

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



**SUPLEMENTACIÓN DE PROGESTERONA EN
COMBINACIÓN CON ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR LA
FERTILIDAD EN VAQUILLAS HOLSTEIN EN VERANO**

TESIS

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

**PRESENTA
CÉSAR ISRAEL GÓMEZ ALVAREZ**

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

MEXICALI, B.C.

29 DE JUNIO DEL 2009.

**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
Sinodal**

**M. C. Daniel Álvarez Valenzuela
Sinodal**

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Autónoma de Baja California y al Instituto de Ciencias Agrícolas por permitirme realizar mis estudios de grado de Maestría.
- A mis padres **José I. Gómez Gonzalez** y **Miroslava Alvarez Arreola** por todo su amor y cariño durante toda mi vida. Comparto un logro más en mi vida con ustedes, que gracias a su gran apoyo moral y económico logré concluir mis estudios de postgrado.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca para realizar mis estudios de Maestría.
- Al **Ph. D. Abelardo Correa Calderón**, por darme una vez la oportunidad de ser su alumno y tesista. Gracias por compartir sus conocimientos experiencia, consejos y llamadas de atención las cuales lograrán formarme como una mejor persona y futuro investigador.
- Al **Ph. D. Leonel Avendaño Reyes**, por su valiosa participación y tiempo en la realización de esta tesis y su apoyo en la realización de los análisis estadísticos.
- Al **M.C. Daniel Álvarez Valenzuela**, por su valiosa participación en la realización de esta tesis.
- Al **Dr. Raúl Díaz Molina**, por su valiosa colaboración en los análisis de laboratorio.
- Al **Ing. Rubén Fregoso Cardoso**, por su magnífica participación en campo, y compartir sus conocimientos y experiencia.

DEDICATORIAS

- A mis padres **José I. Gómez González** y **Miroslava Alvarez Arreola**, por todo su apoyo y enseñarme el camino correcto de la vida.
- A mis dos hermosas hijas **Jacqueline** y **Valeria Gómez**, por ser la dos grandes razones de existir, gracias a ustedes cada día tiene sentido para mí. Les doy gracias por toda la felicidad que ustedes me dan, mi mundo gira alrededor de suyo. Espero que esto les sirva de ejemplo para cuando ustedes crezcan puedan ser unas grandes profesionistas. Todos los días le pido a Dios que las cuide y les de salud, y sobre todo espero que todo el tiempo que no he estado con ustedes se los pague con mucha felicidad, no se le olvide que las amo.
- A mis hermanos, **Lic. Ma. Del Rosario**, **Arq. Abraham** y **Lic. José Gómez** por su gran apoyo y cariño, los quiero mucho. Y a mi sobrina **Ruth**.
- A todos mis compañeros y amigos de postgrado, Rolando, Eduardo, Rosalba, José Serrano, Armando Corral, Selene, Maritza, Ramsés, Paco, Lenin, Alberto Quintero, y muy en especial a Ulises y Juan por su ayuda y consejos en la colaboración con esta tesis.
- A los trabajadores del rancho San Carlos, Raúl Juárez Amezcua y Ma. Inés López Heras por su valiosa ayuda.

CONTENIDO

	Pg.
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	viii
LISTA DE FIGURAS DEL APÉNDICE.....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Estrés y Zona termoneutral.....	3
Mecanismos de termorregulación del ganado bovino.....	5
Respuestas fisiológicas y ajustes hormonales en ganado bovino en respuesta al estrés calórico.....	7
Estrategias para reducir el efecto negativo del estrés calórico.....	9
Sombras.....	10
Sistema de enfriamiento.....	11
Actividad ovárica en ganado lechero.....	12
Efectos del estrés calórico en la reproducción.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Ubicación del área de estudio.....	18
Animales e instalaciones experimentales.....	18
Tratamientos.....	19
Sistema de enfriamiento y alimentación.....	19
Registro de temperatura.....	20
Variables de respuesta.....	21
Análisis estadístico.....	22
Resultados y discusión.....	24
Datos climatológicos.....	24
Frecuencia respiratoria y temperatura rectal.....	24
Temperaturas vaginales.....	25
Concentración de progesterona.....	27
Tasa de preñez, días a primer servicio y días a preñez.....	28
Conclusión.....	37
Literatura citada.....	38
Apéndice.....	49

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes de la dieta y composición química.....	31
Cuadro 2. Temperatura ambiental, humedad relativa e ITH durante las 9 semanas experimentales.....	32
Cuadro 3. Frecuencia respiratoria y temperatura rectal de vaquillas Holstein registrada durante los periodos experimentales.....	33
Cuadro 4. Efecto del tratamiento sobre la frecuencia respiratoria, temperatura rectal, tasa de preñez, días a primer servicio y días a la preñez en vaquillas Holstein en verano.....	34
Cuadro 5. Concentraciones de P4 de vaquillas Holstein en respuesta al tratamiento.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Programa de IATF más suplementación de P4.....	20
Figura 2. Promedios de temperaturas vaginales en las horas del día en vaquillas el valle de Mexicali 2007.....	36

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro 10. Temperatura vaginal en vaquillas Holstein en respuesta al tratamiento.....	49
Cuadro 11. Efecto del periodo sobre la tasa de preñez en vaquillas Holstein sometidas a un sistema de enfriamiento en verano.....	50

LISTA DE FIGURAS DEL APENDICE

FIGURA 2. Promedio de ITH en el Valle de Mexicali en el verano 2007.....	51
FIGURA 3. Promedios diarios de ITH durante las horas del día (6:00-19:00 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.....	52
FIGURA 4. Promedios diarios de ITH durante las horas de noche (20:00-5:00 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.....	53
FIGURA 5. Promedios diarios de ITH durante las horas del día (00:00-2300 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.....	54
FIGURA 6. Promedios de Temperaturas Vaginales (TV) en las horas del día (00:00-2300 h), en el Valle de Mexicali 2007.....	55
FIGURA 7. Promedio de Temperaturas Vaginales por tratamiento en las horas del día (00:00-2300 h) de Julio 2007.....	56
FIGURA 8. Promedio de Temperaturas Vaginales por tratamiento en las horas del día(00:00-2300 h) de Agosto 2007.....	57

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en una cría comercial de vaquillas Holstein ubicada en el Valle de Mexicali, B.C., México, durante dos periodos experimentales (Julio y Agosto), siendo el objetivo evaluar un protocolo de Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), combinado con suplementación de Progesterona (P4) y enfriamiento artificial sobre la tasa de preñez (TP) y respuestas fisiológicas en vaquillas Holstein. Ciento treinta y siete vaquillas fueron distribuidas al azar a tres tratamientos: 1) grupo testigo (T1), animales que contaron sólo con sombra en corral con IA 12 h posteriores al ser detectado el celo, 2) grupo de vaquillas enfriadas (T2) con el mismo manejo reproductivo que T1, pero con 21 d de enfriamiento posteriores a la IA, 3) grupo de vaquillas (T3) enfriadas y manejo reproductivo con protocolo de IATF más suplementación de P4 del d 4 al 14 post inseminación, el periodo de enfriamiento fue similar al T2. Los promedios de temperatura y humedad relativa fueron 37.7 y 32.4 °C, 31.9 y 44%, en el día y noche, respectivamente, y los promedios de ITH fueron 83.6 y 80.1 U, en el día y la noche respectivamente. La frecuencia respiratoria (FR) del T1 fue mayor ($P<0.05$) que T2 y T3, los cuales también difirieron entre sí (T1:89; T2:80.1; T3:83.2 resp/min), mientras que la temperatura rectal fue similar ($P>0.05$) entre los tratamientos (T1: 40.0; T2:39.8; T3:39.8 °C). La Temperatura vaginal (TV) del T1 (39.1 °C) fue mayor ($P<0.05$) que la de T2 (38.8 °C) y T3 (38.9 °C). La tasa de preñez fue similar ($P>0.05$) para los tres tratamientos (T1: 53.3; T2: 58.7; T3: 47.8%). Los días a primer servicio del T2 (14 d) fueron mayores ($P<0.05$) que T3 (10 d) y similares ($P>0.05$) a T1 (13 d),

sin embargo, T1 y T3 fueron similares ($P>0.05$). En los días a preñez (DP) no se observó diferencia ($P>0.05$) entre los tratamientos (T1:39.0; T2: 42.0; T3: 39.0 d). No se encontró una diferencia ($P>0.05$) en los niveles de P4 entre los tratamientos (T1:2.3; T2:2.4; T3:2.8 ng/ml). La IATF más suplementación de P4 no mejoró la fertilidad pero sí se puede observó una mejoría en el confort del animal, al disminuir la FR y la TV en los meses de verano, reduciendo parcialmente los efectos negativos del estrés calórico (EC).

SUMMARY

The study was conducted in a commercial Holstein heifers farm located in Mexicali valley, BC, Mexico, during two experimental periods (July and August), the aim being to evaluate a protocol for fixed-time artificial insemination (TAI), supplementation combined with progesterone (P4) and artificial cooling system on the pregnancy rate (PR) and physiological responses in Holstein heifers. One hundred thirty-seven heifers were allocated at random to three treatments: 1) control group (T1), animals that were only shadow in corral with IA 12 h after heat detection, 2) heifers cooled group (T2) the reproductive management was the same that T1, but 21 d of cooling after IA, 3) group of heifers (T3) with cooled system and with reproductive protocol TAI plus P4 supplementation of 4-14 d post insemination, the cooling period was similar to T2. Mean temperature and relative humidity were 37.7 and 32.4 °C, 31.9 and 44% on the day and night, respectively, and averages of THI were 83.6 and 80.1 U, on the day and night respectively. Respiratory rate (RR) of T1 was greater ($P < 0.05$) than T2 and T3, which also differed from each other (T1: 89, T2: 80.1, T3: 83.2 resp/min), while the rectal temperature (RT) was similar ($P > 0.05$) between treatments (T1: 40.0, T2: 39.8, T3: 39.8 °C). Temperature vaginal (VT) of T1 (39.1°C) was higher ($P < 0.05$) than in T2 (38.8 °C) and T3 (38.9 °C). Pregnancy rate was similar ($P > 0.05$) for the three treatments (T1: 53.3, T2: 58.7, T3: 47.8%). On the first service (DFS) to T2 (14 d) were higher ($P < 0.05$) to T3 (10 d) and similar ($P > 0.05$) to T1 (13 d), however, T1 and T3 were similar ($P > 0.05$). In the days to pregnancy (DP) was not observed difference ($P > 0.05$) between treatments (T1: 39.0, T2: 42.0, T3: 39.0 d). No difference was found ($P > 0.05$) in P4 levels between treatments

(T1: 2.3, T2: 2.4; T3: 2.8 ng / ml). The TAI more P4 supplementation did not improve fertility, but it can be observed an improvement in the comfort of the animal by reducing the RR and the VT in the summer months, partly by reducing the negative effects of heat stress (HS).

INTRODUCCIÓN

Las altas temperaturas en verano reducen la eficiencia productiva y reproductiva del ganado lechero (Jordan, 2003), siendo éste el problema más serio en los hatos lecheros del Noroeste de México. El estrés calórico (EC) se define como la suma de factores externos que elevan la temperatura corporal en un animal en estado de reposo (Yousef, 1984). Algunos factores que pueden influenciar la intensidad del estrés calórico son temperatura ambiental, humedad relativa, radiación y velocidad de viento (Gwazdauskas, 1985).

Existen regiones en México donde los efectos del estrés calórico son muy evidentes, como las zonas lecheras de Aguascalientes, Torreón, Chihuahua y Mexicali, donde los meses más cálidos comprenden de mayo a septiembre. En zonas de EUA, las pérdidas económicas en la ganadería por el estrés calórico son evidentes, alcanzando entre \$ 1.69 a \$ 2.36 billones de dólares; de estas pérdidas económicas se calcula que entre \$897 a 1500 millones de dólares suceden en la industria lechera, lo anterior considerando tanto pérdidas productivas como reproductivas (St-Pierre et al., 2003).

El estrés calórico afecta la tasa de preñez (Ingraham et al., 1976), el desarrollo del embrión (Biggers et al., 1987), así como el desarrollo fetal (Wolfenson et al., 1988a), pudiendo ocasionar hasta su muerte (Ealy et al., 1995; Edwards et al., 1997).

En ganado lechero, el EC afecta también la longitud del ciclo estral y disminuye la intensidad de la expresión del estro (Gangwar et al., 1965; Madan et al., 1973; Abilay et al., 1975), disminuyendo la probabilidad de la detección del celo por parte del personal dedicado a ello. El porcentaje de celos no detectados

en hatos lecheros en zonas tropicales como el estado de Florida, EUA están estimados entre 76 y 82% durante los meses de Junio a Septiembre (Thatcher et al., 1986).

La baja fertilidad de vaquillas en verano está relacionada con la muerte temprana del embrión, lo cual ocurre en mayor proporción durante la primera semana post inseminación. Una posible causa de lo anterior puede ser la insuficiencia del cuerpo lúteo para secretar progesterona (Hansel et al., 1986). El uso de un programa IATF (Pursley et al., 1995) combinado con la suplementación de progesterona (P4) post inseminación, ha eliminado la necesidad de la detección del celo, pero no protege al embrión de las altas temperaturas ambientales, por lo cual se sugiere el manejo medio ambiental a través de sistemas de enfriamiento (De las Sota et al., 1998).

El uso de un sistema de enfriamiento (abanicos y aspersion de agua) bajo la sombra puede ayudar a disminuir la temperatura corporal y proporciona un mejor confort al ganado, sin embargo, no elimina totalmente los efectos negativos del EC en verano.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar un protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, combinado con suplementación de Progesterona y enfriamiento artificial bajo la sombra, sobre la tasa de preñez y algunas respuestas fisiológicas y hormonales en vaquillas Holstein en verano.

REVISION DE LITERATURA

Estrés y Zona termoneutral

El término estrés es definido como una condición adversa del medio ambiente la cual afecta el bienestar del animal. Algunos factores que pueden causar estrés pueden ser climáticos (calor o frío), nutricionales (falta de alimento o agua), sociales, patógenos o tóxicos (Hafez, 1968). Así mismo, Stott (1981) define al estrés como las condiciones externas del animal que llevan a la pérdida de su homeostasis.

Por otra parte el, estrés calórico es definido como una combinación de condiciones ambientales causantes del aumento de la temperatura ambiental por arriba de la zona termo neutral (ZT) del animal (Armstrong, 1994).

Baker (1974) reportó que los factores que pueden ocasionar algún tipo de estrés pueden ser endógenos, como resultado de las reacciones de defensa del animal cuando presenta una enfermedad de tipo infeccioso, bacteriano ó parasitario. También existen factores exógenos que son los que rodean al animal, como lo es el medio ambiente, el cual puede afectar su salud, confort, eficiencia productiva y reproductiva. Bligh y Johnson (1973) definen la ZT como el rango de temperatura ambiental en la cual la tasa metabólica es mínima y la regulación de la temperatura corporal es alcanzada por medios no evaporativos. La ZT está dividida en un límite superior y uno inferior de temperatura crítica, fuera de los cuales el animal debe gastar más energía para mantener su temperatura corporal. Cuando los animales sufren estrés por frío tienen múltiples mecanismos disponibles para mantener la temperatura corporal, es decir, cuando las temperaturas ambientales caen por abajo de la ZT. Temperaturas

elevadas combinadas con alta humedad relativa pueden reducir dramáticamente la habilidad de los animales en disipar el calor, aunando a esto, la producción de calor metabólico hace más difícil mantener el balance térmico.

Los rangos de la ZT dependen de la edad, especie, raza y niveles de producción de los animales, así como del tipo de dieta que consuman. La ZT para vacas lecheras lactando se encuentra entre los 5 y 25 °C, en becerros es de 10 a 26 °C, para ganado productor de carne de 4 a 26 °C, en tanto que en cerdos es de 0 a 21 °C (Yousef, 1985). Cuando el ganado es expuesto a períodos prolongados de temperaturas elevadas, puede causar que los animales disminuyan su actividad física y busquen una mayor cantidad de sombra para disminuir los efectos de la radiación solar. Una elevada temperatura corporal activará rápidamente los mecanismos que permitan mantener la temperatura corporal dentro de los rangos normales. Los mecanismos que utiliza el animal para mantener su temperatura corporal incluyen aumento en jadeo, sudoración y reducciones en consumo de alimento y metabolismo, sin embargo, lo anterior tiene un efecto negativo en la producción y reproducción del animal (Stott, 1981).

Algunos investigadores coinciden en que el estrés calórico es alcanzado cuando la temperatura del ambiente excede el límite superior de la zona termoneutral (Yousef, 1985; Armstrong, 1994), aunque la gravedad del estrés calórico no depende solamente de la temperatura, sino también de la humedad relativa del ambiente. En este sentido se ha desarrollado un índice que combina la temperatura y humedad, llamado índice de Temperatura-Humedad (ITH), que expresa con mayor exactitud la capacidad de un ambiente para provocar estrés térmico. Para su mejor aplicación, el ITH se divide en cuatro niveles que

determinan la intensidad del estrés calórico en ganado lechero: Zona de confort con valores de < 72 unidades, donde no existe estrés calórico; entre 72 y 79 unidades se considera un estrés ligero; entre 80 y 89 unidades se considera un estrés moderado y > 90 unidades un estrés severo (West, 2003)

Mecanismos de termorregulación del ganado bovino

Fuquay (1981) define el proceso de termorregulación como la capacidad del animal para mantener su temperatura corporal. Este proceso envuelve un balance entre la ganancia y pérdida de calor. Si al calor metabólico producido por el mantenimiento del animal le sumamos un incremento por concepto de ejercicio, crecimiento, lactación, gestación y alimentación, la suma de todas estas actividades dan como resultado una mayor ganancia de calor (Fuquay, 1981).

El ganado bovino produce 10% de calor extra como resultado de sus funciones metabólicas, derivadas de la acción de los microorganismos del rumen (Bianca, 1972), adicionalmente, la lactación puede duplicar la producción de calor (Young, 1988).

Los mecanismos por los cuales los animales pierden calor hacia el medio ambiente son: radiación, conducción, convección y evaporación (Acosta, 1994).

La radiación se puede definir como el intercambio de calor entre objetos y es un medio importante de pérdida de calor cuando los alrededores del animal son enfriados. Este proceso de pérdida de calor toma mayor importancia durante la noche, cuando el animal irradia el calor ganado durante el día hacia el cielo abierto (Fuquay, 1981).

La conducción es un proceso en donde el intercambio de calor ocurre entre objetos fijos a cortas distancia. Cuando un animal permanece quieto o echado sobre una superficie fría, la pérdida de calor será por esta vía. El animal tratará de utilizar su máxima superficie corporal para perder calor en contacto con un piso frío o húmedo (Espinoza, 1992).

La pérdida de calor por convección representa un mayor potencial para perder calor e incluye pérdidas de calor entre objetos en movimiento, como la exposición al viento. Este proceso también se entiende como la transferencia de calor por corrientes de moléculas que van de cuerpos calientes a cuerpos con menor temperatura (Hafez, 1968).

La pérdida de calor por evaporación es un efectivo y eficiente mecanismo de transferencia de calor al medio ambiente. Con la adicción de 582 calorías a un gramo de agua, hay una conversión a estado gaseoso y la evaporación se da con un bajo requerimiento extra de energía (Curtis, 1987). Las pérdidas de calor evaporativas ocurren por vía respiratoria y cutánea cuando se presenta el estrés por calor. La evaporación del agua ocurre en la superficie de la piel del ganado bovino y canal respiratorio (Young, 1988).

El ganado Bos Taurus presenta un menor número y tamaño de glándulas sudoríparas comparado con el ganado Bos Indicus, siendo este último el más eficiente en la pérdida de calor por medios evaporativos (Mellado, 1994).

Respuestas fisiológicas y ajustes hormonales en ganado bovino en respuesta al estrés calórico

Los animales bajo estrés calórico están sujetos a reajustes neuroendocrinos que les permiten enfrentar más eficientemente a las altas temperaturas a través de una reducción en la producción de hormonas hipotalámicas debido a un estímulo de la piel y nervios aferentes que inciden en liberación de los factores que ponen en circulación a estas hormonas, dando como resultado un índice metabólico bajo, con disminución en la actividad tiroidea, adrenal y gonadotrópica (Zarco, 1991). Una exposición a 40 °C por un periodo de 5 h implica cambios en consumo de oxígeno de 83 a 107 L/h. Una exposición prolongada reduce el consumo de oxígeno y del volumen respiratorio, aumentando en 1.2 °C la temperatura corporal (Henao et al., 1991).

La hipertermia provoca una disminución en el consumo de alimentos e incrementos en consumo de agua y frecuencia respiratoria (Johnson y Vanjonak, 1976; Mohammed y Johnson, 1985; Radostits et al., 1994). Estos ajustes son el resultado de la aclimatación fisiológica que se consigue a expensas del crecimiento óptimo, reproducción y lactancia (Mohammed y Johnson, 1985).

Por otra parte, cuando el ganado lechero es expuesto a temperaturas ambientales elevadas, la actividad de la glándula tiroides se ve reducida, mientras que en invierno, cuando los animales están expuestos a temperaturas ambientales bajas, hay un aumento en la secreción de hormonas de la tiroides (Thompson, 1973; Johnson y Vanjonak, 1976; Fuquay, 1981; Young, 1981). La hormona liberadora de la tirotrópica (TRH) causa la secreción de la hormona

estimuladora de la tiroides (TSH), la cual va a estimular la liberación de triiodotironina (T3) y Tiroxina (T4) (Convey et al., 1973; Vanjonack et al., 1974; Johke, 1978).

Premachandra et al. (1958) reportaron una secreción de la tiroides en ganado tres veces mayor en invierno que en verano. Sin embargo, cuando el animal esta sometido a estrés calórico hay una disminución de la actividad secretora de la tiroides, lo cual da como resultado una reducción en el metabolismo del animal (Heroux, 1969; Westra y Christopherson, 1976; Kennedy et al., 1977). Las hormonas T3 y T4 se consideran claves en la regulación del metabolismo del animal y una reducción estas hormonas en ganado lechero disminuye la producción de calor metabólico (West, 2003). La T3 y T4 estimulan el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas (Hoch, 1974), además de incrementar los niveles de otras hormonas como la somatotropina (Hervas et al., 1975). Las vacas altas productoras son las que muestran un mayor efecto negativo al estrés por calor, observándose una mayor temperatura de la leche y bajas concentraciones de somatotropina en leche cuando los niveles de ITH aumentan por arriba de 70 unidades (Igono et al., 1988).

Stott (1972) demostró que en los meses donde las temperaturas son altas, la función ovárica y de la pituitaria es disminuida. Abilay et al. (1975) observaron niveles altos de P4 cuando vaquillas Guernsey sincronizadas fueron expuestas a altas temperaturas, sin embargo, en un segundo ciclo estral, se registro una disminución en los niveles de P4. La disminución de P4 en el segundo ciclo se puede deber al resultado de una disminución gradual de glucocorticoides en plasma asociados con una aclimatación gradual a

exposiciones prolongadas de calor, trayendo consigo fallas reproductivas en el ganado (Johnson y Vanjonack, 1976). Por otra parte, Mills (1972) encontró que niveles altos de progestágenos al momento de la IA estuvieron asociados con una reducción en la fertilidad de vaquillas expuestas a 32.3 °C, comparadas con vaquillas a 21 °C. Niveles altos de P4 durante la lúteolisis (Rosenberg et al., 1977) y en el día 15 postinseminación (Stott y Wiersma, 1973) tienen un efecto positivo en la fertilidad del ganado. Varios estudios han reportado niveles bajos de P4 en la fase lútea del ciclo estral debido al estrés calórico (Thatcher et al., 2001). Sin embargo, otros autores han reportado niveles altos de P4 durante la fase en climas cálidos (Roman-Ponce, 1977; Vaught, 1977).

Los niveles de estradiol en plasma sanguíneo han sido evaluados en condiciones de estrés calórico, observándose que en vaquillas expuestas a 32 °C, los picos de estradiol fueron menores y la duración del estro fue más corto que en vaquillas expuestas a 21.3 °C (Gwazdauskas et al., 1981). Niveles bajos de estradiol en sangre durante el proestro y metaestro pueden reducir el flujo sanguíneo hacia el útero. Una reducción del flujo sanguíneo al útero debido al estrés calórico puede disminuir la disponibilidad de nutrientes y agua, y como consecuencia, reducir los procesos metabólicos en el útero, teniendo efecto negativo sobre la fertilidad (Roman-Ponce et al., 1978).

Estrategias para reducir el efecto negativo del estrés calórico

Beede y Collier (1986) sugirieron tres estrategias básicas para combatir los efectos negativos del estrés calórico: 1) Modificaciones ambientales, 2) desarrollo genético, para obtener razas más tolerables a las altas temperaturas,

3) manejo nutricional. Las modificaciones ambientales, como el uso de sombras y sistemas de enfriamiento en corral, son una de las estrategias más eficientes para combatir el estrés calórico.

Hay varias estrategias nutricionales que pueden ser usadas para compensar la reducción del consumo de materia seca en ganado lechero durante los periodos de estrés calórico. La disminución de forraje e incremento del concentrado, grasa, y proteína cruda, además de facilitar el consumo de agua, incrementar la concentración de potasio, sodio y magnesio, uso de buffer, son algunos de los ajustes nutricionales que se pueden realizar en climas cálidos (Shearer et al., 1999).

Sombras

En climas cálidos el uso de sombras es considerado esencial para mantener la producción de leche y una mejor eficiencia reproductiva en el ganado lechero, y puede ser necesario para la sobrevivencia del animal. Los árboles son una excelente fuente de sombra, ya que no solo son efectivos para bloquear los rayos del sol, si no que la humedad de las hojas al ser evaporada, permite enfriar el aire que rodea al animal (Shearer et al., 1999).

Las hojas de lámina galvanizada es el material más popular para la elaboración de sombra, debido a su bajo costo, duración y poco mantenimiento. Para una mayor eficiencia, la superficie de la lámina expuesta al sol deberá ser pintada de blanco. Una capa de 2.5 cm. de espesor de un aislador ayudara a reflejar los rayos solares, dando un mayor confort al animal (Bond et al., 1961).

El diseño y manejo de la sombra para ganado lechero varia dependiendo del clima, área geográfica y superficie por animal. El área de sombra

recomendado para ganado lechero en el Noreste y Sureste de Estados Unidos en corral es de 3.5 a 4.5 m²/animal (Wiersma, 1982). La orientación de la sombra, dependerá del clima y la zona. Para la zona sureste de Estados Unidos, la orientación adecuada es de Este-Oeste, la cual en el verano, permitirá una mayor área de sombra durante el día. Sin embargo, una orientación Norte-Sur, permitirá a los animales un libre movimiento siguiendo la sombra, y esto permitirá que los rayos solares sequen de un 35 a 50% la parte húmeda de la sombra (Shearer, 1999)

La radiación solar es el factor con mayor impacto durante períodos de estrés calórico e incrementa las ganancias de calor. Con la construcción y uso adecuado de sombras se ha incrementado la producción de leche entre 10 y 19% en estudios realizados en Florida, E.U. (Roman-Ponce, 1977; Collier et al., 1981; Schneider et al., 1984).

Roman-Ponce et al. (1977) reportaron que vacas bajo sombra tuvieron menor frecuencia respiratoria (54 vs 82 resp/min.), y disminuyeron la temperatura rectal (38.9 vs 39.4 °C) lo que se vio reflejado en un incrementando de la tasa de concepción (44.4 vs 25.3%).

Sistemas de enfriamiento

Cuando la temperatura ambiental se incrementa por arriba de la ZT (25 °C), el ganado lechero comienza a incrementar sus pérdidas de calor por medio del tracto respiratorio y la superficie de la piel. Sin embargo, si la temperatura ambiente sigue en aumento, estos mecanismos naturales no son suficientes para disipar el calor ganado, ocasionando una hipertermia y baja productividad del animal. En estas condiciones extremas, para reducir la carga de calor es

necesario el uso de sistemas de enfriamiento. El movimiento del aire y agua son agentes que pueden formar un microclima ayudando al animal a disipar parte de su carga calórico (Shearer et al., 1999).

Proporcionar al ganado sombra y enfriamiento artificial ha incrementado la producción de leche de una forma redituable (Armstrong, 1994). Correa et al. (2002) demostraron una ganancia de \$ 91.14 pesos/vaca después de haberse pagado la inversión inicial en el primer año de usos del sistema de enfriamiento, con un incremento de 4 Kg. de leche/vaca/día, comparado con vacas con solo sombra.

Ealy et al. (1994) proporcionaron enfriamiento a vacas de 2 a 3 días antes, hasta 5 a 6 días después de la IA y reportaron una concepción de 16.0% para vacas enfriadas, comparado con 6.2% de un grupo testigo. Ealy et al. (1993) evaluaron embriones de vacas súper ovuladas que fueron expuestas a estrés calórico la primera semana post IA. Los embriones colectados y que fueron expuestos a estrés calórico disminuyeron su viabilidad y desarrollo comparado con aquellas vacas en ZT. Los embriones se vuelven más resistentes al estrés calórico cuando se desarrollan de células simples a mórula y blastocito (De Rensis et al., 2003). Putney et al. (1988) demostraron que al día 7, los embriones expuestos a altas temperaturas, tienen una síntesis de proteínas de choque térmico, la cuales ayudan a aumentar la resistencia del embrión al estrés calórico.

Actividad ovárica en ganado lechero

Mediante el uso de ultrasonido se ha demostrado que el desarrollo folicular en bovinos es por ondas, y que cada ciclo estral produce de 2 a 3 ondas

foliculares. Estas ondas son causadas por un grupo de folículos que inician su crecimiento hasta los 4 mm y a partir de ese tamaño se lleva la selección de un folículo dominante que continúa con su crecimiento, mientras que los demás folículos pasan por un proceso de atresia. La primera onda folicular, sea en ciclos de 2 o 3 ondas, ocurre inmediatamente después de la ovulación, mientras que la segunda ocurre entre los días 9 o 10 en ciclos de 2 ondas y una tercera onda entre los días 15 y 16 después de la ovulación (Ginther et al., 1989).

Las hormonas hipofisiaria folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) son responsables de la producción de ondas foliculares y la selección del folículo dominante (Ginther et al., 1996). Altas concentraciones de FSH son responsables de la producción de una onda folicular, la que es suprimida por los folículos en crecimiento. El folículo que primero adquiere receptores para LH llega a adquirir la condición de folículo dominante mientras, que los restantes se convierten en folículos subordinados y pasarán por un proceso de atresia. La secreción de P4 por el CL suprime la acción de la LH y como resultado, hace que el folículo dominante tenga una regresión, sin embargo, cuando ocurre la regresión del CL, esto permite un incremento de la frecuencia de LH y combinado con la presencia de altas concentraciones de estradiol, facilita la ovulación (Adams et al., 1992). Por otra parte, el EC retrasa la selección del folículo dominante, retrasando la onda folicular y teniendo efectos negativos sobre la calidad del ovocito (Badinga et al., 1993). Así mismo, la duración para la selección del folículo dominante aumenta en verano como se ha observado en vaquillas de carne, donde la duración de la selección de un

folículo dominante tiene una correlación negativa con la fertilidad (Mihm et al, 1994).

Efectos del estrés calórico en la reproducción

Los efectos negativos de altas temperaturas ambientales sobre la reproducción es uno de los problemas más serios en la industria lechera (Stott et al., 1972; Gwazdauskas et al., 1973). Las altas temperaturas ambientales y las ganancias de calor por actividad física (montas) durante el celo aumentan la temperatura corporal del animal al momento de la inseminación afectando con ello la concepción (Gwazdanskas et al., 1973).

El estrés calórico afecta la eficiencia reproductiva del ganado bovino, sin embargo, hay razas que son más susceptibles que otras. Algunas razas consideradas dentro de *Bos indicus* evolucionaron en climas cálidos, por lo tanto son más tolerables a altas temperaturas, en comparación con ganado *Bos taurus* que son de climas fríos y templados, los cuales son más susceptibles al efecto negativo del estrés calórico.

Las razas de ganado lechero son más susceptibles a las altas temperaturas, lo que resulta en una mayor reducción en su fertilidad que otras especies. En ganado lechero bajo condiciones de altas temperaturas, el porcentaje promedio de concepción alcanzado es de tan sólo 15% durante el verano (Arechiga, 2000)

En ganado lechero es común observar temperaturas rectales entre 39.5 a 41 °C en verano, lo cual afecta drásticamente la fertilidad (Hansen et al., 2001). Ulberg y Burfening (1967) encontraron que la elevación de 1°C de la

temperatura corporal disminuye la concepción entre un 45 a 60%, pudiendo ser de hasta 0% cuando se alcanzan temperaturas corporales de 40°C.

En hatos lecheros situados en el Noroeste de México y Sureste de EU es común observar, durante el verano, una disminución en la intensidad del celo en ganado lactando y vaquillas (Madan y Johnson, 1973; Abilay et al., 1975; Her et al., 1988). También se ha observado reducción en la longitud del ciclo estral (Wolfenson et al., 1988), o bien una prolongación del mismo (Madan y Johnson, 1973; Her et al., 1988; Wilson et al., 1995). Algunos autores han reportado que vaquillas en ZT han presentado ciclos estrales en un rango normal de 19 a 25 d, con promedios de 20 d. Por otra parte vaquillas expuestas a temperaturas arriba de los 35 °C han mostrado ciclos estrales en un rango de 19 a 45 d, con promedios de 25 d (Gangwar et al., 1965). Estos mismos autores reportaron que la duración del estro en vaquillas expuestas a temperaturas arriba de los 35 °C presentó un rango de 0 a 11 h, en comparación con aquellas en ZT donde la duración del estro fue de alrededor de 8 a 31 h. La disminución del estro en verano es atribuido al estrés calórico; algunos estudios reportan que el EC disminuye la concentración de estradiol al momento del estro (Gwazdauskas et al., 1981; Wilson et al., 1998a), aunque este efecto no siempre se ha observado (Rosenberg et al., 1982). Una de las principales razones por la cual el estrés calórico reduce el estro, es una disminución en la actividad física en el animal. La disminución en la actividad física es probable a una adaptación de los animales a altas temperaturas para disminuir la producción de calor corporal (Hansen et al., 1999).

Recientemente se han desarrollado programas de sincronización de estro a tiempo fijo (IATF) (Pursley et al., 1995), los cuales eliminan la necesidad de la detección de estros, sin embargo, durante el verano aún existe la pérdida del embrión ocasionado por las altas temperaturas, por lo que se sugiere se combine con un manejo medio ambiental (De las Sota et al., 1998). El uso de protocolos de IATF, como el Ovsynch modificado (Ambrose et al., 2005), que incluyen ECP de 0.5 a 1.0 mg, el uso de progestágenos (CIDR dispositivo intravaginal) y prostaglandinas (PGF2 α) a dosis de 25 mg, han reportado un 66% de preñez en ganado lechero.

La mayoría de las muertes embrionarias en verano ocurren entre los primeros 7 días post inseminación, siendo el periodo más crítico para el desarrollo del embrión (Putney et al., 1989). Sin embargo, otros autores han reportado haber encontrado muertes embrionarias durante los días 8 y 16 (Disking et al., 1980) ó el día 18 (Roche, 1981) post inseminación. Entre las causas de muerte embrionaria se puede mencionar la insuficiencia del CL para secretar P4 requerida para el mantenimiento de la preñez (Hansel y Convey, 1986). Este problema puede ser corregido con la suplementación de P4 externa en una etapa temprana de la preñez (Robinson et al., 1989; Macmillan et al., 1993; Kleemann et al., 1994). Es conocido que se requiere una adecuada concentración de P4 en las gestaciones tempranas, y niveles bajos pueden causar anomalías en el desarrollo embrionario o muertes embrionarias tempranas cuando el animal sufre un estrés por calor (Maurer y Echternkamp, 1982; Sreenan y Diskin, 1983). Un CL funcional es necesario para el

mantenimiento de la gestación, pero bajo condiciones de hipertermia se afecta el funcionamiento del CL.

La suplementación de P4 en varias dosis y formas de aplicación después de la IA puede aumentar (Wiltbank et al., 1956; Kunkel et al., 1977) o no tener efecto (Sreenan et al., 1979; Sreenan y Diskin, 1983) en la tasa de preñez en ganado vacuno. Los protocolos de sincronización de estros que incluyen un periodo de suplementación de P4 han sido buenos inductores del celo en vacas anéstricas. Estros subsecuentes en vacas anéstricas suplementadas con P4 tuvieron ciclos normales y su tasa de preñez fue similar que grupos testigos (Rhodes et al., 2003).

Debido que el valle de Mexicali en el verano registra altas temperaturas las cuales se pueden prolongar hasta 5 meses, estas tienden a disminuir la eficiencia reproductiva en el ganado lechero, afectando negativamente la fertilidad. Debido a la poca disponibilidad de espacio, alimento y agua para el ganado lechero en la cuenca lechera de Tijuana, la más grande en Baja California, la mayoría de los productores de leche de esta zona están optando por establecer su área de recría en el valle de Mexicali, donde no existen tales carencias. Sin embargo, han encontrado problemas de infertilidad en verano debido a las altas temperaturas que se registran en esa zona. Por lo tanto, el uso de un protocolo de IATF combinado con enfriamiento puede ser una alternativa para evitar la reducción de la fertilidad en vaquillas durante el verano.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio

El experimento se llevo a cabo en una recría de vaquillas Holstein, localizada en la carretera Mexicali-San Felipe Km.15, con ubicación geográfica de 32° 43' longitud, al este 114° 45' latitud, con un clima en verano caracterizado por ser cálido y seco, con temperaturas medias anuales de 22 °C, máximas de 48.5°C, mínimas de 2 °C, y una precipitación anual de 85 mm (SAGARPA, 2001). El estudio se llevo a cabo durante los meses de verano (Julio y Agosto de 2007).

Animales e instalaciones experimentales

Ciento treinta y siete vaquillas Holstein de 12-13 meses de edad, peso aproximado de 350 Kg fueron utilizadas durante el estudio y agrupadas en tres tratamientos. El experimento se dividió en 2 periodos, el periodo 1 se inicio la primera semana de julio el cual comprendió de 5 semanas, en tanto que el periodo 2 fue iniciado la segunda semana de agosto con una duración de 4 semanas. Lo anterior fue para asegurar grupos de animales más homogéneos en cuanto a edad y peso.

Se utilizaron dos corrales experimentales ubicados en la parte sur de la granja. El área de sombra se ubicó en la parte oeste del corral, construidas de lámina galvanizada y estructuras de tubo de acero, con orientación norte a sur. El área de la sombra fue de 18.14x5.82 m con altura de 2.78 m y espacio de sombra de 2.3 m²/cabeza. Las dimensiones de los corrales experimentales fueron de 29.90x33.5 m, con un total de 1001.55 m², correspondiendo 20

m²/cabeza. En la parte norte del corral se localizó el comedero y las 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.

Tratamientos

Tratamiento 1 (T1): vaquillas con solo sombra en corral y programa de IA (Inseminación Artificial) basado en detección visual de celos e IA mañana-tarde (n=45)

Tratamiento 2 (T2): vaquillas bajo un sistema de enfriamiento bajo la sombra con detección visual de celo natural e IA mañana-tarde, más un periodo de enfriamiento artificial que inició a la entrada de la vaquilla al experimento hasta 21 d post-inseminación (n=46).

Tratamiento 3 (T3): vaquillas bajo un programa de IATF basado en el uso de CIDR en combinación con ECP y PGF2 α , más suplementación de P4 del día 4 al 14 post-inseminación mediante la reutilización del CIDR previamente utilizado. El periodo de enfriamiento fue similar a T2 (n=46).

Sistema de enfriamiento y alimentación

El sistema de enfriamiento consistió en 6 abanicos de 36" de diámetro, motor de 0.5 Hp, con una separación de 3 m uno del otro, la producción de aire fue de 180 m³/min/abanico. Frente a cada uno de los abanicos se instalaron 2 aspersores que tenían un gasto de 52 litros de agua/h/abanico. El sistema operó de 9:30 a 18:30 h.

La alimentación de los animales experimentales consistió en una mezcla integral tradicional de la explotación, la cual contenía es su mayor parte alfalfa, sorgo, sudan, gluten de maíz, semilla de algodón, melaza y premix lechero como se muestra en el Cuadro 1 al igual que su composición química. Esta ración fue servida diariamente a las 06:00, 09:00 y 18:00 h.

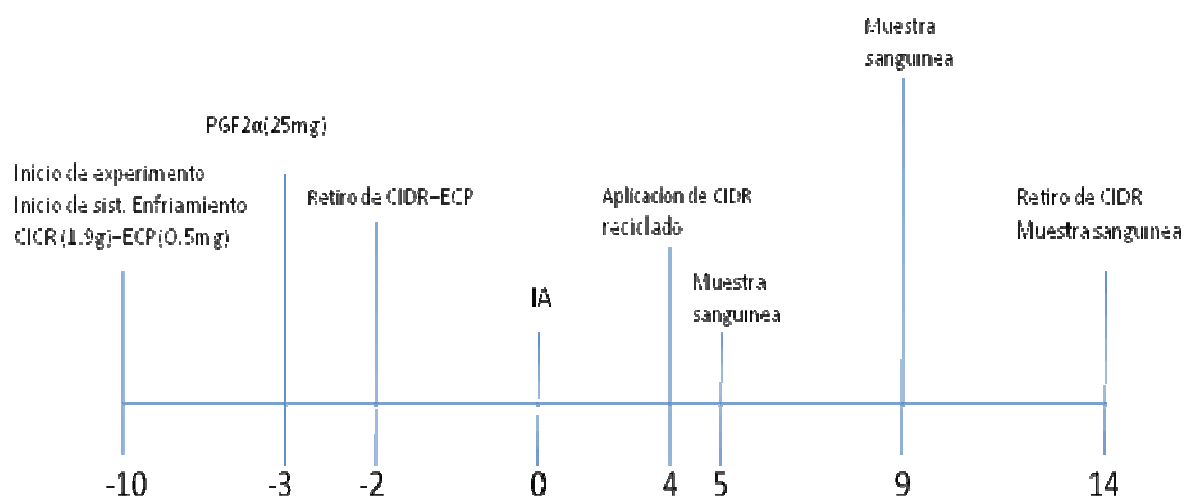


Figura 1. Programa de IATF más suplementación de P4.

Registro de temperatura

La información climatológica fue proporcionada por la estación meteorológica de la UABC del edificio de Ingeniería campus Mexicali; con esa información se estimó el ITH mediante la fórmula propuesta por Hahn (1999).

$$ITH = 0.81 T_{amb} + HR (T_{amb} - 14.4) + 46.4$$

Donde:

ITH = Índice de Temperatura Humedad (U)

T_{amb} = Temperatura ambiental ($^{\circ}\text{C}$)

HR = % Humedad Relativa (expresado en decimales)

Variables de respuesta

- 1.- Tasa de Preñez (TP): porcentaje de vaquillas preñadas al primer servicio (PS) de IA.
- 2.- Días al primer servicio (DPS): días que transcurrieron del inicio del experimento al primer servicio de IA.
- 3.- Días a preñez (DP): días que transcurrieron desde el inicio del experimento hasta la gestación.
- 4.- Temperatura Rectal (TR): se registró tres veces por semana (lunes, miércoles, viernes) a las 18:00 h a todas las vaquillas de cada tratamiento al momento de ser alimentadas.
- 5.- Temperaturas vaginales (TV): se registraron dos veces por semana (martes y jueves) a dos vaquillas por tratamiento durante 24 h cada 15 min., introduciendo en la vagina un sensor de acero inoxidable ajustado a un dispositivo CIDR reciclado (sin P4) modelo data logger HOBOWare.
- 6.- Frecuencia respiratoria (FR) (Respiraciones/minuto), movimiento costal durante un minuto. Tomado tres veces por semana (lunes, miércoles, viernes) a las 17:00 h, en cada periodo se eligieron 5 vaquillas por tratamiento de manera aleatoria.

7.- Concentración de Progesterona (P4) (ng/ml), se obtuvo a partir de las muestras sanguíneas obtenidas los días 5, 9,14 post IA. Al momento de proporcionar el alimento las vaquillas eran sujetadas en comedero, para tomar la muestra se sangre. Todas las muestras fueron almacenadas en hielo durante 2 h, para después ser centrifugadas a 4000 rpm durante 15 minutos y se almacenaron a -20 °C para su posterior análisis en el laboratorio de la Facultad de Medicina de la UABC bajo la prueba de Elisa por espectrofotometría.

Análisis estadístico

El nivel de progesterona se analizó con un modelo lineal que incluyó los efectos tratamiento, periodo, día y la interacción periodo*día. El resto de las interacciones se eliminaron del modelo al resultar no significativas ($P > 0.05$). Se utilizó el comando “repeated” debido a los muestreos colectados a través del tiempo y se utilizó la estructura de covarianza “autoregresiva de primer orden”. La temperatura rectal y frecuencia respiratoria se analizaron con un modelo lineal con los efectos tratamiento, periodo, semana y día. El efecto tratamiento*periodo anidado en semana se consideró aleatorio usando los comandos RANDOM y EL REPEATED. La estructura de covarianza usada fue la de simetría compuesta. Estos análisis se corrieron usando el PROC MIXED de SAS (SAS, 2003).

Las variables días a primer servicio y días a la preñez se analizaron mediante un diseño completamente al azar usando el PROC GLM. Con este mismo procedimiento se analizó la temperatura vaginal, donde el modelo incluyó los efectos tratamiento, periodo, tiempo y las interacciones de tratamiento con

tiempo y con periodo. Todos los efectos se consideraron fijos en ambos modelos.

Finalmente, la tasa de preñez se analizó con una Prueba de Independencia a través de la Ji-Cuadrada usando el PROC FREQ del SAS (SAS, 2003). Las comparaciones de medias se realizaron con la prueba LSMEANS del paquete SAS (2003) en todos los modelos, considerándose diferencias significativas a un $\alpha=0.05$, y tendencias cuando $0.05 < \alpha < 0.10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos climatológicos

Los veranos en el valle de Mexicali se caracterizan por registrar altas temperaturas tanto en el día como en la noche. El Cuadro 2 muestra la temperatura ambiental, humedad relativa e ITH durante las 9 semanas experimentales, la cual registró un promedio general de 37.7 y 32.4 °C durante el día y noche respectivamente. Las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron de 42.8 y 28.1°C respectivamente.

La humedad relativa (HR) registrada durante la realización del experimento, tuvo un promedio general de 31.9 y 44.0 %, para el día y noche respectivamente. Los promedios generales máximos y mínimos registrados fueron 61.3 y 17.3 % respectivamente. En la semana 1 (46.4%), 4 (51.1%), 8 (51.5%) se registraron los promedios más altos de HR durante la noche.

Los ITH durante el estudio se muestran en el mismo Cuadro. El promedio general fue de 83.6 y 80.1 unidades para el día y la noche respectivamente. El ITH máximo se presentó en la semana 9 (87.4 U), mientras que el mínimo se presentó en la semana 6 (75.4 U). Se puede observar que los ITH registrados durante el día y la noche se clasifican como estrés calórico moderado y se estima que los animales estuvieron en un estrés calórico durante las 24 h del día.

Frecuencia respiratoria y temperatura rectal

En el Cuadro 3 se muestran los promedios de la FR y TR registrados en los periodos experimentales. Los promedios más altos de estas variables fueron

durante el segundo período del experimento, registrando un valor de 86.6 res/min, en tanto que la TR fue de 40.1 °C, y los cuales difirieron ($P<0.05$) con respecto al primer periodo (81.6 resp/min y 39.7 °C).

Branton (1971) reportó que cuando el ganado es expuesto a altas temperaturas, humedad y radiación solar se observa una baja en la eficiencia productiva y reproductiva del ganado lechero. Legates et al. (1991) reportó un incremento en la FR y TR en ganado cuando éste fue expuesto a altas temperaturas ambientales; estos cambios fisiológicos pueden ser buenos indicadores de que el animal esta sujeto a un estrés por calor.

El Cuadro 4 presenta los valores para FR y TR en cada uno de los tratamientos. El promedio más alto para FR correspondió al tratamiento 1 (89.0 resp/min) el cual difirió ($P<0.05$) con respecto a los tratamientos 2 (80.1 resp/min) y 3 (83.2 resp/min) los cuales también fueron diferentes entre sí ($P<0.05$). La TR promedio para el tratamiento 1 fue de 40 °C, mientras que para el tratamiento 2 y 3 fue de 39.8 °C, no observándose diferencia ($P>0.05$) entre ellos. Otros autores han reportado que animales expuestos a un estrés moderado aumentan su TR de 38.7 a 40.1°C y la FR por arriba de 50 resp/min (Roman-Ponce et al., 1977; Gwazdauskas, 1985).

Temperaturas vaginales (TV)

La Figura 1 presenta los datos registrados de las TV en vaquillas Holstein. El promedio general más alto (39.1°C) fue para T1, el cual fue diferente ($P<0.05$) a T2 (38.8°C) y T3 (38.9°C). Estos resultados muestran que el uso de un sistema de enfriamiento (aspersión de agua y abanicos) incrementa la pérdida de calor por medios evaporativos reduciendo la TV como se observa en el T2 y

T3. Algunos autores han reportado que el ganado que sufre hipertermia, tiende a una baja en la tasa de concepción debido a una elevada TR (Monty et al., 1974; Stott et al., 1976; Zakari et al., 1981; Turner, 1982) y TV (Gwazdauskas et al., 1975). Estrategias de manejo medio ambientales pueden reducir los efectos negativos del EC (Stott et al., 1976; Roman-Ponce et al., 1977). El ganado lechero con acceso a aire acondicionado (Thatcher et al., 1974), sombra (Roman-Ponce et al., 1977) o sistema de enfriamiento (abanicos y aspersión de agua) durante periodos cortos de tiempo (1 a 7 días antes de la IA) tienen un mayor efecto positivo en la tasa de concepción en comparación a ganado expuesto sin sombra (Gwazdauskas, 1985). Estos resultados muestran un incremento en la TV para T1 de 10:00 h a 17:00 h, en comparación con los otros tratamientos. Se puede observar una diferencia de 0.6 °C de incremento en la TV de T1 durante el día en comparación de los otros dos tratamientos. Lo anterior coincide con lo reportado por Ominski et al. (2002) donde vacas lactantes incrementaron su TV 0.6 ± 0.04 °C cuando fueron expuestas a periodos cortos de EC moderado en comparación con aquellas en ZT. Este incremento de la TV en periodos de EC indica que el ITH durante el estudio fue lo suficiente alto para aumentar la TV y causar un estrés por calor a los animales. Gwazdauskas et al. (1974) reportó que la TV de 40 °C tiene un efecto negativo en el desarrollo del embrión, ya que limita su desarrollo y viabilidad principalmente durante los primeros 7 d postinseminación. Estrategias de enfriamiento artificial pueden incrementar las pérdidas de calor del ganado (Shearer et al., 1999), lo cual ayuda a que el embrión pueda sobrevivir durante los primeros 7 d post IA y posteriormente sintetizar las proteínas de choque

térmico (HSP siglas en inglés) los cuales le ayudan a ser más resistente al EC (Lindquist, 1986; Mirkes, 1987; Riabowol et al., 1988; Hendrey et al., 1991).

Concentración de progesterona (P4)

Los resultados sobre los niveles de P4 en sangre se presentan en el cuadro 5. No existió diferencia ($P > 0.05$) entre el T1 (2.3 ng/ml), T2 (2.4 ng/ml) y T3 (2.8 ng/ml) en lo referente a los niveles de P4. Los efectos del estrés calórico en las concentraciones de P4 en sangre siempre son controversiales, ya que algunos estudios han reportado una disminución en la concentración de P4 (Folman et al., 1983) o concentraciones elevadas en verano (Abilay et al., 1975; Vaught et al., 1977; Thatcher y Roman-Ponce, 1980). Algunos autores no han encontrado diferencias en los niveles de P4 plasmática en los días 8 al 16 en ganado de carne, cuando se comparó un grupo de animales en su ZT y otro más sometido a EC (Biggers et al., 1987). Por otra parte, el hecho por el cual el estrés calórico no reduce los niveles de P4 en todos los estudios sugiere que el estrés calórico no afecta directamente los niveles de P4, atribuyéndose de una manera más importante a la reducción de alimento (Folman et al., 1983). Aunque no fue evaluado el consumo de alimento en este estudio, se ha demostrado que el estrés calórico disminuye el consumo de alimento en el animal (McDowell et al., 1976) y la calidad de la dieta tienen una correlación positiva con los niveles de P4 (Donaldson et al., 1970; Hill et al., 1970; Gombe et al., 1973) por lo que es posible que no se haya observado una diferencia en la concentración de progesterona en este estudio, como lo han reportado otros autores (Roman-Ponce et al., 1981; Johnson, 1984). Otra posible causa por la cual pudo no haberse encontrado diferencia en los niveles de P4 puede estar

relacionado a una regresión temprana del cuerpo lúteo, como fue reportado por Wolfenson et al. (1988) y Younas et al. (1993) en vacas bajo EC. Niveles bajos de P4 plasmática después de la IA aumentan las pérdidas embrionarias, sin embargo, incrementar los niveles de P4 postinseminación para mejorar la fertilidad en ganado en verano aún es cuestionable (Wolfenson et al., 2000), ya que Robinson et al. (1989) reportaron un incremento en la fertilidad al suplementar P4 postinseminación en los meses de verano, indicando que la suplementación con P4 puede reducir la muerte embrionaria temprana en verano, mientras que Breuel et al. (1990) no encontraron un efecto, lo cual se le atribuyó que el incrementar los niveles de P4 postinseminación no es necesario en vaquillas en comparación a vacas con baja fertilidad debido a sus demandas por lactación.

Tasa de preñez (TP), días a primer servicio (DPS) días a preñez (DP)

El Cuadro 4 muestra los resultados de la TP, DPS Y DP por tratamiento. La TP fue similar ($P>0.05$) entre T1 (53.3%), T2 (58.7%) y T3 (47.8%). Los resultados de este estudio indican que la suplementación de P4 postinseminación no tuvo efecto sobre la tasa preñez, como se observa en el tratamiento 3. Se ha observado que el uso de P4 exógena tiene mayor beneficio en vacas con menor fertilidad debido a sus demandas por lactación, efecto de una preñez previa o enfermedades, sin embargo, no se ha observado el mismo efecto en vaquillas fértiles (Van Cleeff et al., 1991). Otros autores reportan que la suplementación de P4 postinseminación no mejora la fertilidad en vacas lactantes en condiciones de estrés calórico (Wolfenson et al., 1994), sin

embargo, tratamientos con P4 al día 5 al 12 ó al día 10 al 17 postinseminación han mejorado su fertilidad cuando el ganado esta en su ZT (Robinson et al., 1989).

Leyva (2005) y Correa et al. (2008) reportaron que vaquillas Holstein bajo condiciones similares a este estudio y con celo sincronizado más enfriamiento artificial obtuvieron una tasa de preñez de 33.6 y 34.6 % respectivamente. En los anteriores estudios los animales no tuvieron un período de suplementación de P4. Algunos autores han reportado una tasa de preñez del 50 % en vaquillas bajo condiciones de estrés calórico y con solo sombra (Badinga et al., 1985), lo cual coincide con el resultado del grupo testigo del presente estudio.

Para los DPS las medias fueron 13.0 d (T1), 14.0 d (T2) y 10 d (T3), observándose una diferencia estadística ($P < 0.05$) solamente entre T2 y T3, en tanto que T1 y T3 sólo mostraron una tendencia a ser diferentes ($P = 0.0558$). Por lo tanto, se puede observar que hay una reducción en los DPS a 10 d al utilizar un protocolo de IATF, sin la necesidad de detectar el estro. Esto coincide con lo reportado por Pursley et al. (1995) quien utilizó un protocolo de IATF en vacas lactantes y vaquillas con dos aplicaciones de GnRH y PGF2 α , llevando a cabo la IA al día 10. Los DP fueron similares ($P > 0.05$) entre T1 (39 d), T2 (42 d) y T3 (39 d), sin lograr reducir los DP con la suplementación de P4. Al analizarse los datos de cada animal para esta variable, se observó que vaquillas de los tratamientos 1 y 2 presentaron celo durante la primera semana después de haberse iniciado los periodos experimentales, lo que redujo los DP considerablemente en estos tratamientos. Correa et al. (2008) reportaron una reducción de 15 días en DP en un grupo suplementado con P4 (32 d) en comparación con un grupo testigo (47

d), sin embargo, esa diferencia no fue significativa, lo cual se atribuyó al tamaño de muestra.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la dieta.

Ingrediente	%
Sorgo	20
Bermuda	11
Alfalfa-cebada	16
Sudan	12
Gluten de maíz	8
Semilla de algodón	5
Melaza	10
Premix vaquilla	2
Componente	%
Materia seca	83.34
Humedad	16.66
Proteína cruda	9.25
Extracto etéreo	4.52
Cenizas	11.19
FDN	47.37

Cuadro 2. Temperatura ambiental, humedad relativa e ITH durante las 9 semanas experimentales.

Semana	Temp (°C)				HR (%)				ITH			
	Periodo 1											
	Día ^a	Noche ^b	Max	Min	Día ^a	Noche ^b	Max	Min	Día ^a	Noche ^b	Max	Min
1	38.5	31.7	45.0	27.4	30.0	46.4	68.8	12.0	83.8	79.4	86.3	77.0
2	36.8	31.3	41.9	27.7	28.9	37.6	55.2	13.3	82.1	77.7	84.7	75.9
3	37.3	31.9	42.1	28.8	31.4	43.5	57.2	18.1	83.1	79.4	85.8	77.7
4	36.6	32.0	41.0	29.4	37.8	51.1	67.2	23.5	83.8	80.7	86.0	79.9
5	36.5	32.0	40.4	29.6	38.4	48.4	61.1	25.3	83.7	80.8	86.2	79.6
Promedio	37.1	31.8	42.1	28.6	33.3	45.4	61.9	18.4	83.3	79.6	85.8	78.0
Periodo 2												
6	36.5	30.4	42.1	26.6	29.5	44.8	65.4	12.7	81.6	77.7	84.1	75.4
7	38.6	33.8	43.4	27.3	31.7	39.9	61.4	17.3	84.7	81.2	87.0	78.9
8	37.8	32.5	43.1	28.0	35.5	51.5	69.0	18.0	84.5	81.7	86.7	79.6
9	39.9	35.1	44.8	28.6	24.8	34.0	46.4	16.4	84.8	80.6	87.4	78.9
Promedio	38.2	33.0	43.4	27.6	30.4	42.5	60.6	16.1	83.9	80.6	86.3	78.2
Promedio general	37.7	32.4	42.8	28.1	31.9	44.0	61.3	17.3	83.6	80.1	86.0	78.1

^a0600 a 1700 h

^b1800 a 0500 h

Cuadro 3. Promedios de frecuencia respiratoria y temperatura rectal de vaquillas Holstein registrada durante los períodos experimentales.

Período	Frecuencia respiratoria	Temperatura Rectal
1	81.6±0.7 ^a	39.7±0.1 ^a
2	86.6±0.8 ^b	40.1±0.1 ^b

^{a,b} Valores con distinta literal dentro de la misma columna difieren entre sí (P<0.05).

Cuadro 4. Promedios y errores estándar de frecuencia respiratoria, temperatura rectal, tasa de preñez, días a primer servicio y días a la preñez en vaquillas Holstein en verano por tratamiento.

Tratamiento	FR	TR	TP	DPS	DP
1	89.0±0.9 ^a	40.0±0.1 ^a	53.3 ^a	13.0 ^{ab}	39.0 ^a
2	80.1±0.9 ^b	39.8±0.1 ^a	58.7 ^a	14.0 ^a	42.0 ^a
3	83.2±0.9 ^c	39.8±0.1 ^a	47.8 ^a	10.0 ^b	39.0 ^a

^{a,b,c} Valores con distintas literal dentro de la misma columna difieren entre sí (P<0.05).

Cuadro 5. Promedios y error estándar de concentraciones de P₄ de vaquillas Holstein en respuesta al tratamiento y periodo.

Período	día	P ₄ (ng/ml)		
		T1	T2	T3
1	5	1.7±0.5 ^a	1.4 ± 0.5 ^a	2.0 ± 0.5 ^a
	9	2.0 ±0.5 ^a	3.9 ± 0.5 ^b	3.4 ± 0.5 ^b
	14	3.1 ± 0.5 ^a	3.5 ± 0.5 ^a	3.8 ± 0.5 ^a
	Promedio	2.3 ±0.3^a	2.9 ± 0.3^{ab}	3.1 ± 0.3^b
2	5	2.1±0.6 ^a	1.4 ± 0.6 ^a	2.4 ± 0.5 ^a
	9	2.6 ±0.6 ^a	2.3 ±0.6 ^a	2.5 ±0.5 ^a
	14	2.1 ± 0.6 ^a	2.0 ±0.6 ^a	2.5 ±0.5 ^a
	Promedio	2.3 ±0.3^a	1.9 ±0.3^a	2.5 ± 0.3^a
Promedio general		2.3 ±0.2^a	2.4 ± 0.2^a	2.8 ±0.2^a

^{a,b} Valores con distinta literal dentro de la misma hilera indican diferencia (P<0.05).

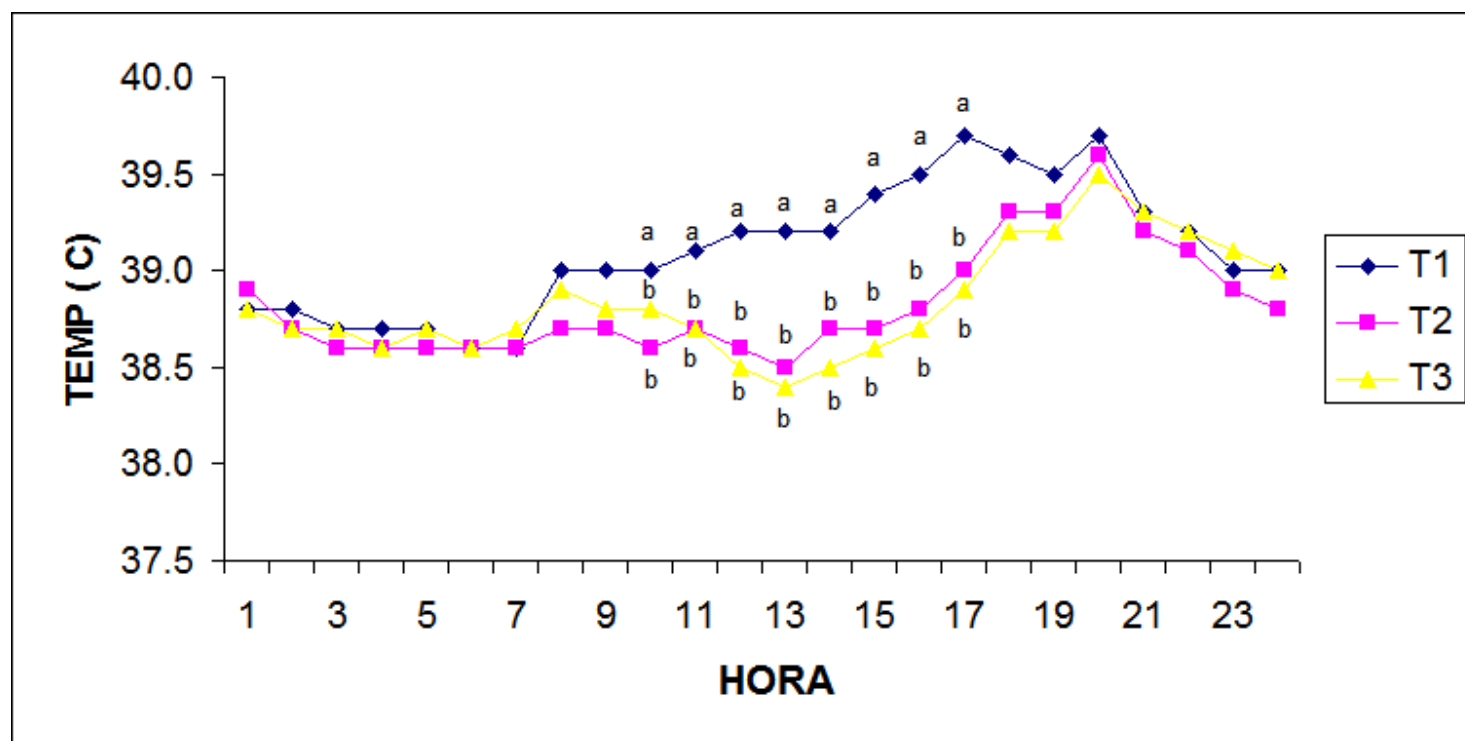


FIGURA 2. Promedios de temperaturas vaginales (TV) en las horas del día (00:00-2300 h), en el Valle de Mexicali 2007
^{a,b} Valores con distinta literal dentro de la figura indican diferencia ($P < 0.05$).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la utilización de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo más la suplementación de progesterona postinseminación en los meses de verano no mejoró la tasa de preñez en vaquillas Holstein. Esto coincide con algunos autores que han reportado un mayor efecto en vacas infértiles, sin embargo, otros han reportado una mejoría en la tasa de preñez en vaquillas suplementadas con progesterona cuando están en su zona termoneutral. Por otra parte, también se encontró que el uso de un sistema de enfriamiento redujo la temperatura vaginal y la frecuencia respiratoria, mejorando el confort de los animales comparado con el grupo testigo; esto provocó una reducción parcial de los efectos negativos del estrés calórico.

LITERATURA CITADA

- Abilay, T. A., H. D. Johnson, and M. Madan. 1975. Influence of environmental heat on peripheral plasma progesterone and cortisol during the bovine estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 58: 1836–1840.
- Acosta, S. J. 1994. Nutricion y manejo del ganado en corrales de engorda bajo estres por calor.IV Reunion Annual Produccion de Leche y Carne en zonas calidas.p.p. 2 ICA-UABC. Mexicali, B. C.
- Adams, G. P., R. L. Matter, J .P. Kastelic, J. Ch. Ko, O. Ginther. 1992. Association between surges of follicle stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J. Reprod. Fert.* 94:177.
- Ambrose, J. D., J. P. Kastelic, R. Rajamahendran, M. Aali, and N. Dinn. 2005. Progesterone (CIDR)-based timed IA protocols using GnRh, porcine LH or estradiol cypionate for dairy heifers: Ovarian and endocrine responses and pregnancy rates. *Theriogenology* 64:1457-1474.
- Aréchiga, F. C. 2000. Efectos adversos del estrés calorico en la reproduccion del ganado bovino. En Hernandez Ceron J editor. *Mejoramiento Animal: Reproduccion*. Mexico (DF). Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.135-150.
- Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2050.
- Badinga, L., R. J. Collier, W. W. Thatcher and C. J. Wilcox. 1985. Effects of climate and management factors on conception rate of dairy cattle in subtropical environment. *J. Dairy Sci.* 68:78.
- Badinga, L, Thatcher W. W., Diaz T., Drost M., Wolfenson D. 1993. Effect of environmental heat stress on follicular development and steroidogenesis in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 39:797–810.
- Baker, P. T. 1974. An evolutionary perspective on environmental physiology. In *Environmental physiology*, Lonim, N. B., Ed., C. V. Mosby, St. Luis. Pp 510.
- Beede, D. K., and R. J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J.Anim. Sci.* 62543.

- Bianca, W. 1972. Termorregulacion. En: Adaptacion de los animales de Granja. p. p. 135. E. S. E. Hafez. Ed. Herrero. Mexico D.F.
- Biggers, B. G., R. D. Geisert, R. P. Wetteman, and D. S. Buchanan 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. J. Anim. Sci. 64:1512-1518.
- Bligh, J., and K. G. Johnson. 1973. Glossary of terms for thermal physiology. J. Appl. Physiol. 35:941-945.
- Bond, T. E., C. F. Kelly, W. N. Garrett, and G. L. Hahn. 1961. Livestock shades. Calif. Agric. 15(7):7.
- Branton, C. 1971. The effects of climatic factors on milk production in the tropical and subtropical areas of the world. XIX Congreso Medicina Veterinaria y Zootecnia. Mexico City. August 15 to 22
- Breuel, J. M., J.C. Spitzer, C. E. Thompson, J. F. Breuel. 1990. First service pregnancy rate in beef heifers as influence by human chorionic gonadotropin administration before and/ or after breeding. Theriogenology 34:139-145.
- Collier, R. J., R. M. Eley, A. K. Sharma, R.M. Pereira, and D. E. Buffington. 1981. Shade management in a subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. J Dairy Sci. 64:844-849.
- Convey. E. M., H. A. Tucker, V.G. Smith and J. Zolman. 1973. Bovine prolactin, growth hormone, thyroxine and corticoid response to thyrotropin-releasing hormone. Endocrinology 92:471.
- Correa-Calderón, A., Avendaño-Reyes, L., Rubio-Villanueva, A., Armstrong, D. V., Smith, J. F., DeNise, S. K. 2002. Efecto de un sistema de enfriamiento en la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico. Agrociencia 36:531-539.
- Correa, A., Hernández, A., Avendaño, L., Rivera, F., Álvarez, F., Díaz, R., Pérez, A., Gómez, C. 2008. Evaluación de un protocolo de inseminación a tiempo fijo combinado con suplementación de progesterona en vaquillas holstein sometidas a enfriamiento artificial durante el verano. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos A. C. Memorias Científicas. Boca del Río, Veracruz. 14 al 16 de agosto.
- Curtis, S. E. 1987. Determinants and partitions of heat exchange, in hot environmental management in animal agriculture, The Iowa State Univ. Press Ames. Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as it effects animal production. J. Anim. Sci. 52: 164.

- 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 Rex John S. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. *Theriogenology* 60:1139.
- Disking, M.G. and J.M. Sreenan. 1980. Fertilization and embryonic mortality rates in beef heifers after artificial insemination. *J. Reprod. Fertil.* 59:463
- Donaldson, L. E., J.M. Bassett and G.D. Thorburn. 1970. Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation, and the effects of undernutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentration. *J. Endocr.* 48:599-614
- Ealy, A. D., Drost M., and Hansen, P. J. 1993. Developmental Changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows *J Dairy Sci* 76: 2899-2905.
- Ealy, A. D., Aréchiga C. F., Bray D. R., Risco C. A., and Hansen, P. J. 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., J. L. Howell, V. H. Monterroso, C. F. Arechiga, and P. J. Hansen. 1995. Developmental changes in sensitivity of bovine embryos to heat shock and use of antioxidants as thermoprotectants. *J. Anim. Sci.* 73:1401-1407.
- Edwards, J. L., and P.J. Hansen. 1997. Differential responses of bovine oocytes and preimplantation embryos to heat shock. *Mol. Reprod. Dev.* 46:138-145.
- Espinoza, E. N. 1992. El diseno ambiental en los espacion arquitectonicos dedicados al sector pecuario, particularmente en el Ganado lechero. Tesis de Maestria en Ciencias.Fac. de Arq. U.A.B.C. Mexicali, B.C.
- Folman, Y., M. Rosenberg, I. Ascarelli, M. Kaim and Z. Herz. 1983. The effect of dietary and climatic factors on fertility, and on plasma progesterone and estradiol-17 β levels in dairy cows. *J. Steroid Biochem.* 19:863.
- Fuquay, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52:164-174.
- Gangwar, P. C., Cecil Branton, and D. L. Evans. 1965. Reproductive and physiological responses of holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. *J Dairy Sci* 1965 48: 222-227

- Ginther, O. J., J. P. Kastelic, Knopf, L. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20:187:200.
- Ginther, O. J., M. C. Wiltbank., P. M. Fricke., J. R. Gibbons., K. Kot. 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod.* 55: 1187-1194.
- Gombe, S. and W. Hansel. 1973. Plasma LH and progesterone levels in heifers on restricted energy intakes. *J. Anim. Sci.* 37:728-733
- 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.
- Gwazdauskas, F. C., Abrams, R. M., Thatcher, W. W., Bazer, F. W., and Catan, D. 1974. Thermal changes on the bovine uterus following administration of estradiol -17 β . *J. Anim. Sci.* 39:87.
- Gwazdauskas, F. C., C.J. Wilcox, and W. W. Thatcher. 1975. Environmental and managemental factors affecting conception rate in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 58:88.
- Gwazdauskas, F. C., J. A. Lineweaver, and W. E. Vinson. 1981. Rates of conception by artificial insemination of dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 64:358.
- Gwazdauskas, F.C., W. W. Thatcher, C.A. Kiddy, M. J. Paape, and C.J. Wilcox. 1981. Hormonal patterns during heat stress following PGF $_{2\alpha}$ thamsalt induced luteal regression in heifers. *Theriogenology* 16:271.
- Gwazdauskas, F. C. 1985. Effects of climate on reproduction in cattle. *J. Dairy Sci.* 1568-1578.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 77:10-20.
- Hafez, E. S. E. 1968. Adaptation of domestic animals. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Henao, U. J., L. Bucion, J. G. Herrera, E. Avila. 1991. Respuesta fisiológica al estrés calórico del ganado bovino en el tropico. *Agrociencia seri Ciencia Animal* Vol.1 No. 1:43.
- Hansel. W. and E. M. Convey. 1986. Physiology of the estrous cycle *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 2):404.
- Hansen, P. J. and C. F. Arechiga. 1999. Strategies form managing reproduction in the Heat stressed dairy cow. *J Anim. Sci.* 77:36-50.

- Hendrey, J., and I. Kola. 1991. Thermolability of mouse oocytes is due to the lack of expression and/or inducibility of Hsp70. *Mol. Reprod. Dev.* 28:1
- Hansen, P. J., Drost, M., Rivera, R. M., Paula-Lopes, F. F., Al-Katanani, Y.M., Krininger III, C.E., and C.C. Chase, Jr., 2001. Adverse impact of the heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*. 55: 91-103.
- 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.
- Heroux, O. 1969. Catecholamines, corticosteroids and thyroid hormones in nonshivering thermogenesis environmental conditions. P. 345-363. In E. Bajaz (Ed.) *Physiology and Pathology of Adaptation Mechanisms*—Pergamon Press Oxford.
- Hervas, F. Morreale de Escobar, G. and Escobar de Rey. 1975. Rapid effects of single small doses of L-Tyroxine and triiodo-L- thyroxine on growth hormone, as studied in the rat by radioimmunoassay. *Endocrinology* 97: 91:93.
- Hill, J. R., D. R. Lamond, D. M. Henricks, J. F. Dickey and G. D. Niswender. 1970. The effect of undernutrition on ovarian function and fertility in beef heifers. *Biol. Reprod.* 2: 78-84.
- Hoch, F. L. 1974. Metabolic effects of thyroid hormone. *Handbook of physiology* vol.III. Greep and Astwood An. Physiol. Soc., Washington, D.C. Pp 183-192.
- Igono, M. O., H. D. Johnson, B. J. Steevens, W. A. Hainen, and M. D. Shanklin. 1988. Effect of season on milk temperature, milk growth hormone, prolactin, and somatic cell counts of lactating cattle. *Int. J. Biometeorol.* 32:194–200
- Ingraham, R. H., R. W. Stanley, and W.C. Wagner. 1976. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in Hawaii. *J. Dairy Sci.* 77:59:2086-2090.
- Johke, T. 1978. Effects of TRH on circulating growth hormone, prolactin, and triiodothyronine levels in the bovine, *Endocrinol.Japn.* 25:19.
- Johnson, H. D. and W. J. Vanjonack. 1976. Effects of Environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals *J Dairy Sci.* 59: 1603-1617.

- Johnson, H. D. 1984. Heat stress on fertility and plasma progesterone. *Reproduction des ruminants en zone tropical*. Inst. Natl. Rech. Agron. Publ.
- Johnson, H. D. and W.J. Vanjonack. 1976. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. *J. Anim. Sci.* Vol 59, No.9 1603-1617.
- Jordan, E. R. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86: (E.Suppl.): E104-E114.
- Kennedy, P. M., B. A. Young and R. J. Christopherson. 1977. Studies on the relationship between thyroid function, cold acclimation and retention time of digest, in sheep. *J. Anim. Sci.* 45:1084.
- Kleemann, D. O., Walker, S. K., Seamark, R. F. 1994. Effect of early progesterone administration on fetal growth and survival in sheep. *Theriogenology* 41:227
- Kunkel, R. N., W. C. Hagele, and A. C. Mills. 1977. Effect of recipient progesterone supplementation of morula and blastocyst survival. *I. Anim. Sci.* 45(Suppl. 1):181.(Abstr.).
- Legates, J. E., B. R. Farthing, R. B. Casady and M. S. Barrada. 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. *J. dairy Sci.* 74:2491-2500.
- Leyva, C. J. C. 2005. Efecto de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo combinado con enfriamiento como alternativa para incrementar la fertilidad de vaquillas Holstein en verano. UABC. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal. Pg.43
- Lindquist, S. 1986. The heat shock response. *Annu. Rev. Biochem.* 55:1151.
- Madan, M. L., and H. D. Johnson. 1973. Environmental heat effects on bovine luteinizing hormone. *J. Dairy Sci.* 56:1420–1423.
- Maurer, R. R, and S. E. Echtemkamp. 1982. Hormonal asynchrony and embryonic development. *Theriogenology* 17: 11.
- Macmillan, K. L., Peterson, A. J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Anim. Reprod. Sci.* 33:1-25.
- McDowell R. E., Hooven N. W. and Camoens J. K. 1976. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. *J. Dairy Sci.* 59:965-973

- Mellado, M. B. 1994. Situacion de la produccion de leche en Mexico y razas de bovino lechero. En: Produccion de leche. Sistemas intensivos y de doble proposito. p.p.13. UAAAN. Saltillo, Mexico.
- Mihm M, Baguisi A, Boland M. O, Roche J. F. 1994. Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers. J. Reprod. Fertil.:102:123–30.
- Mills, A.G., W. W. Thatcher, S. E. Dunlap and C. K. Vincent. 1972. Influence of post breeding thermal stress on peripheral plasma progesterin concentrations in heifers. J. Dairy Sci. 55: 400
- Mirkes, P. E. 1987. Hyperthermia induced heat shock response and thermotolerance in postimplantation rat embryos. Dev. Biol. 119:115.
- Mohammed, M. E. and H. D. Johnson. 1985. Effect of growth hormone on milk yields and related physiological functions of Holstein cows exposed to heat stress. J. Dairy Sci. 68:1123-1133.
- Monty, D. E., Jr., and L. K. Wolff. 1974. Summer heat stress and reduced fertility in holstein-friesian cows in Arizona. Am. J. Vet. Res. 35:1495.
- Ominski, K. H, A. D. Kennedy, K. M. Wittenberg, and S. A. Moshtaghi Nia . 2002. Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. J Dairy Sci 85: 730-737.
- Premachandra, B. N., G. W. Pipes, and C. W. Turner. 1958. Variations in thyroxine secretion rate of cattle. J. Dairy Sci. 41:1609.
- Pursley, J. R., M. O. Mee, and M. C. Wiltbank. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂ α and GnRH. Theriogenology 44:915-923/
- Putney, D. J., M. Drost, and W. W. Thatcher, 1988. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperature between days 1 to 7 post insemination. Theriogenology 30: 195-209.
- Putney, D. J., Mullins, S., Thatcher, W. W., Drost, M. and Gross, T .S. 1989. Embryonic development in superovulated dairy cattle exposed to elevated ambient temperatures between the onset of estrus and insemination. Anim. Reprod. Sci.19:37.
- Radostits, O. M., K. E. Leslie, J. Fetrow. 1994. Dairy cattle housing and environmental management. In: W.B. Saunders company (Ed). 2a Ed. Herd health food animal productions medicine.p.p. 316. Philadelphia, Penn.

- Rhodes, F. M., S. McDougall, C. R. Burke, G. A. Verkerk, and K. L. Macmillan. 2003. Invited Review: Treatment of Cows with an Extended Postpartum Anestrous Interval. *J. Dairy Sci.* 86: 1876-1894.
- Riabowol, K. T., L. A. Mizzen, and W. J. Welch. 1988. Heat shock is lethal fibroblasts microinjected with antibodies against HSP70. *Science (Washington,DC)* 242:433.
- Robinson, N. A., Leslie, E. K. and Walton, J. S. 1989. Effect of treatment with progesterone on pregnancy rate and plasma concentrations of progesterone in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 72:202-207
- Roche, J. F. 1981. Reproductive wastage following artificial insemination of heifers. *Vet. Record*, 109:401.
- 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, 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.
- Roman-Ponce, 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.
- Rosenberg, M., Z. Herz, M. Davidson, and Y. Folman. 1977. Seasonal variations in post-partum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 51:363.
- Rosenberg, M., Y. Folman, Z. Herz, I. Flamenbaum, A. Berman, and M. Kaim. 1982. Effect of climatic conditions of peripheral concentrations of LH, progesterone and oestradiol-17 β in high milkyielding cows. *J. Reprod. Fertil.* 66:139.
- SAGARPA. 2001. Evaluacion de la produccion agricola. Delegación de Baja California.
- SAS. 2003. SAS/STAT Users Guide, version 9.1, Cary, NC:SAS Institud Inc., USA
- Schneider, P.L., D.K. Beede, C.J. Wilcox, and R.J. Collier. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat stressed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2546-2553.

- Shearer, J. K., Beede, D. K., Bray, D. R., Bucklin, R. A. 1999. Managing during heat stress. Tri-State Dairy Nutrition Conference. April 20-21- P.p. 98-110.
- Sreenan, J. M., M. G. Diskin, and M. Murphy. 1979. Fertilization and embryo survival rates in control and progesterone or hCG treated heifers. *Ann.Biol.Anim. Biochim. Biosphys.* 19:1619.
- Sreenan, J. M., and M.G. Diskin. 1983. Early embryonic mortality in the cow: its relationship with progesterone concentration *Vet. Rec.* 112:517.
- Stott, G. H., F. Wiersma and J. M. Woods. 1972. Reproductive health program for cattle subjected to high environmental temperatures. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 151:1339.
- Stott, G. H., and F. Wiersma. 1973. Climatic thermal stress, a cause of hormonal depression and low fertility in bovine. *Int. J. Biometeorol.* 17:115.
- 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.
- Stott, G. H. 1981. What is animal stress and how is it measured?. *J. Anim. Sci.* Vol.52, No.1 150-153.
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86:(E. Suppl.): E52-E77.
- Thatcher, W. W. 1974. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.* 57:360.
- Thatcher, W. W., and J. Collier. 1986. Effects of climate in bovine reproduction. In: D. A. Morrow. (Ed.). *Current therapy in Theriogenology.* 2:301-309. W.W. Saunders, Philadelphia.
- Thatcher, W. W., F. Moreira, J. E. P. Santos, R. C. Mattos, F. L. Lopes, S. M. Pancarci, and C. A. Risco. 2001. Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production. *Theriogenology* 55:75–89.
- Thompson, G. E. 1973. Review of the progress of dairy science climatic physiology of cattle. *J. Dairy Res.* 40:441.
- Turner, H. G. 1982. Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationship to fertility. *Anim. Prod.* 35:401.
- Ulberg, L. C. and P. J. Burfening. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.* 47:712.

- Van Cleeff, J., M. Drost and W. W. Thatcher. 1991. Effects of postinsemination progesterone supplementation on fertility and subsequent estrous of dairy Heifers. *Theriogenology* 36:795-807.
- Vanjonak, W. J., M. W. Felz, L. Hahn and H. D. Johnson. 1974. Thyrotropin-releasing hormone (TRH) effects on bovine plasma thyroxine. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 145:925.
- Vaught, L. W., D. E. Monty, Jr., and W. C. Foote. 1977. Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 38:1027.
- West, J. W. 2003. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86:2131-2144.
- Westra, R. and R. J. Christopherson. 1976. Effects of cold on digestibility, retention time of digesta, reticulum motility and thyroid hormones in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 56:699.
- Wiersma, F. 1982. Shades for dairy cattle. Univ. Ariz. Ext. Serv., WREP 51. Univ. Arizona, Tucson
- Wilson, S. J., M. C. Lucy J., N. Spain, and D. H. Keisler. 1995. Corpus luteum function and follicular dynamics in lactating dairy cattle exposed to heat stress. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1): 231.(Abstr.)
- Wilson, S. J., C. J. Kirby, A. T. Koenigsfeld, D. H. Keisler, and M. C. Lucy. 1998a. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 2. heifers. *J. Dairy Sci.* 81:2132–2138.
- Wiltbank, J. N., H. W. Hawk, H. E. Kiddy, W. G. Lack, L. C. Ulberg, and L. E. Casida. 1956. Effect of progesterone therapy on embryo survival in cows of lowered fertility. *J. Dairy Sci.* 39:456.
- Wolfenson, D., I. Flamenbaum, and A. Berman. 1988a. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 809-818.
- 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., Kaim, M., Rosenberg, M. 1994. Conception rate of cows supplemented with progesterone post-insemination in the summer. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl.1):280
- Wolfenson, D., Z. Roth, R. Meidan. 2000. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61:535-547

- Younas, M. J., J.W. Fuquay, A.E. Smith and A.B. Moore.1993. Estrous and endocrine responses of lactating Holstein to forced ventilation during summer. J.Dairy Sci. 76:430.
- Young, B. A. 1981. Cold stress as it affects animal production. J.Anim. Sci. 52:154.
- Young, B. A. 1988. Influencia del estrés ambiental sobre las necesidades nutritivas. En: D.C. Church (Ed) El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. p.p. 530. Ed. Prentice-Hall. Mexico, D.F.
- Yousef, M. K. 1984. Stress physiology: definition and terminology. In: Yousef, M. K. (Ed.) Stress physiology in livestock.pp 3-7. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yousef, M. K. 1985. Thermoneutral zone. Basic principals.In: Stress physiology in livestock. CRC.Press,Boca Raton,FL, Pp.67.
- Zakari, A. Y., E. C. I. Molokwu, and D. I. K. Osori. 1981. Effects of rectal and ambient temperature and humidity on conception rates. Theriogenology 16:331.
- Zarco, Q. L. 1991. Efecto del estres sobre reproduccion en el bovino. En:III Curso Int. de Reproduccion Bovina.UNAM.Mexico,D.F.

APENDICE

Cuadro 10. Temperatura vaginal (°C) en vaquillas Ho lstein en respuesta al tratamiento.

HORA	T1	T2	T3
	TEMP. (°C)		
6:00	38.7 ^a	38.6 ^a	38.7 ^a
7:00	38.8 ^a	38.8 ^a	38.9 ^a
8:00	38.8 ^a	38.7 ^a	38.9 ^a
9:00	39.0 ^a	38.6 ^a	38.9 ^a
10:00	39.2 ^a	38.8 ^b	38.8 ^b
11:00	39.2 ^a	38.6 ^b	38.6 ^b
12:00	39.3 ^a	38.5 ^b	38.4 ^b
13:00	39.3 ^a	38.7 ^b	38.5 ^b
14:00	39.4 ^a	38.7 ^b	38.7 ^b
15:00	39.6 ^a	38.8 ^b	38.8 ^b
16:00	39.7 ^a	39.1 ^b	39.0 ^b
17:00	39.6 ^a	39.3 ^b	39.0 ^b
PROM. DIA^A	39.3^a	38.9^b	38.9^b
18:00	39.5 ^a	39.3 ^{ab}	39.2 ^b
19:00	39.8 ^a	39.6 ^a	39.7 ^a
20:00	39.3 ^a	39.2 ^a	39.3 ^a
21:00	39.2 ^a	39.1 ^a	39.3 ^a
22:00	39.0 ^a	38.9 ^a	39.2 ^a
23:00	39.0 ^a	38.9 ^a	39.1 ^a
0:00	38.8 ^a	38.9 ^a	38.9 ^a
1:00	38.8 ^a	38.7 ^a	38.8 ^a
2:00	38.7 ^a	38.6 ^a	38.7 ^a
3:00	38.7 ^a	38.6 ^a	38.6 ^a
4:00	38.7 ^a	38.6 ^a	38.7 ^a
5:00	38.7 ^a	38.6 ^a	38.7 ^a
PROM. NOCHE^B	38.9^{ab}	38.8^a	39.0^b
PROM. GENERAL	39.1^a	38.8^b	38.9^b

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

^A 0600 A 1700 h

^B 1800 A 0500 h

Cuadro 11. Efecto del período sobre la Tasa de Preñez (%P) en vaquillas Holstein sometidas a un sistema de enfriamiento.

Periodo	%P
1	66.2 ^a
2	38.1 ^b

Testigo(T1), Celo natural más enfriado (T2), Sincronizado con CIDR+Suplemento de P4 post IA mas enfriado (T3).

^{a,b} Valores con distinta literal dentro de la misma columna difieren entre si (P<0.05).

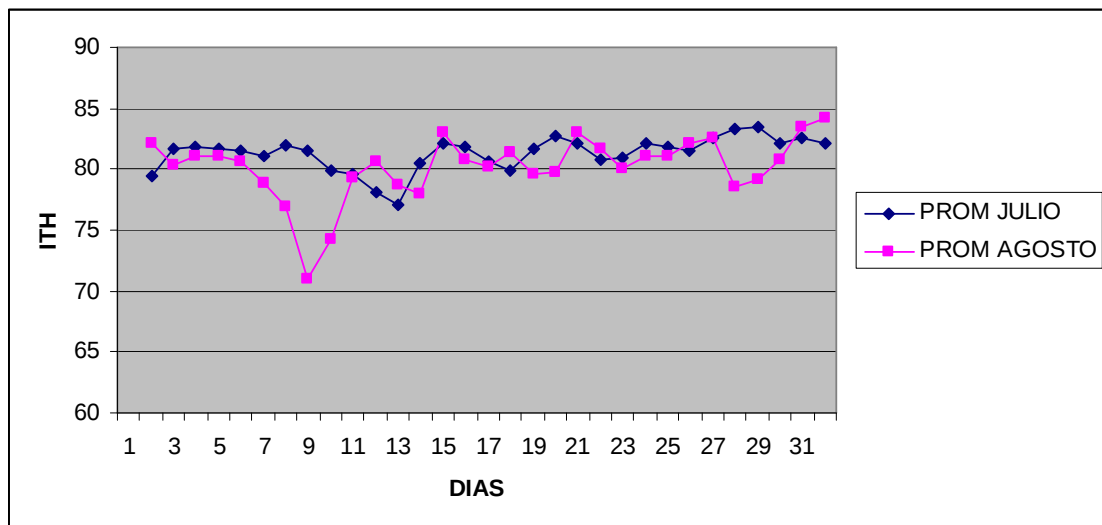


FIGURA 2. Promedio de ITH en el Valle de Mexicali en el verano 2007.

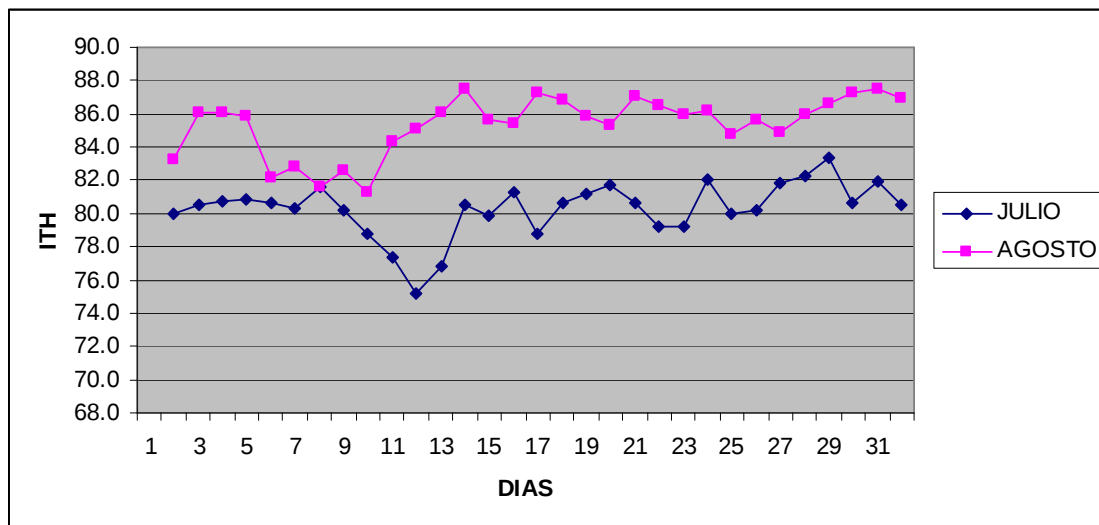


FIGURA 3. Promedios diarios de ITH durante las horas del día (6:00-19:00 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.

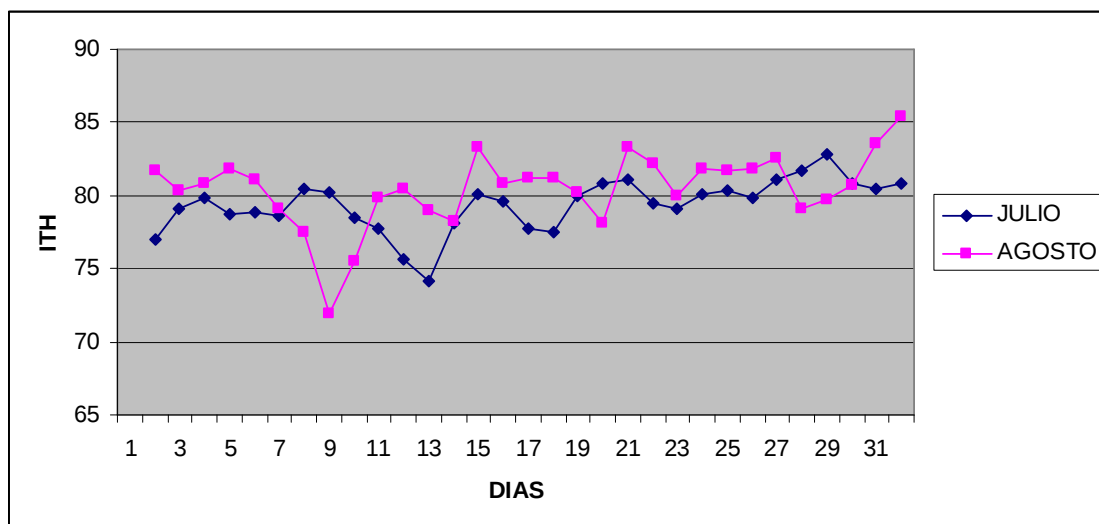


FIGURA 4. Promedios diarios de ITH durante las horas de noche (20:00-5:00 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.

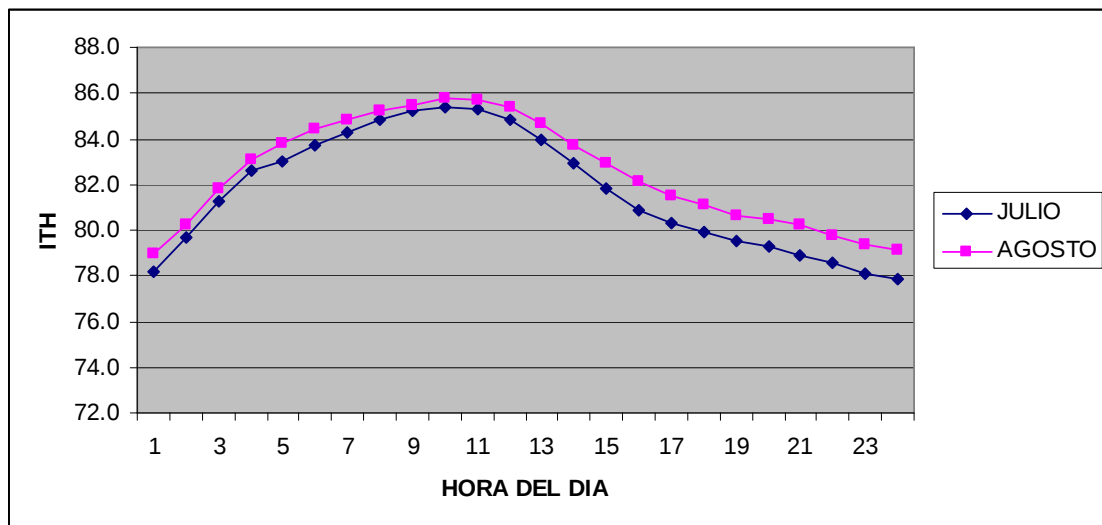


Figura 5. Promedios diarios de ITH durante las horas del día (00:00-2300 h) en el Valle de Mexicali en el verano 2007.

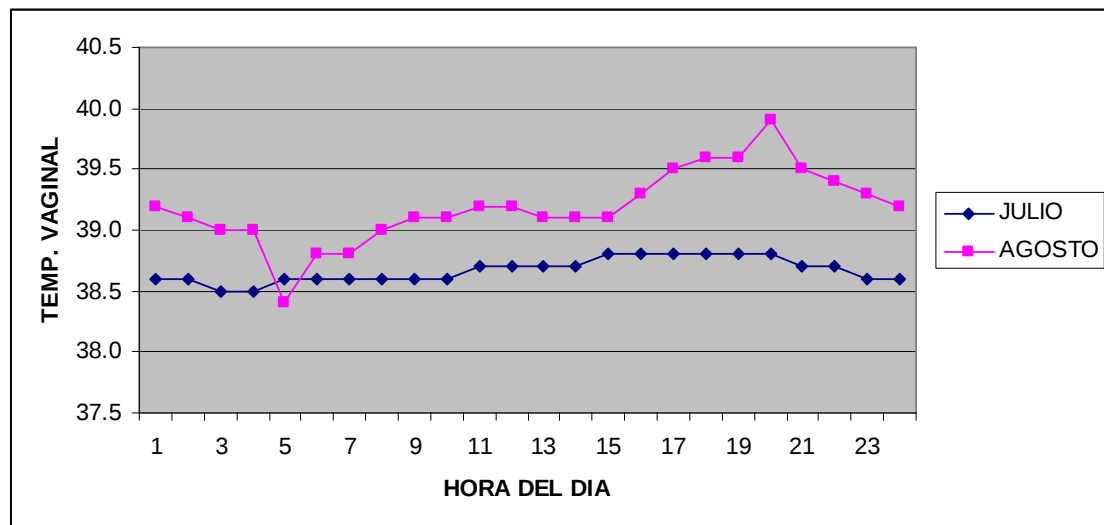


Figura 6. Promedios de Temperaturas Vaginales (TV) en las horas del día (00:00-2300 h), en el Valle de Mexicali 2007

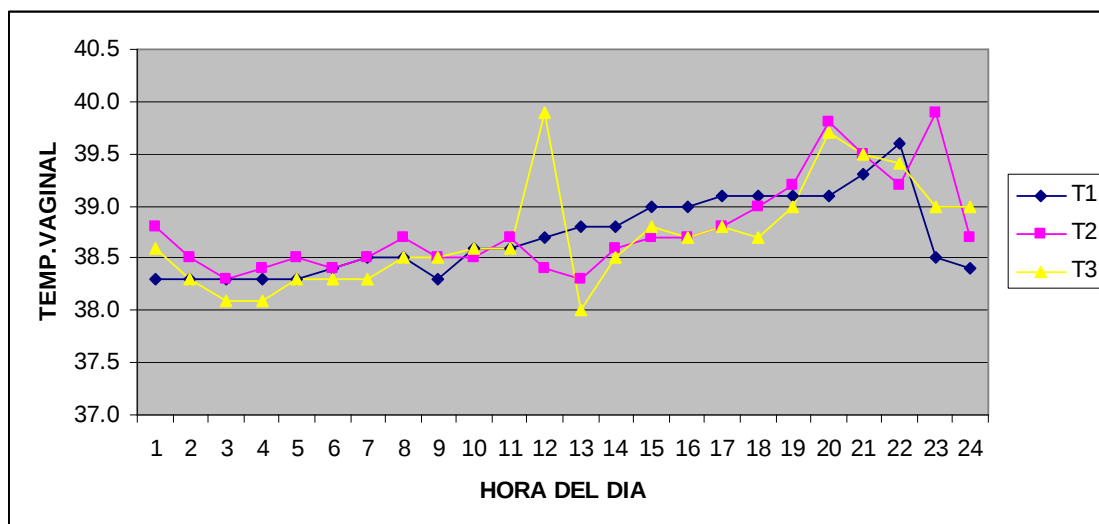


FIGURA 7. Promedio de Temperaturas Vaginales por tratamiento en las horas del día(00:00-2300 h) de Julio 2007.

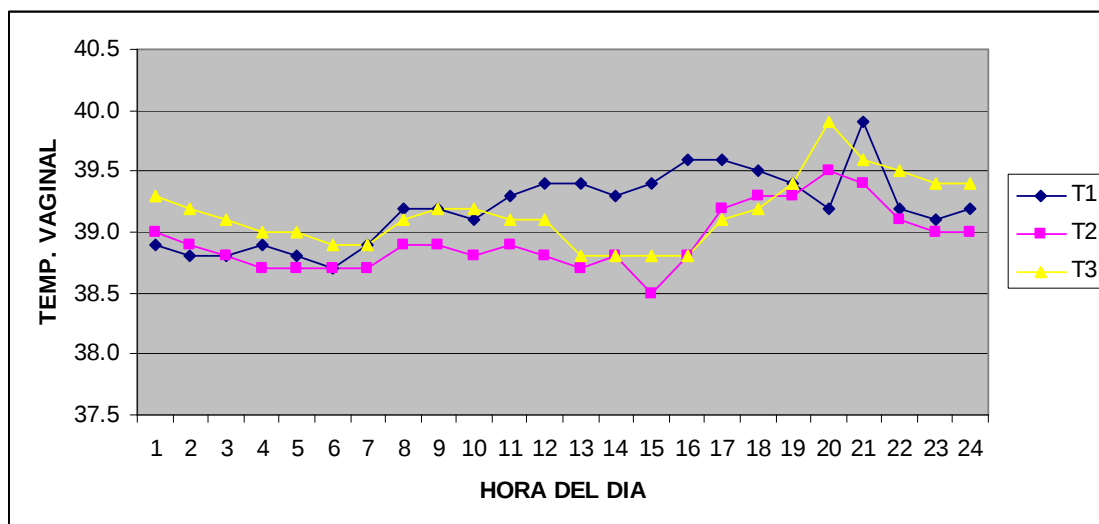


FIGURA 8. Promedio de Temperaturas Vaginales por tratamiento en las horas del día(00:00-2300 h) de Agosto 2007.