. (T1= visual heat detection plus 21 d of artificial cooling pos-AI and T2= visual heat detection plus 28 d of artificial cooling post-IA). In order to evaluate physiological responses to cooling system, 60 cows per treatment were randomly selected and compared to control group (30 heifers maintained under shade with no cooling system). In experiment 2, 202 Holstein heifers (summer, n=120; winter, n=82) were inseminated (natural heat), pregnancy rates and embryonic and fetal losses were evaluated. In experiment 1, environmental conditions were considered as moderate heat stress (THI from 77 to 88 units). Rectal temperature (PM) and respiratory rate were lower ($P<0.05$) in cooled heifers (T1 and T2) compared to control heifers. Pregnancy rates, embryonic and fetal losses and P_4 concentration were similar in ($P>0.05$) between cooled heifers. In experiment 2, season did not affect ($P>0.05$) pregnancy rates at d 21-24 post-AI neither P_4 concentration at d 0 and 28 post-AI. The embryonic and fetal losses were not affected ($P>0.05$) by season. However, P_4 concentration at d 21 and pregnancy rate among d 28 and 60 post-AI were higher ($P<0.02$) in winter than summer. In conclusion, under moderate heat stress conditions, artificial cooling during 21 or 28 d post-AI produces a slight relief in heifers, which is not reflected on pregnancy rate. Pregnancy rate were slightly higher during winter than in summer due to the heat stress, condition experimented in this later season.

1. INTRODUCCION

En climas cálidos, como el del valle de Mexicali, se puede observar durante el verano una reducción en la eficiencia reproductiva del ganado lechero ocasionada por condiciones ambientales de estrés calórico. El estrés calórico es un factor que contribuye de manera importante a reducir la fertilidad en el ganado bovino, afectando la longitud del ciclo estral y disminuyendo la expresión del celo (Madan et al., 1973). De igual manera afecta la calidad del ovocito, el desarrollo embrionario (Hansen and Arechiga, 1999) y, como consecuencia, puede provocar muerte temprana del embrión, principalmente durante la primera semana post inseminación.

Bajo condiciones de estrés calórico, la principal causa de muerte embrionaria se relaciona con la ineficiencia del cuerpo lúteo (CL) para secretar suficiente progesterona (P_4) para mantener la preñez (Hansel y Convey, 1986), por lo cual es común que durante el verano las tasas de preñez se reduzcan en 15% o más, dependiendo de la severidad del estrés calórico (Cavestany et al., 1985). En este sentido, el uso de estrategias (manejo, nutricionales, reproductivas y otras) para reducir el impacto del estrés calórico sobre la reproducción se vuelve necesario.

La manera más efectiva de contrarrestar los efectos del estrés calórico en bovinos productores de leche durante el verano en climas cálidos, es la modificación del medio ambiente del animal con el objeto de reducir el aumento de la temperatura corporal durante la mayor parte del día (Flamenbaun et al., 1986). El uso de enfriamiento evaporativo, la instalación de sombras (Roman-Ponce et al., 1977), y abanicos y aspersores (Ealy et al., 1994), pueden ayudar a disminuir la temperatura corporal de éste tipo de ganado. No obstante, el uso de

sistemas de enfriamiento no garantiza una eliminación total de los efectos negativos del estrés calórico durante el verano, sin embargo, la fertilidad se ve favorecida. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar 2 diferentes periodos de enfriamiento (21 y 28 d) post-IA sobre la mortalidad embrionaria y fetal, y tasa de preñez en vaquillas Holstein durante el verano. Un segundo objetivo fue comparar la eficiencia reproductiva entre las épocas de verano e invierno en vaquillas Holstein.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DEFINICION DE ESTRÉS

El término estrés es definido como una condición adversa que afecta el bienestar del animal (Staples and Thatcher, 2004). Squires (2006) también definió al estrés como el estado en el cual la homeostasis del animal es afectada. Algunos factores que pueden causar estrés son de carácter climático (calor o frío), nutricional (falta de alimento o agua), social, patógeno o tóxico, entre otros (Hafez, 1968).

El caso del estrés causado por elevadas temperaturas ambientales se conoce como estrés calórico. Se considera que un animal se encuentra en estrés calórico cuando las temperaturas ambientales se encuentran por arriba de la zona termoneutral (Armstrong, 1994). En ganado lechero, la zona termoneutral se ubica entre los 5 y 25° C, ya que es cuando la producción puede maximizarse y fisiológicamente, el ganado se encuentra en homeostasis (Tapki and Şahin, 2006).

2.2 INDICADORES DE ESTRÉS CALÓRICO EN EL ANIMAL

2.2.1 Indicadores Fisiológicos

La temperatura rectal (TR) es generalmente considerada un buen indicador de la temperatura interna del animal (Johnson and Srikanthakumar, 2004). La TR promedio para ganado bovino lechero es de $38.18 \pm 0.45^{\circ}$ C cuando la temperatura ambiente se encuentra de 18 a 24° C (Bitman et al., 1984). Sin embargo, cuando la temperatura ambiental alcanza valores entre 32 y 35 °C, la TR se incrementa 1.4° C en ganado Holstein (Gwazdauskas et al., 1973). Un

estudio conducido por Dunlap and Vincent (1971) reportaron que vaquillas de carne expuestas a 32° C por 72 h post-IA presentaron una TR de 40° C en comparación con los animales mantenidos en condiciones termoneutrales (21° C), los cuales tuvieron una TR de 38.5° C. De igual manera, un estudio en ganado lechero cruzado Holstein x Pardo Suizo, reportó una TR de 39.4° C a las 1200 h, lo cual coincidió con la temperatura ambiente más elevada del día (33.1° C; Arauz, 1992). En otra investigación conducida por Ulberg y Burfening (1967), se demostró que la fertilidad puede declinar de 61 a 45 % cuando la TR se incrementa en 1° C por arriba de la temperatura normal del cuerpo (38.5° C).

La frecuencia respiratoria (FR) es otro mecanismo de importancia a considerar al momento de evaluar el nivel de estrés por calor debido a que los cambios en esta variable son muy notorios cuando el animal está expuesto a temperaturas superiores a las de la zona de confort (Arias et al., 2008). Gaughan et al. (1999) consideraron que valores para FR de 20 a 60 respiraciones/ minuto (resp/min) están dentro de un rango normal, sin embargo, cuando la temperatura ambiental aumenta por encima de 25° C, la FR puede incrementar hasta 120 resp/min (en condiciones de estrés calórico severo). Gwazdauskas (1985) observó que bajo temperaturas ambientales de 27 a 41 °C, comparadas con temperaturas de 10 a 22 °C, la FR se incrementaba de 50 hasta 100 resp/min o más. Este aumento en la FR ayuda al animal a disipar el calor por medio de las vías respiratorias (McGovern and Bruce, 2000). Cabe mencionar que en condiciones ambientales extremas este mecanismo resulta insuficiente para disipar la carga de calor corporal, por lo que la respiración se vuelve lenta y profunda. Además, una mayor FR implica también más actividad muscular, contribuyendo a una mayor producción de calor (Arias et al., 2008). Brown-Brandl

et al. (2005) concluyeron que la FR es el indicador más apropiado para monitorear el estrés por calor cuando el ganado se encuentra en ambientes cálidos.

2.2.2 Índice Temperatura-Humedad (ITH)

El ITH ha llegado a ser un estándar en las prácticas de manejo del ganado por las últimas cuatro décadas para caracterizar si las condiciones ambientales son de estrés calórico en los animales (Khalifa 2003, Gaughan et al., 2008). El ITH se estima a partir de la temperatura y la humedad relativa que prevalece en el ambiente. Se considera un indicador que ayuda a definir mejor las condiciones ambientales bajo las cuales la productividad y el bienestar de los animales se comprometen, por lo que también es llamado “índice de malestar” (Staples and Thatcher, 2004). Sin embargo, el ITH no toma en cuenta importantes factores climáticos como la radiación solar y la velocidad del viento, ni tampoco incluye factores de manejo productivo o el genotipo animal (Gaughan et al., 2008). Existen diferentes fórmulas para calcular el ITH en el ganado, siendo una de la más utilizada la propuesta por Hahn (1999): $ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$, donde T y HR corresponden a la temperatura ambiental y humedad relativa, respectivamente.

En bovinos de leche, el grado de estrés calórico al cual están sometidos se divide en 4 niveles, a partir de las unidades de ITH calculadas (West, 2003): 1) zona de confort, donde las unidades de ITH son < 72 unidades (no existe estrés calórico); 2) estrés ligero, el ITH va de 72 a 79 unidades; 3) estrés moderado, el ITH va de 80 a 89 unidades; y 4) estrés severo, el ITH es superior a las 90 unidades. En un estudio llevado a cabo en Uruguay durante los meses de diciembre a marzo con el objetivo de determinar los valores de ITH que se alcanzaban en verano, se encontró que el número de horas promedio con valores

de ITH superiores a 72 abarcó más del 75% del tiempo de la fase diurna (10 h) y más del 45% del tiempo de la fase nocturna (4 h). Estos resultados revelaron la baja duración del período de recuperación disponible para los animales durante los periodos largos de calor (Cruz y Saravia, 2008).

2.3 MECANISMOS PARA DISIPAR EL CALOR

Los bovinos son animales homeotérmicos, es decir, tienen la habilidad de mantener su temperatura corporal constante (cerca a los 38.5 °C), y esto lo logran mediante un equilibrio entre la producción interna de calor y el intercambio con el medio ambiente (Hansen, 1994). El proceso anterior se denomina balance térmico y se logra a través de un constante proceso termorregulatorio que involucra la pérdida de calor mediante diferentes mecanismos (evaporativos y no evaporativos) y ajustes fisiológicos que poseen los bovinos para el mantenimiento de la temperatura corporal durante el estrés térmico (Silanikove, 2000). Un ejemplo de estos ajustes fisiológicos es el incremento del flujo sanguíneo en la periferia del cuerpo del animal (Mellado, 1995).

Los mecanismos no evaporativos que utilizan los bovinos para la pérdida de calor con el ambiente son la conducción, convección y radiación (Acosta, 1994), sin embargo, estos mecanismos de pérdida de calor tienen el inconveniente de que a medida que la temperatura ambiental se aproxima a la corporal, las pérdidas por estas vías son insuficientes (Henaó et al., 1991). Otras vías que ayudan a la pérdida de calor en animales sometidos a estrés calórico son los mecanismos evaporativos (sudoración y jadeo; Young, 1988). Cuando la temperatura es superior a 21 °C, la evaporación del agua (sudor) constituye el mecanismo más importante para la disipación de calor por parte del animal,

ocurriendo en la superficie de la piel y en el canal respiratorio (Mellado, 1995). La habilidad para disipar calor a través de la sudoración varía entre especies, dentro de especie y entre razas. Se ha observado que el ganado Bos Taurus presenta un menor número y tamaño de glándulas sudoríparas comparado con el ganado Bos Indicus, siendo éste último el más eficiente en la pérdida de calor por medios evaporativos (Mellado, 1994). Por lo tanto, cuando la temperatura ambiental se encuentra por arriba de los 26° C se activan los procesos fisiológicos compensatorios encargados de mantener el balance energético, térmico, hormonal, mineral y del agua (Igono and Johnson, 1990).

2.4 INFLUENCIA DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LA REPRODUCCIÓN

La fertilización es un evento fisiológico que requiere del encuentro sincronizado de un espermatozoide capacitado y un óvulo normal en el ámpula del oviducto, lo que dependerá fundamentalmente de la relación entre el momento en que se práctica la inseminación artificial (IA) y el momento en que ocurre la ovulación (Zarco y Hernández, 1996). Diversos factores pueden afectar la fertilidad, entre ellos el estrés calórico, el cual altera la producción y secreción de algunas hormonas reproductivas.

El estrés calórico incrementa la producción de glucocorticoides, los cuales afectan algunos sitios hipotalámicos que suprimen la síntesis de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH; Adams et al., 1999), disminuyendo así, la secreción de la hormona luteinizante (LH) por parte de la hipófisis (Daley et al., 1999). Se ha demostrado que existe una reducción en la frecuencia y amplitud de secreción de la LH en vacas bajo estrés calórico (Madan and Johnson, 1973). De igual manera se han reportado que bajo temperaturas ambientales altas, el

folículo dominante se desarrolla en un entorno con niveles bajos de estradiol (De Rensis and Rex, 2003). Un estudio realizado por Gwazdauskas et al. (1981) reportó que en vaquillas expuestas a 32° C, los picos de estradiol fueron menores y la duración del estro fue más corta comparado con vaquillas expuestas a 21.3° C, demostrando que el estrés calórico en el ganado bovino puede influenciar la duración e intensidad del estro. En relación a la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH), se ha detectado que esta hormona no varía en los animales expuestos a altas temperaturas (Squires, 2006).

En zonas cálidas reportaron que durante los meses de verano se reduce la longitud (Monty y Wolf, 1974) e intensidad del estro cuando las vaquillas son expuestas a temperaturas por arriba de los 35° C (Gangwar et al., 1965). Además, animales bajo estrés calórico también presentan un descenso en la actividad motora y de otras manifestaciones del estro, como reducción en el número de montas (Hansen and Aréchiga, 1999). Un estudio realizado por Nebel et al. (1997) observaron que el número de montas se redujo de 8.6 (Invierno) a 4.5 (Verano).

Por otra parte, el ganado lechero bajo estrés calórico presenta alteraciones en la función del CL, ya que se ha observado que vacas sujetas a temperaturas elevadas producen menos progesterona (P_4) que las vacas que se encuentran en temperatura dentro de la zona de confort (Rosenberg et al., 1997). Investigaciones recientes realizadas por Wolfenson et al. (2002) analizaron la producción de P_4 *in vitro* en células de la teca y la granulosa obtenidas de vacas en estaciones frías y cálidas, demostrando que bajo condiciones crónicas de estrés calórico, la producción de P_4 se reduce hasta 25% durante los meses cálidos en comparación con el invierno. En un estudio realizado por Mann and Lamming (2001), concluyeron que bajas concentraciones de P_4 circulante en

vacas se asocian con una baja función reproductiva y una reducción en los porcentajes de gestación.

2.5 ALTERACIONES HORMONALES BAJO ESTRÉS CALORICO

Los efectos del estrés son controlados en el hipotálamo y mediados por cambios en la conducta por efectos neuroendocrinos a través del sistema nervioso simpático y el eje hipotalámico-hipófisis-adrenal (Squires, 2006). Éste último incrementa su actividad en situaciones de estrés calórico. Es por eso que bajo condiciones de altas temperaturas el ganado responde a estos cambios mediante mecanismos de adaptación regulados por hormonas, tales como la epinefrina y norepinefrina (catecolaminas; Daley et al., 1999). Ambas hormonas se generan en la médula adrenal y se liberan hacia el torrente sanguíneo. La norepinefrina aumenta esencialmente la actividad cardíaca y circulatoria, mientras que la epinefrina incrementa el desdoblamiento de grasas y carbohidratos para obtener energía (Squires, 2006). Las catecolaminas en situaciones de estrés prolongado originan una mayor liberación de hormona corticotropa (CRH) en el hipotálamo, y con ello, la hormona hipofisaria adenocorticotrofica (ACTH) que provoca en la corteza adrenal el vertido de glucocorticoides (cortisol) hacia el torrente sanguíneo (Mellado, 1995). Por otro lado, las hormonas asociadas con el metabolismo del agua y de los electrolitos se incrementan debido a la pérdida de agua a través de la superficie de la piel y del canal respiratorio, a pesar de que la aldosterona se incrementa en el plasma sanguíneo como respuesta a la pérdida de agua de los animales (Collier et al., 1981). Los niveles de esta hormona en bovinos se reducen durante el estrés calórico (Collier et al., 1981). Una explicación a esta respuesta es que los niveles reducidos de aldosterona permiten

una mayor excreción de sodio en la orina, lo cual compensa las pérdidas elevadas de potasio en el sudor del animal (Mellado, 1995).

Cuando el ganado lechero es expuesto a temperaturas ambientales elevadas, la actividad de la glándula tiroides se ve reducida, trayendo como consecuencia una reducción en los niveles de tiroxina (T_4) y triiodotironina (T_3), lo que origina una disminución en la producción de calor metabólico (West, 2003). Pero en invierno cuando los animales están expuestos a temperaturas ambientales bajas, hay un aumento en la secreción de hormonas de la tiroides (Squires, 2006). Durante el verano, las concentraciones de estas hormonas en el plasma sanguíneo declinan hasta en un 25% en los animales domésticos (Beede and Collier, 1986). Estas modificaciones en la actividad de la glándula tiroides son consistentes con una menor tasa metabólica, un menor consumo de alimento y una menor producción de leche (Arias et al., 2008).

2.6 DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN EN GANADO BOVINO

Un diagnóstico temprano y preciso de la gestación en las explotaciones de bovinos lecheros es indispensable para mantener una buena eficiencia reproductiva. Si una vaca no retorna a estro a las 3 semanas (aproximadamente) después de la monta natural o IA, se considera como preñada, ya que el feto inhibe la regresión del CL e impide que la madre vuelva a manifestar celo (Hafez, 2000).

La exactitud en la eficiencia de la detección del estro depende de factores relacionados con el animal, el ambiente y el manejo en general (Santos et al., 2002). En verano es común tener una mayor incidencia de estros silenciosos y de anestros. Los cambios en la actividad reproductiva causados por el estrés calórico

disminuyen la probabilidad de detectar estros (Correa et al., 2009). El diagnóstico de gestación por palpación rectal es el método más común de detección de preñez en el ganado lechero (Hafez, 2000). Los signos de gestación considerados en este diagnóstico son el deslizamiento de membranas y la detección de la presencia de la vesícula amniótica entre los 30 y 45 d post-IA (Vatti, 1980). La habilidad del palpador influye tanto en la precisión como en el daño que se causa al feto (Pierson et al., 1984).

Otro método más sofisticado para diagnosticar gestación es a través de la ultrasonografía, la cual ha permitido ampliar los conocimientos en reproducción animal, ya que esta técnica permite detectar la presencia o ausencia del embrión tempranamente (Hafez, 2000). Además de ser una herramienta que permite estimar los porcentajes de mortalidad embrionaria (Pierson et al., 1984), el uso del ultrasonido ofrece la posibilidad de diagnosticar la gestación tempranamente entre los días 26 y 28 por observación de la vesícula embrionaria, o bien, sobre el día 32 por la detección del embrión y del latido cardíaco (Kastelic et al., 1990). No obstante, Bo y Caccia (2000) mencionan que a partir del día 20 ya se puede apreciar el latido cardíaco y la presencia de estructuras ováricas como es el CL. Cabe mencionar que vacas diagnosticadas como preñadas al día 28 post-IA deben de ser reconfirmadas alrededor del día 56 post-IA, ya que durante este período las vacas experimentan de 14 a 16% de pérdidas embrionarias (Vasconcelos et al., 1997).

Comparado con palpación rectal, el ultrasonido puede ayudar a resolver problemas reproductivos. Por ejemplo, es complicado diferenciar entre quistes foliculares y lúteos por palpación rectal, aún para practicantes experimentados (Farin et al., 1992). La precisión del diagnóstico de quistes se incrementa cuando

se usa ultrasonografía transrectal con identificación correcta de más del 90% de quistes lúteos y casi 75% de quistes foliculares (Farin et al., 1990, 1992). Galland et al. (1994) compararon el tiempo requerido para diagnosticar preñez en vaquillas de carne a los 108 d post-IA usando palpación rectal y ultrasonido. Ellos encontraron menor tiempo de diagnóstico de gestación con palpación rectal (11.3 vs 16.1 segundos/vaquilla). Sin embargo, el uso del ultrasonido permitió medir la edad del feto. Cabe señalar, que el uso de la ultrasonografía transrectal es una técnica menos invasiva que la palpación rectal para el diagnóstico temprano de la gestación (Paisley et al., 1978) y puede minimizar la incidencia de abortos inducidos por palpación rectal.

Existen otros métodos de diagnóstico temprano de gestación. Uno de ellos es la evaluación de la concentración de P_4 en sangre o leche. Esta prueba se puede realizar entre los 18 y 24 d posteriores a la monta o la IA (Hafez, 2000). Al día 4 ó 5 después de la ovulación, las concentraciones de P_4 en sangre son mayores de 1 ng/ml, lo que indica que el CL ha adquirido la funcionalidad necesaria para el mantenimiento de la gestación (Hansel and Convey, 1983). Algunos estudios han revelado concentraciones bajas de P_4 en leche y plasma en vacas que no consiguen mantener la gestación (Mann et al., 1995). Este método es mejor para el diagnóstico de los animales no gestantes que los gestantes, porque la exactitud de los resultados negativos (94 a 100%) es superior a la de los positivos (77 a 88%; Pennington et al., 1985). Otro método de diagnóstico temprano es la detección de la proteína B específica de la preñez (bPSPB). Esta es una hormona producida por el trofoblasto que es detectable aproximadamente de 24 a 28 d post concepción; su principal desventaja es su vida media alta, por lo que permanece alta por varios días en caso de muerte embrionaria (Hafez, 2000).

2.7 MORTALIDAD EMBRIONARIA

En varias especies la mortalidad embrionaria aumenta después de la exposición de la hembra a temperaturas ambientales elevadas. La tasa de muerte embrionaria, es decir, la diferencia entre la tasa de fertilización y de nacimiento, varía entre 30 y 40% en vacas (Squires, 2006). Lo anterior se debe a que el estrés calórico puede dar lugar a ovulaciones de ovocitos envejecidos y de mala calidad, de tal manera que cuando la temperatura ambiental es alta, existe un efecto negativo sobre los embriones previos a la implantación (Ryan et al., 1993). La resistencia de los embriones a estos efectos aumenta a medida que se desarrollan (Ealy et al., 1993).

La mortalidad embrionaria puede ocurrir en distintas etapas de la gestación: 1) antes del reconocimiento materno de la preñez, cuyo caso no afecta la duración del ciclo estral (mortalidad embrionaria temprana), 2) después del reconocimiento de la preñez y relacionada con una alteración en la longitud del ciclo (mortalidad embrionaria tardía), y 3) durante la etapa fetal (mortalidad fetal) (Hafez, 2000). La muerte embrionaria temprana representa la principal causa de pérdidas de gestaciones en rumiantes (Hernández y Zarco, 1998), alcanzando un rango del 29 al 39 % de las pérdidas posteriores a la fertilización. La mayoría de las muertes embrionarias se presentan dentro de los primeros 7 d post-IA, siendo éste el periodo más crítico para el desarrollo del embrión (Putney et al., 1989). De igual manera, se ha reportado que pérdidas embrionarias considerables ocurren entre los días 8 y 16 después de la fertilización (Roche et al., 1981). En este periodo, el embrión debe de desarrollarse lo suficiente para inhibir la síntesis y liberación de PGF_{2a} a nivel endometrio, evitando así, la luteólisis y la caída de la

concentración de P_4 (Mann et al., 1999). La P_4 es necesaria para el establecimiento y mantenimiento de la gestación (Flores et al., 2007).

Para el reconocimiento materno de la preñez es necesario que el embrión alcance un desarrollo adecuado y produzca cantidades suficientes de interferón-*tau* (Thatcher et al., 1995). Se ha comprobado que cuando la temperatura ambiental es elevada, existe un efecto negativo sobre los embriones, provocando una reducción en la secreción del interferón-*tau* (Putney et al 1988). Lo anterior conlleva a un fracaso en la inhibición de la lúteolisis, y por lo tanto, a una pérdida embrionaria temprana (Mann et al., 1998). Cuando el embrión muere después del día 16, la presencia del siguiente ciclo estral se prolonga debido a que el tiempo que tarda el CL en el proceso de regresión se incrementa (Hafez, 2000).

En relación a la muerte embrionaria tardía, ésta se presenta entre los 28 y 40 d después de la fecundación y puede provocar un periodo de anestro seguido de un ciclo estral irregular (Portillo et al., 1995). La muerte del producto después del día 42 de gestación (después de la organogénesis) se considera como muerte fetal, de tal manera, que ésta a su vez es dividida como muerte fetal temprana, media o tardía según se presente en el primer, segundo o tercer trimestre de la gestación (Vatti, 1980). Estas pérdidas son consideradas abortos. La muerte fetal representa del 5 al 15% del total de las pérdidas de gestaciones en el ganado lechero (Hernández, 1994).

2.8 ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LA REPRODUCCIÓN

Existen diversas estrategias para reducir los efectos adversos del estrés por calor sobre la reproducción. La manipulación de la función del CL es una de ellas, la cual consiste en prolongar su vida media e incrementar la secreción de P_4

(Hernández y Zarco, 1998). Una forma de evitar la regresión prematura del CL es la administración de la proteína trofoblástica (interferón-*tau*), la cual evita la lúteolisis durante el reconocimiento de la gestación. De esta forma, cuando es administrada exógenamente durante el diestro tardío se prolonga la vida del CL (Plante et al., 1989). La administración de interferón-*tau* en vacas posparto destinadas a desarrollar cuerpos lúteos de vida corta ha evitado su regresión prematura (Garverick et al., 1999). Contrariamente, Newton et al. (1990) encontraron que la administración exógena de esta proteína no tiene ningún efecto positivo en la fertilidad, ya que provoca un incremento de la temperatura corporal y pone en riesgo la viabilidad del embrión.

También se han evaluado diversos tratamientos orientados a incrementar los porcentajes de preñez mediante la administración de P₄ exógena. Mann and Lamming (1999) encontraron un incremento en la tasa de preñez cuando administraron P₄ exógena antes del día 6 post-IA. Sin embargo, en un estudio realizado en condiciones ambientales de altas temperaturas se observó que no hubo diferencia en la tasa de preñez entre vaquillas suplementadas con P₄ (dispositivo intravaginal, CIDR) entre el día 4 y 14 post-IA, y las que estuvieron sometidas a detección de estro natural (41 vs 44% respectivamente; Correa et al., 2007). Otra estrategia que se desarrollo para mejorar la tasa de preñez consiste en incrementar las concentraciones de P₄ durante la fase lútea a través de la formación de cuerpos lúteos accesorios mediante el tratamiento con hCG (Gonadotropina coriónica humana) durante los primeros 4-6 d post-IA (Binelli et al., 2001). Santos et al. (2001) administraron hCG a vacas lecheras de alta producción el día 5 después de la IA y notaron que el tratamiento inducía la formación de cuerpos lúteos accesorios en 86.2% de las vacas tratadas, de igual

manera, observaron una alta concentración de P_4 (6.3 ng/ml en animales tratados y 3.1 ng/ml en el grupo testigo). En ese mismo estudio, reportaron una mayor tasa de preñez a los 28 d post-IA en vacas tratadas con hCG comparado con vacas del grupo testigo (45.8 vs 38.7 %). Similarmente Kerbler et al. (1997) demostró que aplicando GnRH durante los días 5 y 7 post-IA, se incrementaba el número de CL y la producción de P_4 . Por su parte, Cruz et al. (2009) encontró que la GnRH tiene efectos lúteotrópicos cuando se aplica durante la fase lútea.

Recientemente se desarrollaron programas de sincronización e inseminación a tiempo fijo (ITF; Pursley et al., 1995), los cuales manipulan el ciclo estral y la ovulación para inseminar o cubrir a la hembra en un momento determinado (Squires, 2006). Una gran variedad de nuevos protocolos de ITF han llegado a la industria lechera desde la aparición del protocolo de sincronización Ovsynch (Pursley et al., 1995). Los diferentes protocolos de sincronización de estros se basan en la administración de $PGF2\alpha$ por si sola ó combinada con GnRH y/o progestágenos. Algunos estudios demostraron que el protocolo de Ovsynch es una herramienta efectiva y viable económicamente para mejorar el desempeño reproductivo en vacas de alta producción (Burke et al., 1996). En estudios realizados en vacas lecheras lactantes y vaquillas, Vasconcelos et al. (1999) y Moreira et al. (2000) observaron que iniciar el protocolo Ovsynch entre el día 5 y 12 del ciclo estral puede mejorar la tasa de concepción, sin embargo, en otro estudio se reportó que el Ovsynch resulta en menores tasas de preñez comparado con el estro detectado cuando se realiza IA (Stevenson et al., 1999). Aunque los protocolos de ITF eliminan la necesidad de la detección de estros, no protegen al embrión de las altas temperaturas, por lo que se sugiere se combine con un manejo medio ambiental (De la Sota et al., 1998).

2.9 MANEJO AMBIENTAL PARA REDUCIR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS CALORICO

Existen diferentes sistemas de manejo zootécnico que pueden ser utilizados para modificar el microambiente del ganado bovino. Se ha reportado que altas temperaturas y humedades relativas están asociadas a una baja eficiencia reproductiva en ganado lechero durante el verano (Román-Ponce, 1978). En este sentido se sugiere estrategias básicas para combatir los efectos negativos del estrés calórico de una manera más efectiva. Una de estas estrategias básicas es la modificación del medio ambiente (Flamenbaum et al., 1986).

2.9.1 Sombras

El uso de sombras ha sido la alternativa de manejo ambiental que mayor atención ha recibido, ya que ayuda a reducir el impacto de la radiación solar sobre la superficie del animal (Arechiga y Hansen, 2003). Así, las sombras favorecen que la TR y la FR de los animales se mantengan dentro de los valores promedios normales (Brown et al., 2005). La madera, el aluminio, la teja o la malla sombra son materiales efectivos para construir las sombras (Armstrong 1994). El espacio de sombra recomendada para vacas lecheras es de 3.3 a 4.4 m²/animal (Yabuta, 2001). No obstante, Armstrong (1994) recomienda que el área de sombras para el ganado sea de 3.5 a 4.5 m²/vaca a una altura de 3.5 a 4.5 m.

Un estudio realizado por Román-Ponce et al. (1977), reportaron que vacas bajo sombra tuvieron menor FR (54 vs 82 resp/min) y TR (38.9 vs 39.4 °C), y mayor tasa de preñez (44.4 vs 25.3%) comparado con vacas sin sombra, demostrando la efectividad de esta estrategia de manejo. Sin embargo, durante el verano, las sombras resultan ser poco funcionales considerando que los animales quedan expuestos a las altas temperaturas del aire (Strickland et al., 1989).

2.9.2 Sistema de Enfriamiento a Base de Aspersores y Abanicos

El sistema de enfriamiento a base de aspersores y abanicos bajo sombra facilita la pérdida de calor por medio de evaporación, disminuyendo así la temperatura corporal y proporcionando un mejor confort al animal. El uso de aspersores y abanicos bajo la sombra ha incrementado la producción de leche de vacas Holstein durante el verano en climas cálidos (Armstrong et al., 1988). Bucklin et al. (1991) reportaron que al usar rociadores y abanicos, en el estado de Florida, observaron una disminución de la TR (de 0.4 a 0.5 °C) y la FR (entre 17 y 40.6 %), sin embargo, los beneficios del enfriamiento sobre la reproducción no fueron evaluados.

En un estudio realizado con novillos de carne bajo una temperatura ambiental de 32.9° C y 92.1 % de humedad relativa (Davis et al., 2003), se reportó una disminución en la temperatura del tímpano en animales que recibieron enfriamiento a base de aspersores y abanicos comparado con aquellos que permanecieron en corrales con solo sombra. De igual manera, un estudio realizado con vacas Holstein en una zona desértica del noroeste de México demostró que el enfriamiento con aspersores y abanicos bajo la sombra del corral durante la etapa inicial de la lactancia, condujo a un aumento en la producción de leche de 4 kg/vaca/día en relación a vacas que sólo tuvieron acceso a sombra en el corral (Correa et al., 2002). Avendaño et al. (2007) concluyeron que el uso de un sistema de enfriamiento aproximadamente 60 d antes del parto reduce el estrés por calor durante este periodo y mejora el peso de las crías al nacimiento.

En general, el enfriamiento evaporativo es un método económico para enfriar al ganado en áreas de baja humedad (Bucklin et al., 1991). Este sistema de

enfriamiento es una de las maneras más efectivas para reducir el estrés calórico a través del humedecimiento de la piel (Gebremedhin and Wu, 2001), siendo más efectivo cuando es combinado con movimientos de aire (Bray et al., 1996). Este manejo permite enfriar la piel y recibir más calor desde la parte interna del cuerpo del animal (Gebremedhin and Wu, 2002). Este sistema funciona mejor en áreas de baja humedad de tal manera que es muy utilizado actualmente en Arizona, Hawái, Israel, México y Arabia Saudita (Armstrong, 1994). Cabe mencionar que este sistema se vuelve ineficiente en lugares donde existen altos niveles de humedad debido al déficit de concentración de agua-vapor (evaporación) entre la superficie de la piel y la humedad del ambiente (Gebremedhin and Wu, 2002).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO

El experimento se realizó en las instalaciones del rancho “San Carlos”, dedicado a la cría de vaquillas Holstein, el cual se encuentra ubicado en el Km 15 de la carretera federal Mexicali- San Felipe, en el municipio de Mexicali, Baja California. El clima predominante en esta región es cálido y seco con una temperatura media anual de 22° C. Durante el verano se presentan temperaturas máximas de hasta 50° C, mientras que en inviernos se registran las temperaturas mínimas, las cuales llegan a ser por debajo de 0° C. La precipitación pluvial promedio anual es de 76 mm³ (SAGARPA, 2004).

El estudio se realizó durante la época de verano e invierno del 2008. Se corrieron dos experimentos para el cumplimiento de los objetivos. El experimento 1 se realizó durante la época de verano (del 19 de Junio al 17 de Octubre) para evaluar periodos de enfriamientos sobre variables fisiológicas y mantenimiento de la preñez después de aplicar un protocolo de IA a estro detectado. El experimento 2 se realizó para evaluar el efecto de época (verano vs invierno) sobre el mantenimiento de la preñez.

3.2 EXPERIMENTO 1

3.2.1 Animales, manejo e instalaciones

Se utilizaron 120 vaquillas de la raza Holstein, las cuales estuvieron entrando al experimento en grupos de 40 animales a diferentes periodos de tiempo (3 períodos) a través del verano. El período 1 comprendió del 19 de Junio al 25 de Julio, el período 2 del 26 de Julio al 5 de Septiembre y el período 3 del 6

de Septiembre al 17 de Octubre del 2008. En cada período las vaquillas fueron inseminadas artificialmente después de detectar el celo natural. Asimismo, se sometieron a un periodo de pre-enfriamiento mínimo de 7 d antes de la IA. Se eliminaron aquellas vaquillas que se les detectó estro y fueron inseminadas antes del término del período de pre-enfriamiento. La alimentación de los animales se realizó 3 veces al día (0600, 0900 y 1600 h) con una ración integral y balanceada en base a los requerimientos nutricionales de las vaquillas (Cuadro 1 y 2).

En general, las vaquillas se mantuvieron bajo condiciones estabuladas en corrales provistos de sombra, comederos y bebederos. La dimensión de los corrales fue de 29.90 x 33.50 m, con una área total de 1001.55 m² que corresponde a 20 m²/cabeza. En la parte norte del corral se encontraban los comederos, los cuales tenían trampas individuales unidas entre sí (0.63 m de ancho y 0.91 m de altura a partir de la pared interna del comedero). El área de comedero contaba con piso de concreto de una anchura de 2.13 m a partir de la pared del comedero. En el caso de la sombra, ésta se encontraba ubicada en la parte oeste del corral, construida de lámina galvanizada y estructuras de tubo de acero, con orientación norte a sur. El área de la sombra fue de 18.14 x 5.82 m, con altura de 2.78 m y espacio de 2.3 m²/cabeza.

3.2.2 Tratamientos

Al momento de la IA, las vaquillas de cada período se bloquearon en base a la edad y al semen del semental asignado de acuerdo a la clasificación lineal, para distribuirse dentro de 2 diferentes tiempos de enfriamiento post-IA con un sistema basado en abanicos y aspersores. Los tratamientos fueron: 1) 21 d de enfriamiento post-IA y 2) 28 d de enfriamiento post-IA. Adicionalmente un grupo de 30 vaquillas se usaron como grupo testigo (GT), para lo cual solamente se

mantuvieron en un corral provisto de sombra. Ese GT sirvió de referencial cuando se evaluaron las variables fisiológicas.

3.2.3 Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento consistió en 7 abanicos de 90 cm de diámetro con una separación de 3 m entre cada uno y equipados con motores de ½ HP con una producción de aire de 180 m³. Cada abanico contaba con 2 válvulas para aspersión de agua integrada en el centro con un gasto aproximado de 50 L/h. El tiempo de operación del sistema de enfriamiento fue de 1000 a 1800 h.

3.2.4 Variables de estudio

Frecuencia respiratoria (FR) y temperatura rectal (TR):

Se seleccionaron al azar 10 vaquillas por tratamiento y periodo. La FR fue medida contando el número de movimientos torácicos en el espacio intercostal durante un minuto (respiraciones/minuto). La lectura de la TR se registró con un termómetro digital (FLUKE, 51 II Thermometer, Fluke Co. Everett, WA, USA) y una sonda de temperatura con punta electrónica (Fluke 80PK-24 SureGrip Air Temperature Probe, Fluke Co. Everett, WA, USA). La TR y FR se registraron dos veces por semana (lunes y jueves) entre las 1400 y 1600 h, de igual manera se registró la TR una vez por semana (martes) a las 0600 h.

Concentración de progesterona (P₄)(ng/ml):

Se obtuvieron muestras sanguíneas por punción de la coccígea (sangre arterial o venosa) con tubos BD Vacutainer (Becton Dickinson, Franklin Lakes) al momento de la IA y posteriormente a los días 21 y 28 post-IA. Todas las muestras se centrifugaron a 3500 g x 15 minutos a una temperatura de 25 °C. El suero fue

colocado en viales y almacenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. El análisis de las muestras se realizó mediante técnica de Elisa usando un kit comercial validado (Calbiotech, Spring Valley, CA, USA, sensibilidad de 0.22ng/ml).

Muertes embrionarias y pérdidas fetales:

Se evaluaron las muertes embrionarias y fetales mediante la utilización de ultrasonido (Tringa Linear, ESAOTE, Pie Medical, The Netherlands). Se definió como muerte embrionaria temprana (ME_{temp}) cuando la vaquilla retornaba a celo antes de los 21 d post-inseminación, si al momento de la evaluación ovárica con el ultrasonido al día 21 no presentaba un CL en cualquiera de los ovarios, o bien, cuando los niveles de P_4 eran bajos. Se clasificó como muerte embrionaria tardía (ME_{tard}), a la pérdida de la preñez o retorno a celo entre 22-35 d, con lo cual adicionalmente se realizó una evaluación ultrasonográfica entre los 28 ± 2 d post-IA, para detectar la presencia y/o ausencia del embrión. La muerte fetal (MF) se evaluó como la pérdida de preñez entre los 36 y 45 d (MF_{36-45}) y entre los 46 y 60 (MF_{46-60}) d por medio de la palpación rectal.

Tasa de preñez (TP):

La tasa de preñez se evaluó a diferentes tiempos del primer tercio de gestación usando ultrasonido (de 21 a 24 d, y de 28 a 30 d) ó palpación rectal (de 36 a 45 d y de 46 a 60 d).

3.3 EXPERIMENTO 2

Se utilizaron 202 vaquillas de raza Hostein, 120 en verano y 82 en invierno. Las vaquillas de verano corresponden a las mismas que se usaron en el

experimento 1. Para este experimento 2, las vaquillas de los tratamientos 1 y 2 se consideraron un solo grupo, integrándose así el grupo de animales para verano. Durante la época de invierno el periodo experimental fue del 1 de Diciembre del 2008 al 30 de Enero del 2009.

Instalaciones y manejo reproductivo y nutricional de las vaquillas se describió previamente en el experimento 1. En el caso de las vaquillas de la época de invierno, éstas fueron tratadas similarmente que las de verano, sin embargo, no fueron enfriadas, solamente se mantuvieron en un corral provisto de comederos, bebederos y sombra.

Las variables que se estudiaron en este experimento fueron: concentración de P₄ a los días 21 y 28 post-IA, ME_{temp}, ME_{tard}, MF₃₆₋₄₅, MF₄₆₋₆₀, TP₂₁₋₂₄, TP₂₈₋₃₀, TP₃₆₋₄₅ y TP₄₆₋₆₀. La forma como se midieron está descrita en la sección del experimento 1.

3.4 REGISTRO DE VARIABLES CLIMÁTICAS

Tanto en verano como en invierno, la temperatura ambiental (T_{amb}) y la humedad relativa (HR) diaria fue registrada. Dicha información climatológica fue proporcionada por la estación meteorológica de la UABC, campus Mexicali. A partir de esta información se estimó el ITH mediante la formula propuesta por Hahn (1999): $ITH = 0.81 T_{amb} + HR (T_{amb} - 14.4) + 46.4$.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el experimento 1, los datos referentes a FR y TR se analizaron mediante un modelo de mediciones repetidas, el cual incluyó efectos de tratamiento, período y la interacción tratamiento x período. Las variables reproductivas como fueron tasa de preñez, mortalidad embrionaria/fetal y concentración de P₄ se

analizaron bajo un diseño de bloques completamente al azar (en ambos experimentos). Para las variables expresadas en porcentaje se utilizó el procedimiento CATMOD mientras que para el resto de las variables se utilizó el PROC MIXED, ambos del paquete estadístico SAS (2004). En el caso de las variables fisiológicas adicionalmente se utilizaron las opciones RANDOM y REPEATED, para representar el efecto de las mediciones repetidas. Cuando se detectó significancia para alguna variable de estudio por efecto de tratamiento o época, se corrieron pruebas de t para comparación de medias a una $P < 0.05$, y se consideró que existían tendencias cuando $0.05 > P > 0.10$.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DATOS CLIMATOLOGICOS

En el Cuadro 3 se muestran los valores máximos, mínimos y promedios de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH que se registraron entre las 0600 y 1800 h en verano. En el período 1 se observaron más condiciones más adversas a lo largo del día, siendo los promedios para temperatura ambiental, humedad relativa e ITH de 37.5° C, 29.2 % y 81 unidades, respectivamente. Para el período 2 se registró un promedio de temperatura ambiental de 36.8° C, de humedad relativa de 35.4 % y de ITH de 83 unidades. En este período se observó el porcentaje de HR más alto, lo cual se reflejó en un ITH ligeramente superior al del periodo 1 (81 vs 83 unidades). En el período 3, las condiciones ambientales tendieron a bajar, sin embargo, este decremento no fue suficiente para dejar de producir un grado de estrés por calor sobre las vaquillas en cuestión, ya que la temperatura ambiental y la humedad relativa registrada fueron suficientes para producir un ITH superior a las 72 unidades; el punto limite donde inicio del estrés calórico. Los valores promedios en éste periodo 3 para temperatura ambiental, humedad relativa e ITH fueron de 32.7° C, 23.9% y 77 unidades, respectivamente.

En el Cuadro 4 se muestran los valores máximos, mínimos y promedios de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH que se registraron entre las 1700 y 0500 h en verano. Durante la noche, el período 1 y 2 registraron promedios de temperatura ambiental similares (32.8° C y 32.7° C, respectivamente), sin embargo, se registró en promedio 8.2 % mayor humedad relativa en el periodo 2 (44.9%) que en el período 1 (36.7 %). El ITH registró una diferencia de 4 unidades entre el período 2 (81) y el período 1 (77). En el período 3 se registraron los

promedios más bajos de temperatura ambiente y humedad relativa (27.9°C y 29.6%), dando como resultado 73 unidades de ITH en promedio. Este resultado indica que aun y cuando se encontraron menores temperaturas durante la noche los animales continuaban sometidos a condiciones de hipetermia. (Figura 1). De acuerdo a los datos climatológicos se puede considerar que el grado de estrés calórico al cual fueron sometidas las vaquillas durante este estudio fue moderado, tanto en el día como en la noche. Como resultado de esto, el comportamiento fisiológico de las vaquillas se vio afectado.

En Cuadro 5 se presentan los valores máximos, mínimos y promedio de las condiciones climáticas registradas del experimento 2. Los valores promedios de temperatura, humedad relativa e ITH fueron de 16.3° C, 38.6 % y 57.5 unidades, respectivamente. Se consideró que los animales se encontraron en condiciones de termoneutralidad a lo largo de esta época. Cabe mencionar que de los 3 meses que componen la época de invierno, en el mes de Enero se registraron los promedios de ITH más bajos (Figura 2)

4.2 TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA

En el Cuadro 6 se muestran los resultados de efecto de tiempo de enfriamiento sobre las variables fisiológicas. La FR fue mayor ($P < 0.05$) en vaquillas tratadas con sólo sombra (90 ± 0.43 resp/min) que las enfriadas por 21 (83 ± 0.43 resp/min) ó 28 d (83 ± 0.43 resp/min) post-IA, entre las cuales no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) para esta variable. Estos resultados sugiere que el sistema de enfriamiento a base de aspersores y abanicos logró reducir en 7.8 % la tensión del calor en vaquillas. Tanto en la mañana como en la tarde, la TR fue mayor ($P < 0.05$) por 0.16 y 0.35° C, respectivamente, en el GT que en las tratadas con algún período de enfriamiento. No obstante que se encontró diferencia

significativa en la TR durante la mañana, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos normales (38.18 ± 0.45 °C) publicados para el ganado lechero (Bitman et al., 1984). Estos resultados indican que las vaquillas recuperaron sus niveles normales de TR, lo cual se explica por la pérdida de calor durante la noche. Un estudio en climas cálidos observaron que animales enfriados durante el día y aquellos que se encontraron solo en sombra, obtuvieron un comportamiento similar en la temperatura vaginal durante la noche (2000 a 1000 h) resultando en un promedio de 38.4°C (sin publicar Pérez, 2009). Por otra parte, los resultados de TR registrados en la tarde fueron superiores a los rangos normales que marca la literatura, sin embargo, en las vacas enfriadas se observó ligeramente menor TR, lo cual es un reflejo directo a los tratamientos de enfriamiento que les daba a las vaquillas del T1 y T2. Estos resultados sugieren los beneficios de aplicar enfriamiento con abanicos y aspersores con el fin de disipar parcialmente la carga de calor que adquieren los animales a través del día. Acorde con estos resultados, Gwazdauskas (1985) reportó que animales expuestos a un estrés moderado aumentan su TR de 38.7 a 40.1°C y su FR por arriba de 50 resp/min.

4.3 MORTALIDAD EMBRIONARIA/FETAL

La mortalidad embrionaria por efecto del estrés calórico se ha revisado ampliamente en diversas investigaciones, donde han encontrado gran variabilidad en los resultados. En este estudio (experimento 1), no se encontró ($P > 0.05$) efecto de tiempo de enfriamiento (21 ó 28 d post-IA) sobre la Me_{Temp} , Me_{Tard} , MF_{36-45d} y MF_{46-60d} (Figura 3). En vaquillas lecheras bajo condiciones termoneutrales los porcentajes de fertilización pueden alcanzar el 100% (Stevenson, 2002), mientras que este porcentaje puede ser reducido en vaquillas que se encuentren en

ambientes cálidos. Esto debido a que el estrés por calor ejerce su mayor impacto post-fertilización provocando mayores pérdidas de preñez al inicio de la gestación (Sartori et al., 2002). Por lo tanto, proveer un alivio al ganado al inicio de la preñez puede reducir los porcentajes de mortalidad embrionaria. En nuestro estudio resulta imposible detectar los beneficios debido al enfriamiento, ya que para la evaluación del mantenimiento de la preñez no se consideró un grupo testigo como se hizo en las mediciones de las variables fisiológicas. No obstante, numéricamente se observó que la METempr y la METard fue alrededor de 10 y 6 %, respectivamente, más baja cuando las vaquillas se enfriaron por 28 d que cuando se enfriaron por 21 d. En diversos estudios donde se han evaluado las pérdidas de preñez entre el día 28 hasta el término de la gestación se han obtenido porcentajes de entre 1.5 hasta 10.2 % de mortalidad embrionaria y fetal en vaquillas lecheras nulíparas en condiciones de termoneutralidad (Santos et al., 2002). Dichos resultados se encuentran por debajo de los obtenidos en este estudio, ya que se observaron pérdidas de preñez de 18.33 % en T1 y de 25.0% para T2 entre los días 22 y 60 post-inseminación durante la época de verano, atribuyéndose esta elevada mortalidad embrionaria y fetal al estrés por calor.

En un estudio realizado con vacas por Humblot (2001) en una zona templada, encontró que la mortalidad embrionaria temprana y tardía post-IA fueron de 31.6 y 14.7 % respectivamente. Sin embargo, un estudio bajo condiciones de estrés calórico en vacas altas productoras mostró 42.7 % de pérdidas de preñez después del día 27 post-IA (Cartmill et al., 2001). Las pérdidas de preñez observadas en este estudio fueron de 40% para T1 y 55.36 % para T2 obteniendo un promedio general de 1.13% de pérdidas de preñez por día durante el verano, porcentajes similares a los observados en vacas lactantes entre el día

28 y 58 de preñez (1.15 %) bajo condiciones de termoneutralidad (Cartmill et al., 2001).

En la Figura 4 se muestran los resultados de mantenimiento de preñez del experimento 2. Las vaquillas IA durante verano e invierno presentaron similar ($P>0.05$) porcentaje de Me_{Temp} , Me_{Tard} , MF_{36-45d} y MF_{46-60d} . No obstante, se observó una tendencia ($P=0.0925$) a incrementar el porcentaje de Me_{Temp} en las vaquillas IA durante el verano. Aun cuando un resultado común es el incremento en la mortalidad embrionaria en época de verano (Santos et al. 2002; Humblot, 2001), este estudio solamente reflejó una tendencia, lo cual puede deberse a cierto nivel de adaptación que presentan las vaquillas estudiadas al estrés calórico. Las altas temperaturas que se presentan en el verano tienen un efecto negativo sobre los embriones en su estadio previo a la implantación (Ryan et al., 1993), siendo el periodo crítico entre los días 15 y 17 (Santos et al., 2004), ocasionando una mortalidad embrionaria temprana o una falla en la fertilización. Los resultados en este estudio muestran que la mayor parte de las pérdidas de gestación se dieron antes del día 42, previo al momento en el que se lleva a cabo el reconocimiento materno de la preñez. Esto debido a que después de este periodo la resistencia de los embriones a los efectos del estrés calórico aumenta a medida que se desarrollan (Ealy et al., 1993).

4.4 TASA DE PREÑEZ

En la Figura 5 se muestran los resultados de TP por efecto del tiempo de enfriamiento post-IA. La TP al día 21- 24 post-IA fue similar entre tratamientos ($P=0.285$; $T1=78.33$ y $T2=69.64$ %), al igual que la TP del día 28-30 ($P=0.1028$; $T1=66.67$ % vs. $T2=51.79$ %) y del día 36-45 ($P=0.1011$; $T1=63.3$ vs. $T2=48.2$ %) post-IA. Sin embargo, la TP del día 46 al 60 post-IA tendió ($P=0.097$) a ser mayor

en las vaquillas enfriadas durante 21 días (T1=60 %) en comparación con vaquillas que fueron expuestas una semana más al sistema de enfriamiento (T2=44.6 %). El uso de sistemas de enfriamiento para refrescar a las vacas lecheras alrededor del momento del estro y después de la inseminación, incrementa los porcentajes de preñez durante el verano (Stott and Wiersman, 1976). Stott and Wiersma (1979) reportaron un incremento en la fertilidad durante el verano al enfriar vacas antes de la IA y durante 1 a 6.5 d post-IA. Ealy et al. (1994) reportaron una TP del 16 % para vacas enfriadas artificialmente durante 2 a 3 d antes de la IA y de 5 a 6 d post-IA, comparadas con los animales que se encontraban alojados solo bajo sombra los cuales obtuvieron un 6% de la TP. De igual manera en un estudio por Correa et al. (2009), compararon el efecto de la inseminación a tiempo fijo en vaquillas durante el verano donde fueron enfriadas 11 d antes de la IA y 21 d post-IA, encontrando tasas de preñez (51.7%) similares a la obtenida en este estudio con el mismo tiempo de enfriamiento (T1). De la misma manera, en un experimento reportado por Moghaddam et al. (2009) observaron una TP de 56.6 % al d 45 post-IA en vaquillas Holstein sincronizadas y enfriadas 2 h antes y 2 h después de la IA, mientras que vaquillas que se encontraban solo con sombra obtuvieron un 23.3 % de TP. Todos estos resultados son contrarios a los encontrados en este estudio, donde la TP no fue mejorada por efecto del enfriamiento. Dichas diferencias entre esos resultados y los de este estudio se deben posiblemente a que los tiempos de enfriamiento fueron más cortos, y el punto de comparación de esos estudios fue un grupo de vaquillas que sólo recibieron sombra. Haber tenido un grupo inseminado artificialmente bajo condiciones con sólo sombra hubiese sido de mucha utilidad para ver efectos significativos. Por otra parte, las TP observadas en este estudio demuestran que resulta igual de útil enfriar las vaquillas 21 ó 28 d post-IA.

También existen estudios donde han encontrado resultados similares a los de este trabajo. Her et al., (1988) en un estudio en Arizona, no encontraron diferencia alguna en el porcentaje de concepción entre vacas lecheras enfriadas (33%) y no enfriadas (22%) un día antes de la fecha esperada del estro y 8 d post-estro. Estos mismos autores recomendaron periodos de enfriamiento mayores de 10 d, tal como se realizó en este estudio. Wise et al. (1988) tampoco observaron diferencia entre vacas enfriadas 16 d después de la IA y vacas que se encontraban solo bajo sombra.

En la Figura 6 se presentan los resultados de TP del experimento 2. Los porcentajes de preñez durante el verano fueron menores ($P < 0.020$) a los registrados durante el invierno, con excepción de la TP del día 21-24, la cual mostró una tendencia a ser menor ($P = 0.0925$) en verano (74.14%) comparado con el invierno (84.1 %). Las TP a los días 28-30 ($P = 0.0131$), 36-45 ($P = 0.0082$) y 46-60 ($P = 0.0102$) post-IA, fue mayor ($P < 0.05$) en 17.1, 18.4 y 18.2 %, respectivamente, en vaquillas inseminadas en invierno comparado con las de verano. En algunos estudios se ha reportado que el porcentaje de preñez fue 75 % en vaquillas lecheras bajo condiciones de termoneutralidad (Pursley et al., 1997), sin embargo, en regiones con veranos extremos el porcentaje de preñez durante los meses más calurosos del año descienden hasta un 20 % en comparación con las otras épocas del año (Lozano et al., 1992). Ingraham et al. (1974) reportó que los meses donde el clima es frío, se pueden obtener TP de 55%, sin embargo, en los meses de mayor temperatura ambiental y HR alta, la TP disminuye hasta un 10%. En este estudio se observó un descenso del 15.2 % (promedio) durante el verano en comparación con los porcentajes de preñez en invierno. En Arabia Saudita, Ryan et al. (1993) encontraron una TP de entre 25 a 35 % en la estación de verano, 36 % menor a la observada en la estación del

invierno. Cruz et al (2003) reportaron en vacas lecheras en producción una TP del 5 % mayor para el invierno en comparación con vacas que se encontraban bajo un sistema de enfriamiento artificial (ventiladores y aspersores) durante el verano. Los resultados obtenidos en este estudio muestran el efecto negativo del estrés calórico sobre los porcentajes de preñez durante el verano, evidentemente las condiciones ambientales jugaron un papel importante sobre la TP debido a las pérdidas de gestación ocasionadas por el estrés calórico.

4.5 CONCENTRACION DE PROGESTERONA

En el cuadro 7 se presentan los resultados de concentración de P_4 por efecto del periodo de enfriamiento (tratamientos). Se observó que los niveles de P_4 fueron similares ($P>0.05$) al momento de la IA ($T1=1.48$ ng/ml vs. $T2=1.12$ ng/ml), y a los 21 ($T1=6.61$ ng/ml vs $T2=5.93$ ng/ml) y 28 d ($T1=7.14$ ng/ml vs $T2=6.95$ ng/ml) post-IA. Los valores de P_4 al momento de la IA se encontraron ligeramente por encima de 1 ng/ml en ambos tratamientos, concentración mayor a la reportada por diversos estudios (Duchens et al., 1994; Bage, 1999; Aguirre et al., 2006). Se ha sugerido que concentraciones altas de P_4 durante el estro causan disturbios en la ovulación (Duchens et al., 1994); asociándose principalmente con vaquillas repetidoras (vaquillas con más de 3 inseminaciones) (Bage, 1999). Por otro lado, un estudio realizado por Aguirre et al. (2006) no mostró asociación entre los niveles de progesterona al momento de la IA y la fertilidad. Las concentraciones de P_4 al día 21 y 28 obtenidas en este estudio en los diferentes tratamientos coinciden con los datos observados por Cruz et al. (2009), quienes observaron concentraciones por arriba de 5.0 ng/ml durante la fase lútea de vacas durante la época cálida. La diferencia de días entre los

periodos de enfriamiento post-IA (tratamientos) no fue suficiente para mostrar una diferencia en la concentración de P_4 al día 28 en este estudio.

En el cuadro 8 se presentan los resultados de concentración de P_4 para el experimento 2. La concentración de P_4 entre épocas fue similar ($P>0.05$) al momento de la IA y a los 28 d post-IA. Sin embargo, a los 21 d post-IA se observó una mayor ($P=0.005$) concentración de P_4 en vaquillas inseminadas en invierno comparado con las de verano (8.6 vs 6.3 ng/ml). La diferencia encontrada al d 21 post-IA entre el verano e invierno, puede ser ocasionada debido a las altas temperaturas que se presentaron en los meses de verano. Un estudio realizado por Schillo et al. (1992) demostró que la época del año puede influir sobre el comportamiento reproductivo del animal. Se ha comprobado que el estrés por calor afecta la concentración de P_4 disminuyendo su concentración a nivel sanguíneo (Román-Ponce et al., 1978), y como consecuencia, se producen fallas en la concepción en las primeras 2 semanas siguientes del servicio (Ryan et al 1993). Estas fallas en la concepción se relacionan con la incapacidad del embrión para sintetizar la hormona antiluteolítica conocida como interfeton-t (Mann et al., 1999) debido a las bajas concentraciones de P_4 circulante en sangre.

Cuadro 1. Ingredientes de la dieta utilizada en vaquillas Holstein durante el verano 2008.

Ingredientes	Porcentaje (%)
Ensilado de sorgo	20
Bermuda	11
Alfalfa revuelta con paja de cebada	16
Alfalfa achicalada	16
Sudan	12
Gluten de maíz	8
Semilla de algodón	5
Melaza	10
Minerales (Premix vaquilla, Trivet®)	2

Cuadro 2. Análisis bromatológico de la dieta, para vaquillas Holstein durante el verano 2008.

Componente Químico	Porcentaje (%)
Materia Seca (MS)	97.44
Humedad	2.56
Cenizas	10.01
Proteína	9.25
Extracto etéreo	3
Fibra Detergente Ácido (FDA)	36.97
Fibra Detergente Neutra (FDN)	55.27
Energía Total	3958.37 Kcal/Kg

Cuadro 3. Máximos, mínimos y promedios de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH de las 0600 a las 1800 h durante el período experimental de verano.

	Temperatura Ambiental (°C)			Humedad Relativa (%)			ITH (unidades)		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
Periodo 1									
1	47.1	26.0	38.6	70.3	3.9	20.5	85	66	76
2	46.7	28.1	38.2	73.0	8.3	26.2	86	70	80
3	43.9	27.3	35.9	71.4	17.6	37.4	87	76	83
4	44.7	27.8	37.7	68.3	12.2	29.9	86	73	82
5	44.6	26.0	36.9	74.8	5.0	32.1	86	73	83
Promedio	45.4	27.0	37.5	71.6	5.0	29.2	86	71	81
Periodo 2									
1	46.2	27.5	37.8	69.5	9.8	25.7	88	75	83
2	44.7	28.4	36.9	70.0	15.5	39.5	88	78	85
3	43.1	28.0	36.8	80.6	12.2	36.5	87	74	83
4	43.4	25.7	37.2	69.1	8.3	26.2	87	70	82
5	43.2	23.8	34.4	76.1	16.7	43.2	87	77	84
6	44.4	27.2	37.4	92.3	10.5	41.1	86	74	82
Promedio	44.2	26.7	36.8	76.3	12.2	35.4	87	75	83
Periodo 3									
1	45.3	21.4	34.9	81.1	8.1	32.3	86	69	80
2	42.2	22.7	34.8	79.4	8.5	33.0	85	70	81
3	42.1	21.3	34.9	83.6	8.8	20.5	84	66	78
4	42.5	26.7	35.8	61.3	9.5	19.9	84	72	79
5	39.7	19.7	30.7	53.0	8.3	21.9	82	65	74
6	37.1	12.1	25.3	42.5	7.8	15.7	79	55	68
Promedio	41.5	20.6	32.7	66.8	8.5	23.9	83	66	77
Prom. General	43.7	24.7	35.6	71.5	8.5	29.5	85	71	80

Cuadro 4. Máximos, mínimos y promedios semanales de temperatura ambiental, humedad relativa e ITH de las 1700 a las 0500 h, durante el período experimental de verano.

	Temperatura Ambiental (°C)			Humedad Relativa (%)			ITH (unidades)		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
Periodo 1									
1	44.4	25.5	33.3	73.6	4.2	24.6	83	64	71
2	42.9	28.0	33.4	73.3	9.5	33.9	84	70	77
3	41.4	26.1	32.5	73.8	20.7	47.4	85	75	80
4	42.1	27.1	32.7	76.2	10.3	40.8	84	72	79
5	41.0	26.3	32.3	68.4	10.3	36.6	85	72	79
Promedio	42.4	26.6	32.8	73	11	36.7	84	71	77
Periodo 2									
1	42.8	27.3	32.9	68.4	12.1	39.0	86	75	80
2	41.3	28.4	33.4	74.0	19.7	47.1	85	78	82
3	40.4	28.1	33.1	80.7	12.9	44.2	85	73	81
4	39.5	26.8	32.4	68.6	9.3	37.7	84	71	79
5	38.4	25.9	31.3	74.4	24.8	52.9	85	77	82
6	40.5	27.0	33.0	85.9	13.9	48.5	83	75	80
Promedio	40.5	27.2	32.7	75.3	15.4	44.9	85	75	81
Periodo 3									
1	41.2	21.6	30.4	78.6	11.0	35.6	83	69	76
2	38.0	23.4	30.2	76.2	12.0	40.6	82	71	77
3	38.2	22.0	29.6	84.7	11.4	28.1	82	67	75
4	37.5	26.5	31.7	44.9	13.6	23.6	81	71	76
5	33.9	20.4	25.3	52.3	12.3	29.0	77	66	70
6	31.1	12.8	19.9	42.4	11.5	20.8	74	56	64
Promedio	36.6	21.1	27.9	63.2	12.0	29.6	80	67	73
Prom. General	39.8	24.9	31.3	70.5	12.8	37	83	71	77

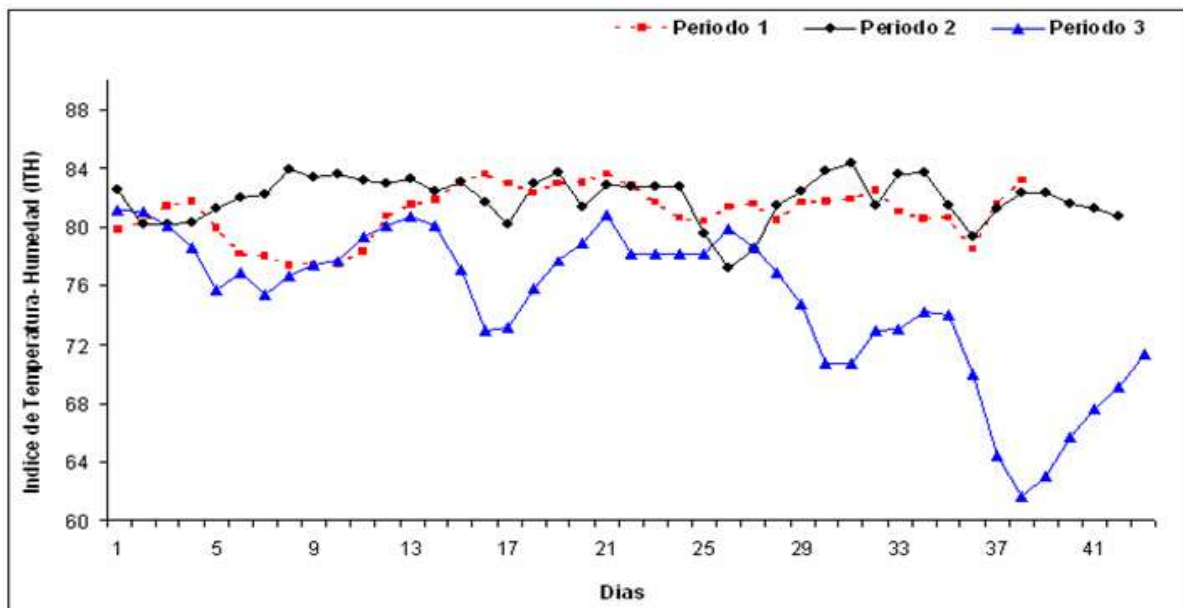


Figura 1. Promedios de unidades de Índice de Temperatura-humedad (ITH), durante los tres periodos del experimento 1

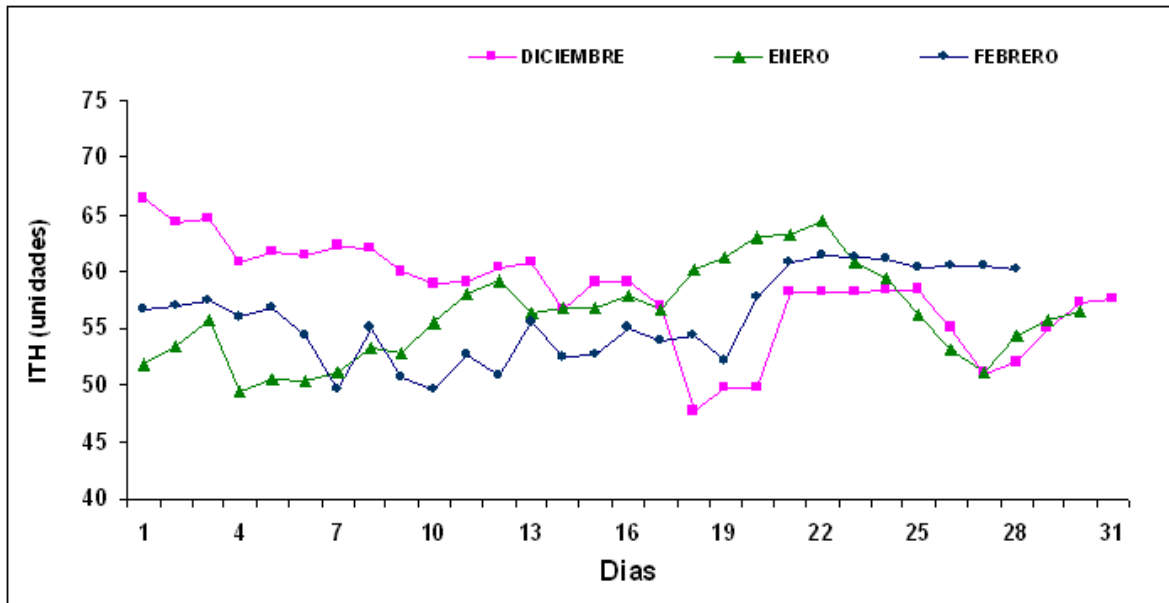


Figura 2. Promedios de unidades de Índice de Temperatura-humedad (ITH), durante el experimento 2.

Cuadro 5. Valores de temperatura ambiental (°C), humedad relativa (%) e ITH (unidades) (máxima, mínimo y promedio) durante el experimento 2.

	Temperatura Ambiental (°C)			Humedad Relativa (%)			ITH (unidades)		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
Diciembre	21.5	9.7	15.2	63.3	26.9	44.0	68	53	58
Enero	23.8	10.3	16.7	51.4	18.2	33.7	70	60	54
Febrero	23.8	10.7	17.0	57.7	21.7	38.2	70	54	60
PromedioGeneral	23.0	10.2	16.3	57.4	22.2	38.6	69	56	58

Cuadro 6 Promedios de respuestas fisiológicas observadas en vaquillas Holstein durante el experimento 1

Variables	Tratamiento		
	GT	T1	T2
Frecuencia Respiratoria (pm)	89.95±0.43 ^a	82.90±0.43 ^b	82.98±0.41 ^b
Temperatura Rectal (am)	38.43±0.03 ^a	38.28±0.02 ^b	38.26±0.02 ^b
Temperatura Rectal (pm)	39.61±0.02 ^a	39.23±0.01 ^b	39.23±0.01 ^b

^{a,b} Literales distintas dentro de la misma hilera indican diferencia (P<0.05)

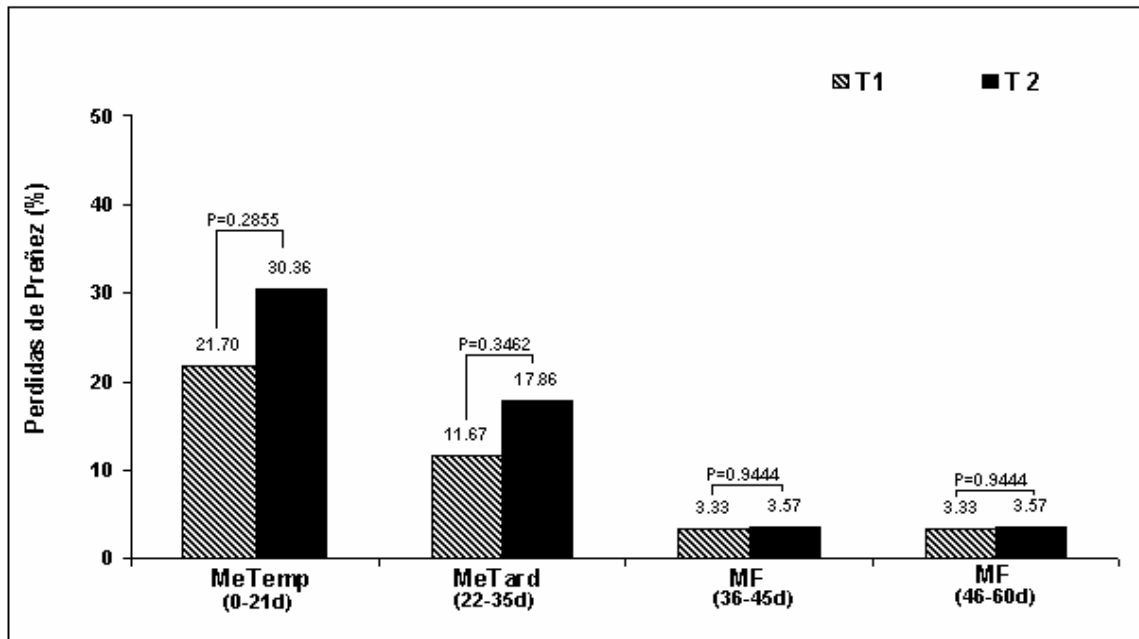


Figura. 3. Pérdidas de preñez en vaquillas Holstein enriadas 21 (T1) y 28 (T2) d post-IA durante el experimento 1

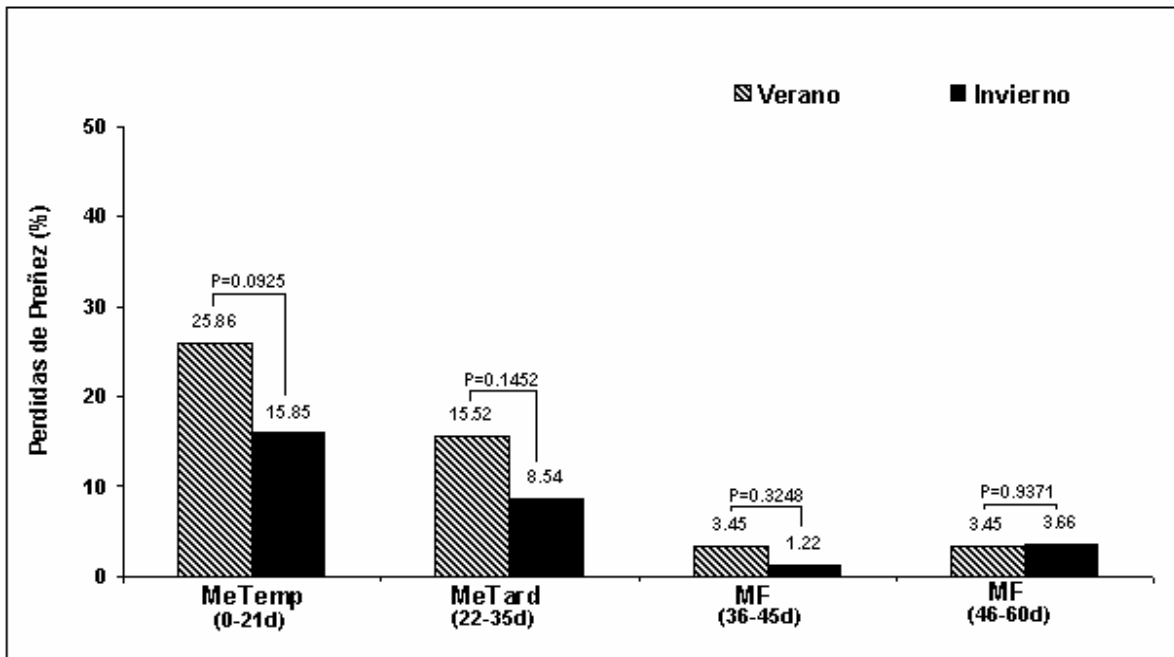


Figura. 4. Pérdidas de preñez en vaquillas Holstein durante el experimento 2.

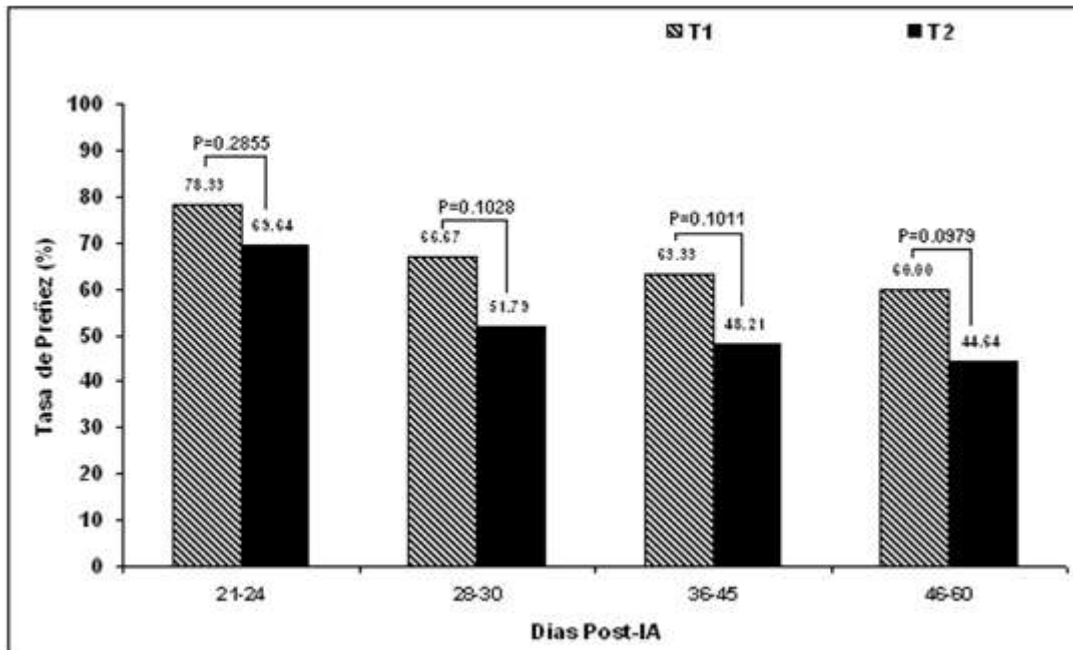


Figura. 5. Tasa de preñez a diferentes días post-IA en vaquillas Holstein enfiadas 21 (T1) y 28 d (T2) post-IA durante el verano (experimento 1)

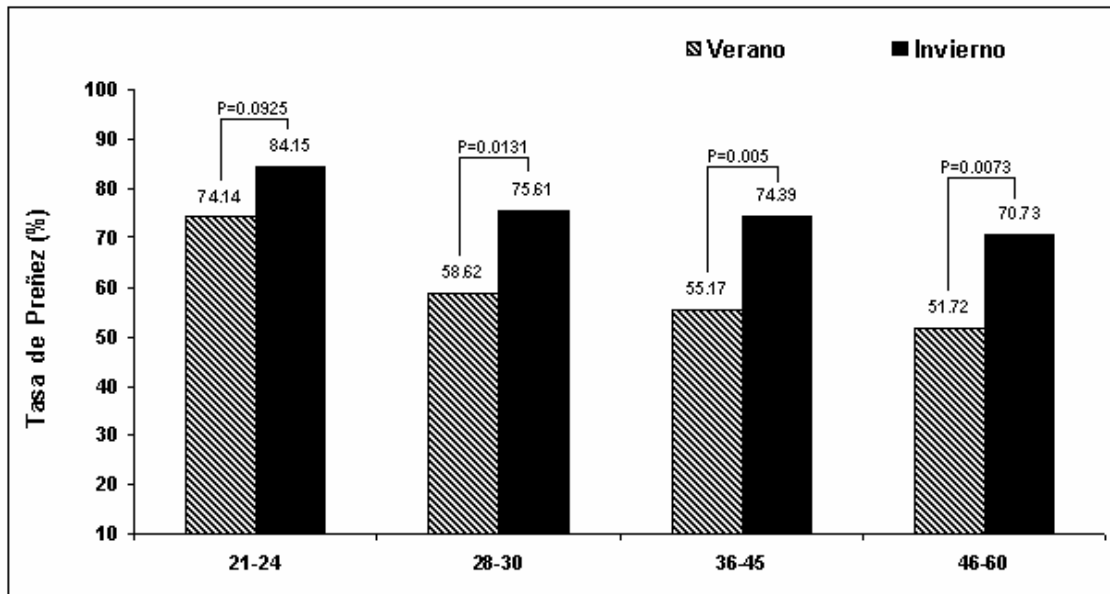


Figura 6. Tasa de preñez obtenidas durante el experimento 2 en vaquillas Holstein.

Cuadro 7 Concentraciones de progesterona al momento de la IA (0d), 21 y 28 d post-IA en vaquillas enfriadas 21 (T1) y 28 (T2) d post-IA durante el verano (experimento 1)

Día	P4 (ng/ml)		Valor de P
	T1	T2	
0d	1.48±0.19	1.29±0.19	0.4923
21d	6.61±0.41	5.93±0.45	0.2695
28d	7.14±0.53	6.95±0.55	0.8180

Cuadro 8. Concentración de progesterona al momento de la IA (0d), 21 y 28 d post-IA en vaquillas durante el experimento 2.

Día	P4 (ng/ml)		Valor de P
	Verano	Invierno	
0d	1.39±0.13	1.12±0.14	0.1858
21d	6.31±0.55	8.58±0.57	0.0050
28d	7.08±0.46	7.29±0.47	0.7511

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que el nivel de estrés calórico al cual estuvieron sometidas las vaquillas durante el verano fue moderado tanto en el día como en la noche. La estrategia de enfriar a los animales durante el día logró mejorar el confort, ya que se observó una reducción en FR y TR en vaquillas que se encontraban bajo el sistema de enfriamiento. Las vaquillas con 28 d de enfriamiento post-IA no mostraron una mejoría en la fertilidad con respecto a las vaquillas enfriadas durante 21 d post-IA, ya que la mortalidad embrionaria/fetal y sus concentraciones de P_4 fueron similares. Sin embargo, las vaquillas con 21 d de enfriamiento post-IA durante el día tendieron a tener un porcentaje de preñez mayor a los 60 d post-IA. El efecto negativo de las altas temperaturas del verano con respecto a la estación de invierno se vio reflejado en la mortalidad embrionaria/ fetal, así como en la TP, obteniéndose una mejor fertilidad durante el invierno en comparación con el verano.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta, S.J. 1994. Nutrición y manejo del ganado en corrales de engorda bajo estrés por calor. Memorias del IV Reunión de Producción de Carne y Leche en zonas cálidas. p.p. 2 .ICA-UABC. Mexicali, B.C.
- Adams, T.A., H. Sakurai and B.M. Adams. 1999. Effect of stress-like concentrations of cortisol on estradiol-dependent expression of gonadotropin-releasing hormone receptor in orchidectomized sheep. *Biol. Reprod.* 60:164-168.
- Aguirre, G., C. Pardo y A. Góngora. 2006. Inicio del celo, tasa de gestación y relación del tiempo de inseminación con los niveles de progesterona en vacas brahman. *Rev. MVZ Córdoba.* 11:766-772.
- Arauz, E.E. 1992. Efectos de la tensión calórica en la época seca sobre algunos índices fisiológicos y el estado general en lactación y crecimiento en ganado lechero cruzado. *Agron. Mesoam* 3: 34-39.
- Aréchiga-Flores, C. F. y P. J Hansen. 2003. Efectos climáticos adversos en la función reproductiva de los bovinos. *Veterinaria Zacatecas.* 2: 89-107.
- Arias, R.A., T.L. Mader y P.C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Revision Bibliográfica. Arch. Med. Vet.* 40: 7-22.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
- Armstrong, D.V., M.E. Wise, M.T. Torabi, F.M.E Wiersma, R. Hunter, and E. Kopel. 1988. Effect of different cooling systems on milk production of late lactation Holstein cows during high ambient temperature. *J. Dairy Sci.* 71(suppl.1):212.
- Avendaño-Reyes, L., F.D. Alvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A.S. Algándar, R.V. Pérez, F.A. Rivera, P.H. Robinson, y J.G. Fadel. 2007.

Respuesta productiva de vacas lecheras Holstein a tres estrategias de enfriamiento bajo condiciones de estrés por calor. Memorias del XXXI Congreso Nacional de Buiatría y XIII Congreso Latino Americano de Buiatría. Acapulco, Gro. 2007.

Bage, R. 1999. Progesterone levels and oestrus expression in dairy heifers at the time of field insemination. *Reprod. Dom. Anim.* 34:109-110.

Beal, W.E., C. Perry and L.R. Corah. 1992. The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. *J. Anim Sci.* 70: 924-929.

Beede, D.K. and R.J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62:543-554.

Binelli, M., W.W. Thatcher, R. Mattos and P. Baruselli. 2001. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. *Theriogenology.* 56: 1451-1463.

Bitman, J., A. Lefcourt., D.L. Wood and B. Stroud. 1984. Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:1014-1023.

Bo, G. A. y M. Caccia. 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. *Rev. Taurus.* 2 :23-39.

Brown-Brandl, T.M., R.A. Eigenberg, J.A. Nienaber and G.H. Hahn. 2005. Dynamic response indicators of heat stress un shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: Analyses of indicators. *Biosyst Eng* 90:451-462.

Bucklin, R. A., L. W. Turner, D. K. Beede, R. Bray and R. W Hemken. 1991. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Appl. Eng. Agric.* 7:241.

Burke, J. M., R. L. de la Sota, C. A. Risco, C. R. Staples, E. J. P. Schmitt and W. W. Thatcher. 1996. Evaluation of timed insemination using a gonadotropin-releasing hormone agonist in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1385-1393.

- Cartmill, J.A., S.Z. El-Zarkouny, B.A. Hensley, G.C. Lamb and J.S. Stevenson. 2001a. Stage of cycle, incidence, and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J. Dairy Sci.* 84, 1051–1059.
- Cartmill, J.A., S. Z. El-Zarkouny, B.A. Hensley, T.G. Rozell, J.F. Smith and J.S. Stevenson. 2001b. An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after calving or both. *J. Dairy Sci.* 84: 799–806.
- Cavestany, D., E. Wishy, A.B. and R.H. Foote. 1985. Effect of season and high environmental temperature on fertility of Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 68: 1471-1478.
- Collier, R.J., R.M. Eley, A.K Sharma, R.M. Pereira and D.E. Buffington. 1981. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 64: 844-849.
- Correa, A., A. Hernández, L. Avendaño, F. Rivera, F. Álvarez, R. Díaz, A. Pérez, y C. Gómez. 2007. Evaluación de un protocolo a inseminación a tiempo fijo combinado con suplementación de progesterona en vaquillas Holstein durante el verano. APPA-ALPA.
- Correa, C.A., G. De Santos, L. Avendaño, F. Rivera, D. Alvarez, F. Ardon, R. Díaz y R. Collier. 2009. Enfriamiento artificial y tasa de concepción de vaquillas Holstein con estrés térmico. *Arch. Zootec.* 58: 231-239.
- Correa, C.A., L. Avendaño, A. Villanueva, A. Rubio, D.V. Armstrong, J.F. Smith y S.K. DeNise. 2002. Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. *Agrociencia* 36:531-539.
- Cruz, G. y C. Saravia. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia.* 1: 56 – 60.

- Cruz, J.E., C.A. Elizondo, A.R. Ulloa y I.G. Fernandez. 2009. Efecto de la GnRH post-inseminación sobre la concentración de progesterona y las tasas de concepción en vacas repetidoras Holstein en condiciones de estrés calórico. *Tec. Pec. Mex.* 47: 107-115.
- Cupp A S, Stumpf T T, Kojima F N, Werth L A, Wolfe M W, Roberson M S, Kittok R J and Kinder J E . 1995. Secretion of gonadotrophins changes during the luteal phase of the bovine oestrous cycle in the absence of corresponding changes in progesterone or 17 β -oestradiol. *Anim. Reprod. Sci.* 37:109-119.
- Daley, C.A., H. Sakurai., B.M. Adams and T.E. Adams. 1999. Effect of stress-like concentrations of cortisol on gonadotroph function in orchidectomized sheep. *Biol. Reprod.* 60:158-163.
- Dalton, J.C., S. Nadir, J.H. Bame, M. Noftsinger, R.L. Nebel and R.G. Sacke. 2001. Effect of time of insemination on number of accessory sperm, fertilization rate, and embryo quality in nonlactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 84:2413-2418.
- Davis, M.S., T.L. Mader, S.M. Holt and A.M. Parkhurst. 2003. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. *J. Anim. Sci.* 81: 649-661.
- Day, M.L. and L.H Anderson. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl 3): 1-15.
- De la Sota, R. L., J. M. Burke, C. A. Risco, F. Moreira, M. A. DeLorenzo and W. W. Thatcher. 1998. Evaluation of timed insemination during summer heat stress in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 49:761–770.
- De Rensis, F. and S. R. John. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. *Theriogenology* 60:1139-1151.
- Duchens, M., M. Forsberg, L.E. Edqvist, H. Gustafsson and H. Rodriguez-Martinez. 1994. Effect of induced suprabasal progesterone levels

around estrus on plasma concentrations of progesterone, estradiol-17 β and LH in heifers. *Theriogenology* 42:1159-1169.

Dunlap, S. E. and C.K. Vincent. 1971. Influence of post breeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 32:1216-1218.

Ealy, A.D., C.F. Aréchiga, D.R. Bray, C.A. Risco and P.J. Hansen. 1994. Effectiveness of short-term cooling and vitamin E for alleviation of infertility induced by heat stress in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 3601-3607.

Ealy, A.D., M. Drost and D.J. Hansen. 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy. Sci.* 76:2899-2905.

España, E.F., C.C. Marín, I.A. Rodríguez, M.J. Dorado y P. Hidalgo. 2004. Estudio comparativo de la eficacia del diagnóstico precoz de gestación en vacuno mediante ecografía luteal y progesterona plasmática. *Revista Científica, FCV-LUZ* 12: 20-27.

Farin, P.W., R.S. Youngquist, J.R. Parfet and H.A. Garverick. 1990. Diagnosis of follicular cysts in dairy cows by sector scan ultrasonography. *Theriogenology* 34:633-642.

Farin, P.W., R.S. Youngquist, J.R. Parfet and H.A. Garverick. 1992. Diagnosis of luteal and follicular ovarian cysts by palpation per rectum and linear-array ultrasonography in dairy cows. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 200:1085-1089.

Flamenbaum, I., D. Wolfenson, M. Mamen and A. Berman. 1986. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its supplementation in the shelter system. *J. Dairy Sci.* 69:3140-3147.

Flores, E., J. Vega y V. Tello. 2007. Efectos del uso de un progestágeno (CIDR-B), tempranamente post-inseminación a tiempo fijo en la fertilidad de vacas lecheras alta productoras. XX Reunión latinoamericana de

producción animal (APPA), XXX Reunión anual de la asociación peruana de producción animal (ALPA). Cusco, Peru.

Galland, J. C., L. A. Offenbach and M. F. Spire. 1994. Measuring the time needed to confirm fetal age in beef heifers using ultrasonographic examination. *Vet. Med.* 89:795-804.

Gangwar, P.C., C.I. Branton and D. L. Evans. 1965. Reproductive and Physiological responses of holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. *J Dairy Sci.* 48: 222-227.

Garverick, H.A., M.T. Mose, D.H. Keisler, S.A. Hamilton, R.M. Roberts and M.F. Smith. 1991. Luteal function after intrauterine infusion of bovine recombinant interferon- α into postpartum beef cows anticipated to have short or normal luteal phases. *J. Reprod. Fertil.* 43: 102-104.

Gaughan, J.B., T.L. Mader, S.M. Holt and A. Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:226-234.

Gaughan, J.B., T.L. Mader, S.M. Holt, M.J. Josey and K.J. Rowan. 1999. Heat tolerance of Boran and Tuli crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 77: 2398-2405.

Gebremedhin, K.G. and B. Wu. 2001. A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. *Journal of Thermal Biology.* 26: 537-545.

Gebremedhin, K.G. and B. Wu. 2002. Simulation of sensible and latent heat losses from wet-skin surface and fur layer. *J. Therm Biol.* 27:291-297.

Geisert, R. D., M. T. Zavy, B. G. Biggers, J. E. Garrett, and R. P. Wetteman. 1988. Characterization of Uterine Environment During Early Conceptus Expansion in The Bovine. *Anim. Reprod. Sci.* 16:11.

Gwazdauskas, F.C. 1985. Effects of climate on reproduction in cattle. *J. Dairy Sci.* 68: 1568-1578.

- Gwazdauskas, F.C., C.A. Thatcher, C.J. Kiddy and C.J. Wilcox. 1981. Hormonal patterns during heat stress following PGF₂ α than salt induced luteal regression in heifers. *Theriogenology*. 16: 271-281.
- Gwazdauskas, F.C., W.W. Thatcher, and C.J. Wilcox. 1973. Physiological, environmental, and hormonal factors at insemination which may affect conception. *J. Dairy Sci.* 56,873-877.
- Hafez, E. S. E. 2000. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 7ª edición. Ed.Interamericana México.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 82:10-20.
- Hansel, W. and E. M. Convey. 1983. Physiology of the estrous cycle *J. Anim. Sci.* 57:404.
- Hansen, P.J. and C.F. Aréchiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 82:36-50.
- Hansen, P.J. 1994. Causes and possible solutions to the problem of heat stress in reproductive management of dairy cows. *Proc. Natl Reprod. Symp.*, 161-170.
- Harris, D.L., R.R. Shrode, I.W. Rupel and R.E. Leighton. 1960. A study of solar radiation as related to physiological and production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 43:1255-1262.
- Hawk, W., W.J. Tyler and L.E. Casida. 1953. Some factors affecting age at puberty in Holstein-Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 37:252-257
- Henao, U.J., L. Bucion, J.G. Herrera y E.Avila. 1991. Respuesta fisiológica al estrés calórico del ganado bovino en el trópico. *Agrociencia*. 1:1-43.
- Her, E., D. Wolfenson, I. Flamenbaum, Y. Folman, M. Kaim and A. Berman. 1988. Thermal, productive and reproductive responses of high yielding

- cows exposed to short-term cooling in summer. *J. Dairy Sci.* 71:1085–1092.
- Hernandez, C.J., A.A. Porras y S. Benitez. 1994. Eficiencia de la detección de estros y niveles de progesterona al momento de la inseminación de vacas Holstein. *Avances Inv. Agropec.* 3: 12-17.
- Hernández, J. y Q. A. Zarco. 1998. Función del cuerpo luteo y muerte embrionaria en rumiantes. *Ciencia Veterinaria.* 8: 1-18.
- Humblot, P. 2001. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology.* 56: 1417-1433.
- Igono, M.O. and H.D. Johnson. 1990. Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *J. Interdiscip. Cycl. Res.* 21:303-320.
- Inskeep, E. K. 2004. Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *J Anim Sci* 82 E-Suppl:E24-39.
- Johnson, H.D. 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic changes. *Int. J. Biometeorol.* 24:65-78.
- Johnson, E.H. and A. Srikandakumar. 2004. Effect of heat stress on milk production, rectal temperature, respiratory rate and blood chemistry in Holstein, jersey and Australian milking zebu cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 36: 685-692.
- Jordan, E.R. 2003. Effects oh heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86: 104-114.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 77:59–91.

- Kastelic, J.P., R.A. Pierson and O.J. Ginther. 1990. Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology*. 34:487-498.
- Kerbler, T.L., M.M. Buhr, L.T. Jordan, K.E. Leslie and J.S. Walton. 1997. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by conceptus in cattle. *Theriogenology*. 47: 703-714.
- Khalifa, H.H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: *Interactions between climate and animal production*. Proc Symp. EAAP Technical series N° 7. pp 15-29.
- Lozano, D., R. R., G. Leyva. y L. A. Moreno F. 1992. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza Suizo Americano en el trópico subhúmedo. *Téc. Pécu. Méx.* 30: 208-222
- Madan, M.L. and H.D. Johnson. 1973. Environmental heat effects on bovine luteinizing hormone. *J. Dairy Sci.* 56:1420-1423.
- Mann, G.E. and G.E. Lamming. 1999. The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 34: 269–27.
- Mann, G.E. and G.E. Lamming. 2001. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction*. 121: 175–180.
- Mann, G.E., G.E. Lamming and M.D. Fray. 1995. Plasma oestradiol during early pregnancy in the cow and the effects of treatment with buserelin. *Anim. Reprod. Sci.* 37:121–131.
- Mann, G.E., G.E. Lamming, and P.A. Fisher. 1998. Progesterone control of embryonic interferon-t production during early pregnancy in the cow. *J. Reprod. Fertil, Abst.*

- Marquez, I.C., L. Otero y A.A. Lopez Ortega. 1997. Concentración de progesterona serica en hembras bovinas en diferentes epocas. P 35-42.
- McGovern, R.E. and J.M. Bruce. 2000. A model of the thermal balance for cattle in hot conditions. *J. Agric. Engng. Res.* 11: 81-92.
- Mellado, M. 1995. Respuesta fisiológica, producción de leche, eficiencia reproductiva y salud del ganado lechero expuesto a temperaturas ambientales elevadas. *Vet. Méx.* 26: 389-399.
- Mellado, M.B. 1994. Situación de la producción de leche en México y razas de bovino lechero. En: *Producción de leche. Sistemas intensivos y de doble propósito.* p.p.13. UAAAN. Saltillo ,México.
- Moghaddam, A. I. Karimi and M. Pooyanmehr. 2009. Effects of short-term cooling on pregnancy rate of dairy heifers under summer heat stress. *Vet. Res. Commun.* 33:567-575.
- Moreira. F., C. Risco, M.F.A. Pires, J.D. Ambrose, M. Drost, M. DeLorenzo and W.W. Thatcher. 2000. Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology.* 53: 1305-1319.
- Nebel, R.L., S.M. Jobst, M.B.G. Dransfield, S.M. Pandolfi and T.L. Balley. 1997. The use of radio frequency data communication system, heat watch, to describe behavioural estrus in dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 80:151.
- Newton, G. R., S. Marinod, P.J Hansen, W.W. Thatcher, B. Siegenthaler, C. Gerber and M.J. Voirol. 1990. Effect of bovine interferon on actual changes in body temperature and serum progesterone concentration in heifers. *J. Dairy . Sci.* 73: 3439-3448.
- Paisley, L. G., W. D. Mickelsen, and O. L. Frost. 1978. A survey of the incidence of prenatal mortality in cattle following pregnancy diagnosis by rectal palpation. *Theriogenology.* 9:481-489.

- Pennintong, J. A., L. H. Schulz and W. F Hoffman. 1985. Comparison of pregnancy diagnosis by milk progesterone on day 21 and day 24 postbreeding. Field study in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 68: 2740-2745.
- Pierson, R.A. and O.J. Ginther. 1984. Ultrasonography for detection of pregnancy and study of embryonic development in heifers. *Theriogenology.* 22: 225-233.
- Plante, C., P.J. Hansen, S. Martinod, B. Seigenthaler, W.W. Thatcher, J.W. Pollard, and M. Leslie. 1989. Effect of intrauterine and intramuscular administration of recombinant bovine interferon α on luteal lifespan in cattle. *J. Dairy. Sci.* 72: 1859-1865.
- Portillo, G., E.B. Soto y O. Castejon. 1995. Mortalidad embrionaria en vacas mestizas. *Revista Científica, FCV-Luz .* 3: 161-169.
- Pursley, J. R., M. R. Kosorok and M. C. Wiltbank. 1997a. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.* 80:301–306.
- Pursley, J.R, M.O. Mee and M.C. Wiltbank. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 and GnRH. *Theriogenology.* 44: 915-923.
- Putney, D.J., J.R. Malayer, T.S. Gross, W.W. Thatcher, P.J. Hansen and M. Drost. 1988. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. *Biol. Reprod.* 39:717-728.
- Putney, D.J., S. Mullins, W.W. Thatcher, M. Drost and T.S. Gross. 1989. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 19:37.
- Ramos, J. 1990. Pubertad, ciclo estral y métodos para identificar el estro en la hembra bovina. Curso Nacional de Ganadería de Leche Especializada. ICA. Oct. 22 - 27. Bogotá, Colombia. P.366.

- Rensis, F. D. and R. J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow--a review. *Theriogenology*. 6: 1139-1151.
- Roche, J.F., M.P. Boland, and T.A. McGeady. 1981. Reproductive wastage following artificial insemination in cattle. *Vet. Rec.* 109: 95-97.
- Roman-Ponce, H, W.W. Thatcher and C.J. Wilcox. 1981. Hormonal interrelationships and physiological responses of lactating dairy cows to a shade management system in a subtropical environment. *Theriogenology*. 16:139-154.
- Roman-Ponce, H., W. W. Thatcher, D. E. Buffington, C. J. Wilcox and H. H. Van Horn. 1977. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 60:424.
- Roman-Ponce, H., W. W. Thatcher, D. Caton, D. H. Barron and C. J. Wilcox. 1978. Effects of Thermal stress and epinephrine on uterine blood flow in ewes. *J. Anim. Sci.* 46: 167-174.
- Rosenberg, M., Z. Herz, M. Davidson and Y. Folman. 1997. Seasonal variations in post-partum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. *J. Reprod. Fert.* 51: 363-367.
- Ryan, D.P., J.F. Prichard, E. Kopel and R.A Godke. 1993. Comparing early embryo mortality in dairy cows during hot and cool seasons of the year. *Theriogenology* 39: 719-737.
- SAGARPA. 2004. Evaluación de la producción agrícola. Delegación de Baja California.
- Santos JEP, W.W. Thatcher, L. Pool and M.W. Overton. 2001. Effect of human chorionic gonadotropin on luteal function and reproductive performance of high-producing lactating Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 79: 2881-2894.

- Santos J. E. P., W.W. Thatcher, R.C. Chebel, R.L.A. Cerri and K.N. Galvao. 2004. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83: 513-535.
- Santos, J.E.P., R.L.A. Cerri y R. Chebel. 2002. Uso Del cipionato de estradiol en un protocolo de inseminación artificial programada para vacas lecheras. *Memorias DIGAL A.C. (Día internacional Del ganadero lechero)*. 73-81.
- Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt., S.A. Mertens, J.N. Guenther, J.J. Parrish and M.C. Wiltbank. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.* 85, 2803–2812.
- SAS 2004. SAS/STAT Users Guide, version 9.1.3, Cary, NC:SAS Institud Inc., USA.
- Schillo, K.K., J.B. Hall and S.M. Hileman. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.* 70:4005
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 30: 175-194.
- Smith, M. W. and J. S. Stevenson. 1995. Fate of the dominant follicle, embryonal survival, and pregnancy rates in dairy cattle treated with prostaglandin F2a and progestins in the absence or presence of a functional corpus luteum. *J. Anim. Sci.* 73:3743.
- Squires. J. E. 2006. *Endocrinologia Animal Aplicada*. Editorial AcriBIA, S.A.
- Stahringer, C.R. 2003. Anestro postparto y pubertad en bovinos de cria. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria- Sitio Argentina de Produccion Animal.www.produccionbovina.com/informacion.
- Staples, C.R. and W.W. Thatcher. 2004. Stress, heat, in dairy cattle. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Ed. Elsevier.p.p 2592-2597.

- Stevenson, J. S. 2002. Atención para asegurar la gestación en vacas lecheras. Memorias DIGAL A.C. (Día internacional Del ganadero lechero). Pp. 111-122.
- Stevenson, J. S., Y. Kobayashi, and K. E. Thompson. 1999. Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including OvSynch and combinations of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F_{2α}. J. Dairy Sci. 82:506-515.
- Stevenson, J.S., S.M. Tiffany and M.C. Lucy. 2004. Use of estradiol cypionate as a substitute for GnRH in protocols for synchronizing ovulation in dairy cattle. J. Dairy. Sci. 87: 3298-3305.
- Stott, G.H. 1981. What is animal stress and how is it measured. J. Anim. Sci. 52:150-153.
- Stott, G.H. and F. Wiersma. 1976. Short term thermal relief for improved fertility in dairy cattle during hot weather. Int. J. Biometeorol. 20:344-350
- Strickland, J.T., R.A. Bucklin, R.A. Nordstedt, D.K. Beede and D.R. Bray. 1989. Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. Appl. Eng. Agric. 5:231-237.
- Tapki, I. and A. Sahin. 2006. Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. Appl Anim Behav Sci. 99:1-11.
- Thatcher, W.W., M.D. Meyer and G. Danet-Desnoyers. 1995. Maternal recognition of pregnancy. J. Reprod. Fertil. 49: 15–28.
- Thompson, G. E. 1973. Review of the progress of dairy science climatic physiology of cattle. J. Dairy Sci. 40:441.
- Ulberg, L.D. and P.J. Burfening. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. J. Anim. Sci. 26: 571-577.
- Vasconcelos J.L.M., R.W. Silcox, J.A. Lacerda, J.R. Pursley and M.C. Wiltbank. 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to head stress

after AI at 2 different times from ovulation in dairy cows. *Biol Reprod.* 56(Suppl. 1):140. (Abstr.)

- Vasconcelos, J. L. M., R. W. Silcox, G. J. Rosa, J. R. Pursley and M. C. Wiltbank. 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology.* 52:1067-1078.
- Vatti, G. 1980. Ginecología y obstetricia veterinarias. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, Pág. 265-292.
- West, J.W. 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131-2144.
- Wise, M.E., R.E. Rodriguez, D.V. Armstrong, J.T. Huber, F. Wiersma and R.Hunter, 1988. Fertility and hormonal responses to temporally relief of heat stress in lactating dairy cows. *Theriogenology.* 29:1027-1035.
- Wolfenson D., I. Flamenbaum and A. Berman. 1988. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:3497-3504.
- Wolfenson, D., H. Sonogo, A. Boch, A. Shaham- Albancy, M. Kaim, Y. Folman and R. Meidan. 2002. Seasonal differences in progesterone production by luteinised bovine thecal and granulose cells. *Domest Anim Endocrinol.* 22: 81-90.
- Yabuta. O. and A. Kunio. 2000. El estrés calórico en el ganado lechero. Disponible en: <http://fmvz1.uat.mx/Investigacion/memorias/principal7.htm>.
- Young,B. A. 1988. Influencia del estrés ambiental sobre las necesidades nutritivas. En: D.C. Church *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición.* Ed. Prentice-Hall. Mexico, D.F. p.p. 530.

Zarco, Q.L. y J.L. Hernández. 1996. Momento de la ovulación y efecto del intervalo entre el inicio del estro y la inseminación artificial sobre el porcentaje de concepción de vaquillas Holstein. *Vet. Mex.* 27 (4): 279-283.