

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EL ESTRÉS CALÓRICO DISMINUYE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y  
LA FERTILIDAD EN LOS MESES DE JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE  
EN HATOS DE LA COMARCA LAGUNERA DE MÉXICO**

**POR:**

**FERLÍN SÁNCHEZ JUÁREZ**

**TESIS:**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EL ESTRÉS CALÓRICO DISMINUYE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA  
FERTILIDAD EN LOS MESES DE JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE EN HATOS  
DE LA COMARCA LAGUNERA DE MÉXICO**

**POR:**

**FERLÍN SÁNCHEZ JUÁREZ**

**ASESORA PRINCIPAL**

Una firma manuscrita en tinta negra que parece decir "Ilda Graciela Fernández García".

**DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

Una firma manuscrita en tinta negra que parece decir "Rodrigo Isidro Simón Alonso".

**MVZ RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO**



**Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**



**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**EL ESTRÉS CALÓRICO DISMINUYE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA  
FERTILIDAD EN LOS MESES DE JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE EN HATOS  
DE LA COMARCA LAGUNERA DE MÉXICO**

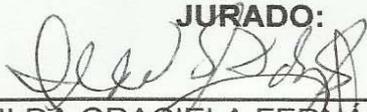
**TESIS POR:**

**FERLÍN SÁNCHEZ JUÁREZ**

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobado como  
requisito parcial para optar por el título de:

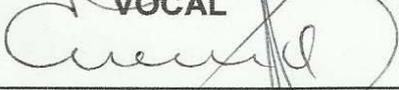
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**JURADO:**

  
\_\_\_\_\_  
DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ MONCEBÁEZ Y PÉREZ  
**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
MVZ JOSÉ LUIS COVARRUBIAS CASTRO  
**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
ING. MARTÍN CASTILLO RAMÍREZ  
**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
MVZ RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**



**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**EL ESTRÉS CALÓRICO DISMINUYE LA PRODUCCIÓN DE LECHE Y LA  
FERTILIDAD EN LOS MESES DE JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE EN LOS  
HATOS DE LA COMARCA LAGUNERA DE MÉXICO**

**TESIS POR:**

**FERLÍN SÁNCHEZ JUÁREZ**

**ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE  
ASESORÍA**

**ASESORA PRINCIPAL:**

**DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA**

**ASESORES:**

**DR. JOSÉ MONCEBÁEZ Y PÉREZ**

**MVZ JOSÉ LUIS COVARRUBIAS CASTRO**

**ING. MARTÍN RAMÍREZ CASTILLO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**JUNIO 2012**

# *Dedicatorias*

*A Dios*

*A mis padres:*

*Egda Elizabeth Juárez Morales y Octavio Sánchez  
Sánchez, por sus ejemplos, optimismo y lucha en cualquier  
circunstancia*

*A mis hermanas:*

*Ruth, Lourdes, Rebeca, Yeni y Yatzilth*

*Por el apoyo incondicional que me han brindado*

# *Agradecimientos*

*A Dios que me ha puesto en este camino y que me ha dado la oportunidad de formarme profesionalmente.*

*A mi familia por el apoyo incondicional.*

*A la Dra. Ilda Graciela Fernández García por sus asesorías.*

*A los asesores por colaborar en este proyecto.*

*A mi Alma Mater por darme la oportunidad de ser parte de ella y formarme como profesionalista.*

*Al MVZ Jorge Fernández Díaz de León, por facilitarme los registros de los hatos estudiados.*

*A todos mis maestros por trasmitirme parte de sus conocimientos.*

*A todos mis amigos por formar parte de esta etapa de mi vida.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	X
<b>RESUMEN.....</b>	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	3
2.1 Producción de leche.....	3
2.2 Factores que influyen en la producción de leche.....	4
2.2.1 Consumo de alimento.....	4
2.2.2 Medioambiente.....	5
2.3 Fertilidad.....	5
2.4 Estrés calórico.....	7
2.5 Efectos adversos del estrés calórico sobre los procesos reproductivos.....	10
2.5.1 Detección de estro.....	11
2.5.2 En la duración del ciclo estral.....	11

2.5.3 En el desarrollo folicular.....	11
2.5.4 En el establecimiento de la gestación.....	12
2.5.5 Efecto de altas temperaturas sobre los ovocitos y los embriones.....	12
<b>III. OBJETIVO.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. HIPÓTESIS.....</b>	<b>14</b>
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
5.1 Descripción del área de estudio.....	15
5.2 Registros utilizados.....	15
5.3 Alimentación.....	16
5.4 Semen utilizado.....	16
5.5 Manejo sanitario.....	16
5.6 Variables analizadas.....	17
5.7 Análisis estadísticos.....	17
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>19</b>
6.1 Producción de leche.....	19
6.2 Fertilidad.....	19

6.3 Índice Temperatura Humedad (ITH).....	24
<b>VII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>VIII. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>32</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Promedio mensual en la producción de leche (L) durante el año de 2010.	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b>	Promedio anual de producción de leche (L) durante el periodo de estudio de 2002 a 2010.	<b>21</b>
<b>Figura 3</b>	Porcentaje mensual en la fertilidad durante el año de 2010.	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b>	Porcentaje anual en la fertilidad durante los años de estudio de 2002 a 2010.	<b>23</b>
<b>Figura 5.</b>	Temperatura media expresada en grados centígrados obtenida por mes en el año de 2010 ( $\pm$ ee).	<b>25</b>
<b>Figura 6.</b>	La media de humedad relativa mensual en el año de 2010 ( $\pm$ ee).	<b>26</b>
<b>Figura 7.</b>	Unidades de ITH media mensual en el año de 2010 ( $\pm$ ee).	<b>27</b>

## RESUMEN

El objetivo fue Determinar si el estrés calórico disminuye la producción de leche y la fertilidad en hatos lecheros de la Comarca Lagunera. Se utilizaron los registros (n = 2 195 231) de los promedios mensuales de 15 hatos durante el periodo comprendido de 2002 a 2010. El promedio de vacas fue 1 700/hato/mes. Los hatos se clasificaron de acuerdo al nivel de producción de leche: nivel bajo (1), nivel medio (2) y nivel alto (3). La producción de leche se obtuvo del total de litros producidos entre el total de vacas ordeñadas en un mes dado. La fertilidad se consideró el porcentaje de vacas gestantes del total de vacas inseminadas en un determinado mes. Las unidades del ITH se calcularon mediante la combinación de temperatura y humedad relativa con la siguiente expresión:  $ITH = (9/5 \text{ temperatura } ^\circ\text{C} + 32 - (11/2 - 11/2 \times \text{humedad relativa})) \times (9/5 \text{ temperatura } ^\circ\text{C} - 26)$ . Se utilizó un modelo mixto con medidas repetidas, como efecto fijo se tuvo el mes, el nivel productivo, la interacción mes por nivel, el factor aleatorio fue el hato, el cual se anidó dentro del nivel de producción de leche. Los análisis se llevaron a cabo con la subrutina de modelos mixtos implementados en el SPSS. La producción de leche se incrementó de acuerdo a su nivel de producción. Las medias de cuadrados mínimos (MCM  $\pm$  e.e.) indicaron que la producción de leche fue de  $26.3 \pm 0.3$ ,  $28.4 \pm 0.3$  y  $29.6 \pm 0.3$  L en los niveles 1, 2 y 3, respectivamente. El ajuste de Bonferroni indicó diferencia en los niveles 2 y 3 (P=0.06). De manera general, Se detectó diferencia significativa (P<0.001) en el porcentaje de fertilidad en el mes de septiembre con  $26.7 \pm 1.1\%$  y el mes de marzo con  $34.9 \pm 1.1\%$ . La fertilidad no difirió (P>0.05) en los meses de junio con  $23.16 \pm 1.1\%$  a octubre con  $26.4 \pm 1.1\%$ . De noviembre fue  $35.12 \pm 1.1\%$  a mayo con  $29.19 \pm 1.1\%$ . El ITH obtenido  $\geq$  a 72 unidades indicó que las vacas estuvieron bajo condiciones de estrés calórico en los meses de, julio (76), agosto (77) y septiembre (74). Se concluye que los meses más críticos en los hatos lecheros de la Comarca Lagunera fueron de julio a septiembre, ya que es cuando se registraron los porcentajes de fertilidad más bajo, así mismo, en estos meses se obtuvieron los valores más altos en el Índice Temperatura Humedad.

**Palabras claves:** Producción de leche, Fertilidad, Estrés calórico, Vacas Holstein.

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento en la producción de leche de bovino a nivel nacional ha tenido una tendencia ascendente. De 1996 a 2003 se incrementó en un 2.8 %. A partir de 2004 el volumen en la producción de leche ha presentado un crecimiento de casi un 1%. En 2010 se observó un incremento de un 1.2% en la producción de leche a nivel nacional. Los avances alcanzados en los sistemas de producción de leche, la aplicación de tecnologías de vanguardia en el manejo del ganado, así como, en el equipamiento en las explotaciones ha permitido en cierta medida este crecimiento (SAGARPA, 2005; SIAP, SAGARPA, 2012).

En el año 2002 se registró una producción de 9, 658, 282 L producidos a nivel nacional, mientras que el año 2010 se registró a nivel nacional 10, 676, 691 L (SIAP, SAGARPA, 2012).

Los principales estados productores de leche de bovino del año 2006 a la actualidad son: Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, México, Puebla, Hidalgo y Aguascalientes.

En el norte de México, la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango) es considerada como la primera cuenca lechera especializada del país, cuya característica fundamental es la de ser el complejo lechero más tecnificado y moderno con base en el denominado "*modelo Holstein*". Este modelo se relaciona con el subsistema agrícola mediante la producción de forrajes y en especial de alfalfa, ya que el origen de los ingredientes que componen la dieta

proporcionada en este sistema proviene de la “*artificialización*” del ecosistema, mediante especies de plantas forrajeras cultivadas y cosechadas inducidas para alimentar el ganado (SAGARPA, 2005).

En la Comarca Lagunera, en el año de 2002 se produjeron 1, 732, 905 L de leche y en el año 2010 la producción total fue de 2, 092, 807 L (SIAP, SAGARPA, 2012).

Por ello, sería interesante conocer qué niveles de producción de leche y qué porcentaje de fertilidad en condiciones de estrés calórico han tenido los hatos de la Comarca Lagunera de 2002 a 2010.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción de leche

En los bovinos lecheros la búsqueda de mayor eficiencia, tanto biológica como económicamente, depende en la mayor producción de leche por lactancia, así como, de un conjunto de componentes que participan en la eficiencia reproductiva. Esto último, debido a que en cuanto la vaca lechera tenga mayor números de crías, mayor será la cantidad de leche producida durante en su vida productiva (Marini *et al.*, 2003).

La producción láctea depende en gran medida de la habilidad del desempeño reproductivo de cada hembra, debido a que el ciclo de lactación se reinicia por la gestación (Córdova y Pérez, 2005).

Si el intervalo entre partos es superior al óptimo, se incrementa la probabilidad de que el periodo seco sea mayor, reduciendo la producción en la siguiente lactancia, lo que constituye una pérdida potencial en la vida útil de la vaca (Lozano *et al.*, 2005).

Entonces, el reto para la industria lechera, es el sostener altos niveles de producción de leche, sin afectar los parámetros reproductivos del hato lechero. Aunque las deficiencias reproductivas son multifactoriales, son dependientes de cambios fisiológicos, de mala alimentación, de la genética, de

factores biológicos, así como, de la sanidad y del manejo en general en el hato (Córdova y Pérez, 2005).

## **2.2 Factores que influyen en la producción de leche**

### **2.2.1 Consumo de alimento**

La alimentación en las vacas lecheras es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción de leche. Esto se hace más importante si se considera que el costo alimenticio incide por lo menos en un 50% del costo total de cada litro de leche producido. Por otra parte, una buena alimentación permite un incremento en la producción de leche, así como, en la sanidad y en la reproducción del ganado lechero (Cañas, 2008).

Las vacas lecheras deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos. Estos varían de acuerdo al peso vivo, al nivel de producción y al número de lactancia en que se encuentran los animales. Todos estos aspectos deben ser considerados para formular una ración óptima, en lo que se considera cierta proporción de forraje y concentrado (Ávila, 2002).

Está demostrado, que el ganado lechero expuesto a períodos cortos de calor disminuye su consumo de materia seca (CMS), especialmente cuando se utilizan dietas de alta densidad energética. La reducción en el CMS durante la época de calor es un intento del animal por alinear sus demandas energéticas con su capacidad de perder calor. Esta reducción del CMS es sin duda la mayor influencia en la disminución de la productividad del ganado. Por

otra parte, en condiciones de clima frío los animales intentan conservar el calor ya sea a través de un incremento en el aislamiento del medioambiente (mayor cobertura grasa, pelaje más largo y grueso, etc.), o bien produciendo más calor mediante un mayor CMS o el consumo de dietas más calóricas, aunque lo más probable sea una combinación de ambos (West, 2003).

### **2.2.2 Medioambiente**

Los fenómenos meteorológicos que influyen en el consumo de alimento son: la temperatura, la humedad, el viento, la radiación, la lluvia y la altitud. Está demostrado que los efectos del clima sobre la producción animal son directos e indirectos. Los directos son los que afectan las necesidades energéticas en los animales y los indirectos son aquellos que influyen, por ejemplo, en la disponibilidad de forraje. Uno de los factores más estudiados es el efecto de la temperatura (Cañas, 2008).

Está demostrado que la temperatura ambiental afecta negativamente el consumo de alimento, el consumo de agua, la producción y la composición de la leche y la fertilidad, entre otros, ya que, la máxima producción de leche se logra cuando la temperatura ambiental oscila entre 4 y 21°C (Cañas, 2008).

### **2.3 Fertilidad**

Se define a la fertilidad como la capacidad de reproducción de un individuo para producir un determinado número de descendientes por cada periodo de reproductivo o por una unidad de tiempo. La fertilidad en las

hembras de utilidad pecuaria es de importancia trascendental para la economía de la producción animal (Smidt y Ellendorff, 1972).

La fertilidad de un hato se evalúa en términos del porcentaje de hembras preñadas y en el tamaño de sus camadas (Smidt y Ellendorff, 1972).

La fertilidad en el ganado Holstein ha disminuido en los últimos 30 años. Aunque la disminución en la fertilidad es un problema mundial, ésta ha sido más aguda en las vacas Holstein, en los sistemas de producción en estabulación como en Estados Unidos de América, en relación a los sistemas de producción en pastoreo, como Nueva Zelanda, Australia y Uruguay. Esta diferencia probablemente obedece al sistema de producción utilizado, a las diferencias genéticas o a efectos en la interacción genotipo-medio ambiente (Hernández *et al.*, 2006).

La falla en la concepción o infertilidad es el problema reproductivo más importante en los hatos lecheros. En Estados Unidos de América, se ha observado una disminución en el porcentaje de la fertilidad en los últimos 40 años, por ejemplo, en el año 1951 se gestaba a casi el 65% de las vacas servidas, mientras que en el año 2000 se gestó un 40% (Lucy, 2001).

La meta ideal de todo programa reproductivo en un hato de ganado bovino lechero es lograr que todas las hembras tengan el primer parto a los 24 meses de edad y de ahí en adelante, obtener una cría cada 12 meses. Para que el productor logre sus metas de rentabilidad con sus animales, es necesario un funcionamiento reproductivo satisfactorio, ya que éste repercute

directamente en la producción diaria, en el progreso genético y en las políticas de reemplazo, etc. (Córdova *et al.*, 2005).

La baja eficiencia reproductiva tiene como resultado grandes pérdidas económicas debido a menor producción láctea y menor número de nacimientos de terneros por año (Marini *et al.*, 2003).

Existen evidencias que indican que la lactancia afecta a la fertilidad, en vacas con mayor producción de leche, las cuales se inseminan en el pico de lactancia para mantener intervalos entre partos no mayores a los 13 meses (Marini *et al.*, 2003).

La intensificación en los sistemas de producción de leche se ha acompañado de una disminución en la eficiencia reproductiva de los hatos. Se ha descrito que el incremento en la producción de leche se ha acompañado con una reducción en la fertilidad del primer servicio entre 0.5% y 1% anual en los últimos 25 años. Se ha observado también un incremento de los días abiertos y un retraso en el reinicio de la actividad ovárica y del primer servicio posparto (Lozano *et al.*, 2005).

## **2.4 Estrés calórico**

Las variables climáticas tienen importancia en determinar la distribución de las especies, en ausencia de barreras geográficas abruptas. Así, determinar si una zona geográfica en particular tiene un clima limitante para el

desarrollo de cierta especie, requiere de un análisis cuidadoso del bioclima, lo que incluye la evaluación de la meteorología, del tipo de vegetación nativa, de las enfermedades y de la adaptabilidad (bienestar) de los organismos al estrés ambiental (Sánchez-Rodríguez, 2007).

El bienestar es difícil de definir, parece razonable asumir que aquellos organismos que se adaptan mejor a un medio ambiente particular, pueden tener un mayor bienestar que aquellos que no lo hacen. Los cambios fisiológicos y de comportamiento asociados con la respuesta de un organismo al estrés, han sido usados ampliamente como indicadores de bienestar, sobre la premisa de que si el estrés se incrementa, el bienestar disminuye (Sánchez-Rodríguez, 2007).

En climas cálidos, la fertilidad de la vaca lechera disminuye durante el verano. La causa principal de este problema es la reducción de la supervivencia embrionaria inducida por estrés térmico debido al efecto negativo del incremento de la temperatura corporal sobre el desarrollo del embrión. La exposición de hembras bovinas a altas temperaturas ambientales durante la maduración del óvulo y ovulación o durante los 3 a 7 días posteriores a la inseminación artificial disminuye la viabilidad y desarrollo del embrión (Correa-Calderón *et al.*, 2009).

En el ganado lechero se ha observado en los meses calurosos una reducción en la tasa de gestación, donde se ha definido, el período crítico del estrés calórico sobre la fertilidad y el desarrollo embrionario dos días antes del

servicio, y el día mismo. Se ha calculado que por cada unidad de incremento del índice temperatura-humedad (ITH) en el día de servicio, se observa una reducción de un 0.5 % en la tasa de no retorno al estro a los 45 días post-servicio (Lozano *et al.*, 2005).

También se ha demostrado en estudios *in vitro*, que la exposición del ovocito y de embriones de dos a ocho células a altas temperaturas, reduce la tasa de fertilización y el desarrollo embrionario. Adicionalmente, la exposición de los embriones a patrones de temperaturas similares a los experimentados en vacas lactantes durante los días de verano (38.6 a 40.5 °C), en los primeros ocho días post-fertilización, reduce el porcentaje en la viabilidad y el desarrollo embrionario. En estudios *in vivo* han confirmado que los embriones en sus primeros tres días de edad son sensibles al estrés calórico (Lozano *et al.*, 2005).

Las altas temperaturas y la humedad relativa del ambiente, que son comunes en el verano en la mayor parte de las cuencas lecheras de México, con frecuencia rebasan la capacidad de los mecanismos normales de los animales para la disipación del calor, provocando condiciones de estrés calórico que afectan su fisiología y homeostasis, que se reflejan en la disminución del consumo voluntario de alimentos, en la producción láctea y en la eficiencia reproductiva (Lozano *et al.*, 2005).

Si se toma en cuenta que la temperatura de confort ambiental en el ganado lechero oscila entre 5 y 24 °C, se espera que medioambientes con

temperaturas mayores a los 24 °C, afecten el metabolismo basal del animal, comprometan el mantenimiento de su temperatura corporal y la consecuente disminución en el consumo de alimento, en la producción de leche y en la función reproductiva, en las lactancias subsecuentes y en la vida reproductiva del animal en general (Aréchiga y Hansen, 2003).

Los bovinos deben de tener una temperatura corporal cercana a los 38.5 °C, ya que, una de las prioridades fisiológicas en los animales homeotérmicos es mantener su temperatura corporal estable, la cual se genera al empatar el calor producido metabólicamente con el calor disipado hacia el medio ambiente (Aréchiga y Hansen, 2003).

## **2.5 Efectos adversos del estrés calórico sobre los procesos reproductivos**

Los efectos adversos que causa el estrés calórico pueden comprometer la eficiencia reproductiva en distintas maneras: retrasando el inicio en la pubertad, alterando y/o retrasando la ovulación, alterando la intensidad y la duración del estro, comprometiendo la viabilidad de los gametos, la supervivencia del embrión, y el desarrollo del embrión y/o del feto, e incluso alterando la función lútea del ovario para mantener la gestación (Aréchiga y Hansen, 2003).

### **2.5.1 Detección de estro**

El estrés calórico causa una reducción en la duración y en la intensidad del estro. Una menor manifestación del estro pudiera estar relacionada al menos, parcialmente con una menor actividad locomotora en las vacas expuestas a estrés calórico. Aunque también pudiera deberse a alteraciones endocrinas, ya que se han reportado niveles bajos de estradiol durante el proestro de vacas expuestas a estrés calórico, aunque dichos hallazgos no han sido del todo consistentes (Aréchiga y Hansen, 2003).

### **2.5.2 En la duración del ciclo estral**

En varios estudios se han encontrados ciclos estrales largos durante la estación calurosa del año, o después de periodos experimentales de estrés calórico. En México, se ha reportado que durante los meses de estrés calórico las vacas tienden a extender su ciclo estral y a la ocurrencia de una tercera onda folicular (Aréchiga y Hansen, 2003).

### **2.5.3 En el desarrollo folicular**

El estrés calórico pudiera reflejarse al momento del estro y de la ovulación como resultado de los efectos adversos sobre el desarrollo folicular incluyendo el reclutamiento, la selección y la dominancia folicular que finalmente resulten en un ovocito de baja calidad. El estrés calórico reduce el

crecimiento y la cantidad de fluido folicular, reduce la concentración de  $17\beta$  estradiol en el fluido de los folículos ováricos en la primera onda folicular, además reduce la dominancia del folículo ovulatorio (Aréchiga y Hansen, 2003).

#### **2.5.4 En el establecimiento de la gestación**

El estrés calórico es considerado el factor ambiental responsable de reducir los porcentajes de fertilización y de los porcentajes de concepción durante los meses calurosos en climas semiáridos, tropicales y subtropicales (Aréchiga y Hansen, 2003).

#### **2.5.5 Efecto de altas temperaturas sobre los ovocitos y los embriones**

El estrés calórico puede afectar al ovocito, al embrión o al tracto reproductivo. Las altas temperaturas afectan a los ovocitos y a los embriones en estadios iniciales de su desarrollo. Los ovocitos pueden afectarse directamente a consecuencia de las altas temperaturas o por repercusiones generadas en el desarrollo folicular que pudieran comprometer su calidad (Aréchiga y Hansen, 2003).

Los embriones en el estadio de 2 células son más susceptibles cuando se someten a estrés calórico de  $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ , que los embriones en estadios de desarrollo más avanzados como la mórula. Esto pudiera deberse a cambios

que le permite desarrollar la capacidad de termo-resistencia y pudiera con ello explicarse el que las vacas son menos susceptibles al estrés calórico conforme su gestación avanza (Aréchiga y Hansen, 2003).

### **III. OBJETIVO**

Determinar si el estrés calórico disminuye la producción de leche y la fertilidad en hatos lecheros de la Comarca Lagunera.

### **IV. HIPÓTESIS**

La producción de leche y la fertilidad son afectadas adversamente en vacas Holstein bajo estrés calórico.

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Descripción del área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en hatos de vacas Holstein en la Comarca Lagunera, en los estados de Coahuila y Durango, México, ubicada en los 24° 22' N y 102° 22' O, la Comarca Lagunera tiene una altitud promedio de 1400 msnm. El clima es semi-árido y la temperatura media anual es de 23.4°C (CONAGUA, 2010).

Los hatos lecheros utilizados en el estudio cuentan con instalaciones con alta tecnología como: sala de ordeño (en paralelo y carrusel), ventiladores, aspersores en sala de ordeño, sombras en los corrales, podómetros, trampas para el manejo del ganado, camas de descanso, comederos adecuados y bebederos automáticos.

### **5.2 Registros utilizados**

Se utilizaron los registros (n= 2 195 231) de promedio mensuales de 15 hatos durante el periodo comprendido de enero de 2002 a diciembre de 2010. El promedio de vacas fue 1 700/hato/mes.

### **5.3 Alimentación**

La alimentación proporcionado en los hatos estudiados fue con una dieta integral de acuerdo a su estado productivo en el que se encontraba el lote, (vaca fresca, en pico de producción y vacas en persistencia) y a los requerimientos nutricionales según su nivel de producción de leche (altas, medias y bajas).

### **5.4 Semen utilizado**

En todos los hatos lecheros se utilizó inseminación artificial con diferentes toros probados de alto valor genético.

### **5.5 Manejo sanitario**

Los hatos incluidos en el estudio estuvieron bajo un programa sanitario que incluyó: tapete o arco sanitario, pediluvios, cerco perimetral, vacunadas contra Rinotraqueítis Infecciosa Bovina, Diarrea Viral Bovina, Brucelosis, Leptospirosis, Neosporosis, Rabia Paralítica Bovina, Pasteurelisis y Ántrax. La desparasitación se basó según los parásitos presentes en ésta región (*Ostertagia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Cooperia sp.*, *Nematodirus sp.*, *Oesophagostomum sp.*, *Trichuris sp.*, *Trichostrongylus sp.*). La desinfección de salas de ordeña se realizó con piretrinas y sales cuaternarios de amonio.

Se llevó a cabo control de plagas contra mosca (*Stomoxys calcitrans*) establera y roedores (*Mus Musculus*), además control de malezas.

## 5.6 Variables analizadas

La *producción de leche* se obtuvo del total de litros producidos por el total de vacas ordeñadas en un mes dado. Los hatos se clasificaron de acuerdo a su nivel productivo.

La *fertilidad* se consideró el porcentaje de vacas gestantes del total de vacas inseminadas en un determinado mes.

Las *unidades del ITH*, el cual indica si las vacas se encontraban bajo estrés clórico, fue calculado mediante la combinación de temperatura y humedad relativa con la siguiente expresión:  $ITH = (9/5 \text{ temperatura } ^\circ\text{C} + 32 - (11/2 - 11/2 \times \text{humedad relativa}) \times (9/5 \text{ temperatura } ^\circ\text{C} - 26)$ .

## 5.7 Análisis estadísticos

Se utilizó un modelo mixto con medidas repetitivas, como efecto fijo se consideró al mes, el nivel productivo y la interacción mes por nivel. El factor aleatorio fue el hato, el cual se anidó dentro del nivel de producción de leche. Se empleó el criterio de información Akaike para seleccionar la estructura de covarianza que ajustara mejor los datos, fue autoregresiva de primer orden. Para la estimación de los parámetros se empleó la metodología de máxima

verosimilitud restringida (REML). Los análisis se llevaron a cabo con la subrutina de modelos mixtos implementados en el SPSS 16 (2007).

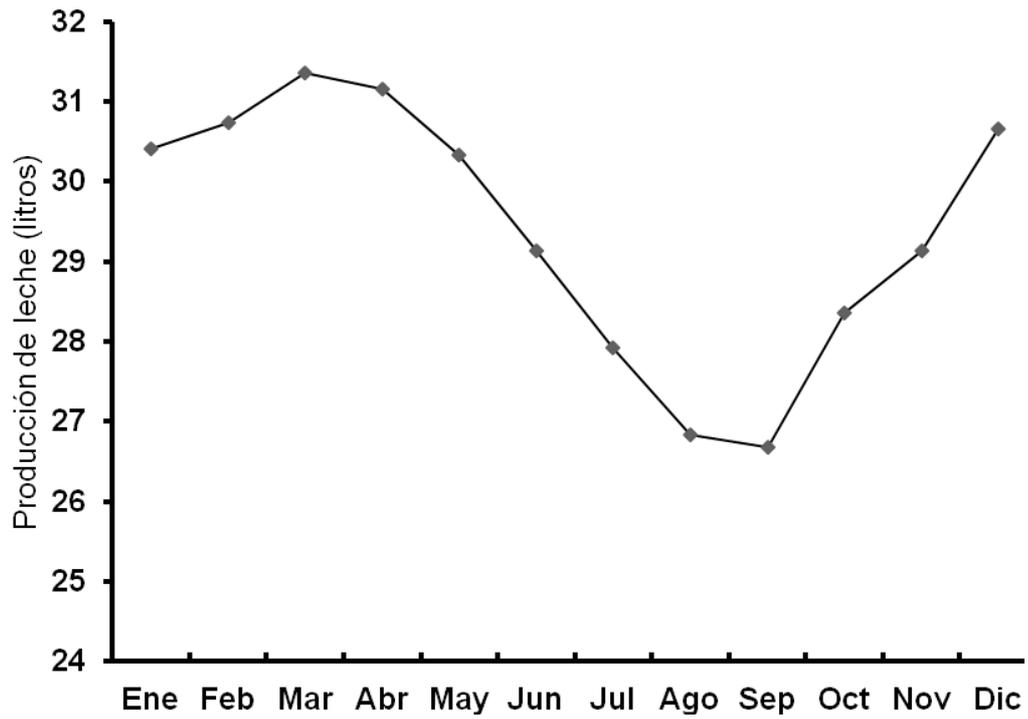
## VI. RESULTADOS

### 6.1 Producción de leche

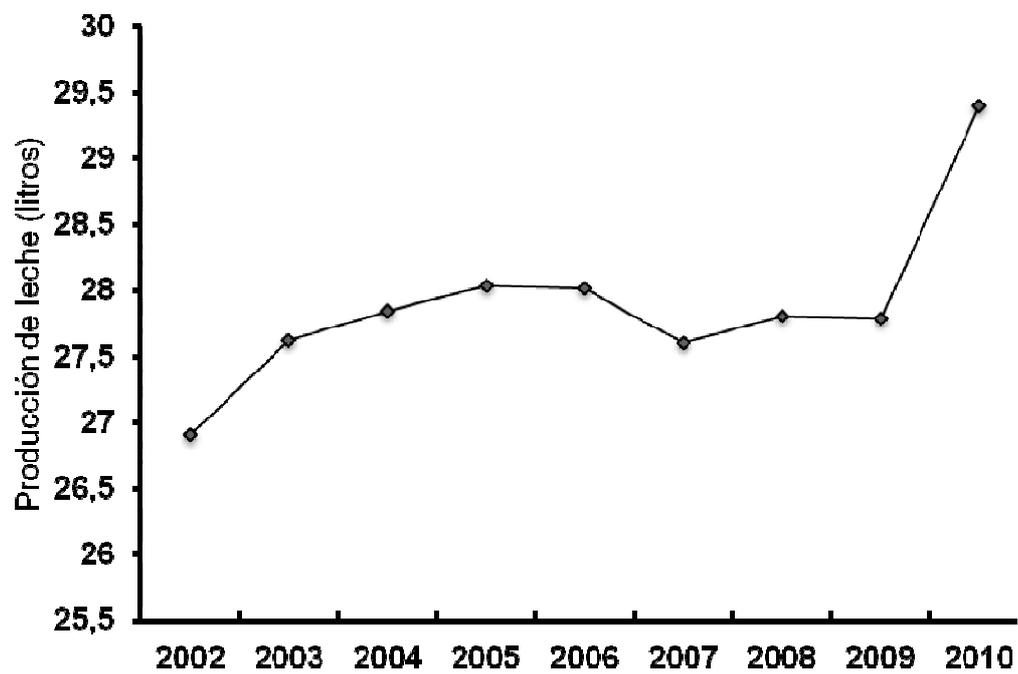
La producción de leche se incrementó de acuerdo a su nivel productivo en el hato. Las medias de cuadrados mínimos (MCM  $\pm$  e.e.) indicaron que la producción de leche fue de  $26.3 \pm 0.3$ ,  $28.4 \pm 0.3$  y  $29.6 \pm 0.3$  L, en los niveles 1, 2 y 3, respectivamente. Se detectó diferencia significativa entre los niveles 2 y 3 ( $P=0.06$ ).

### 6.2 Fertilidad

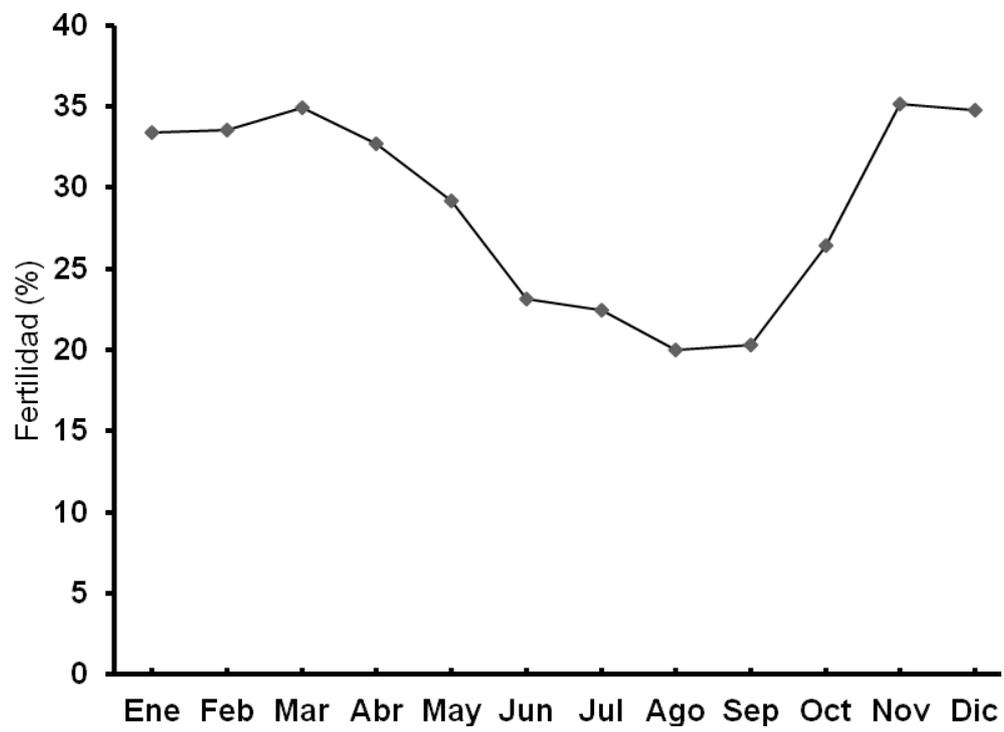
Se detectó diferencia significativa ( $P<0.001$ ) en el porcentaje de fertilidad en el mes de septiembre con  $26.7 \pm 1.1\%$  y el mes de marzo con  $34.9 \pm 1.1\%$  (Figura 1). La fertilidad no difirió ( $P>0.05$ ) en los meses de junio con  $23.16 \pm 1.1\%$  a octubre con  $26.4 \pm 1.1\%$ . De noviembre fue  $35.12 \pm 1.1\%$  a mayo con  $29.19 \pm 1.1\%$  (Figura 3).



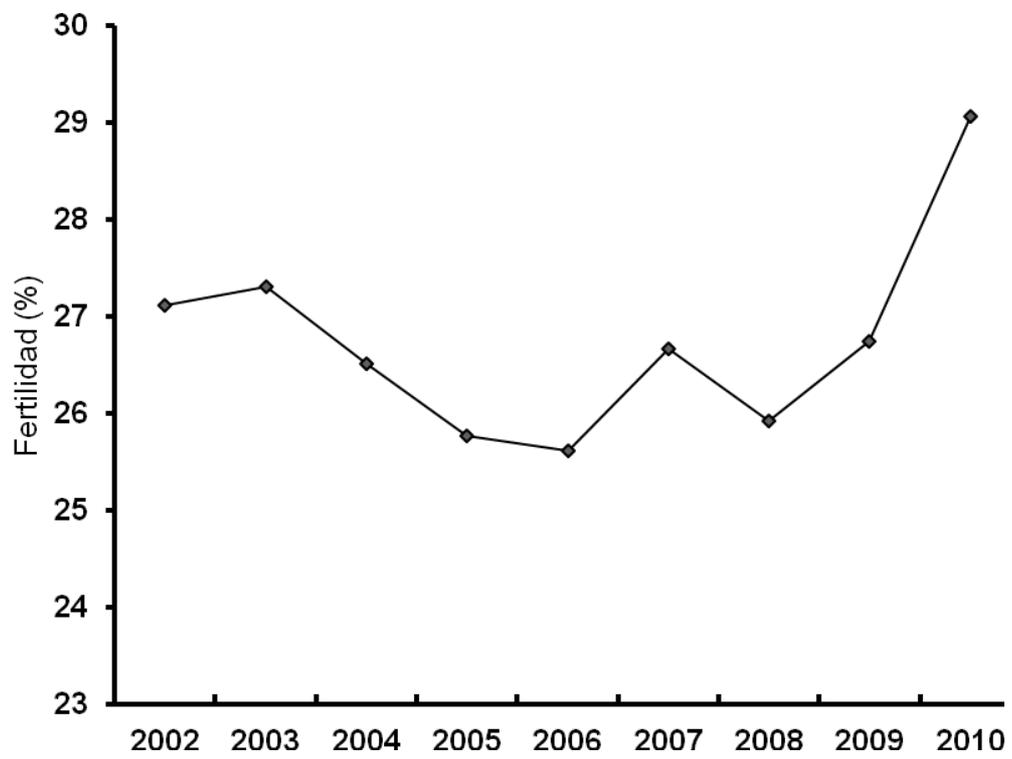
**Figura 1.** Promedio mensual en la producción de leche (L) durante el año de 2010.



**Figura 2.** Promedio anual de producción de leche (L) durante el periodo de estudio de 2002 a 2010.



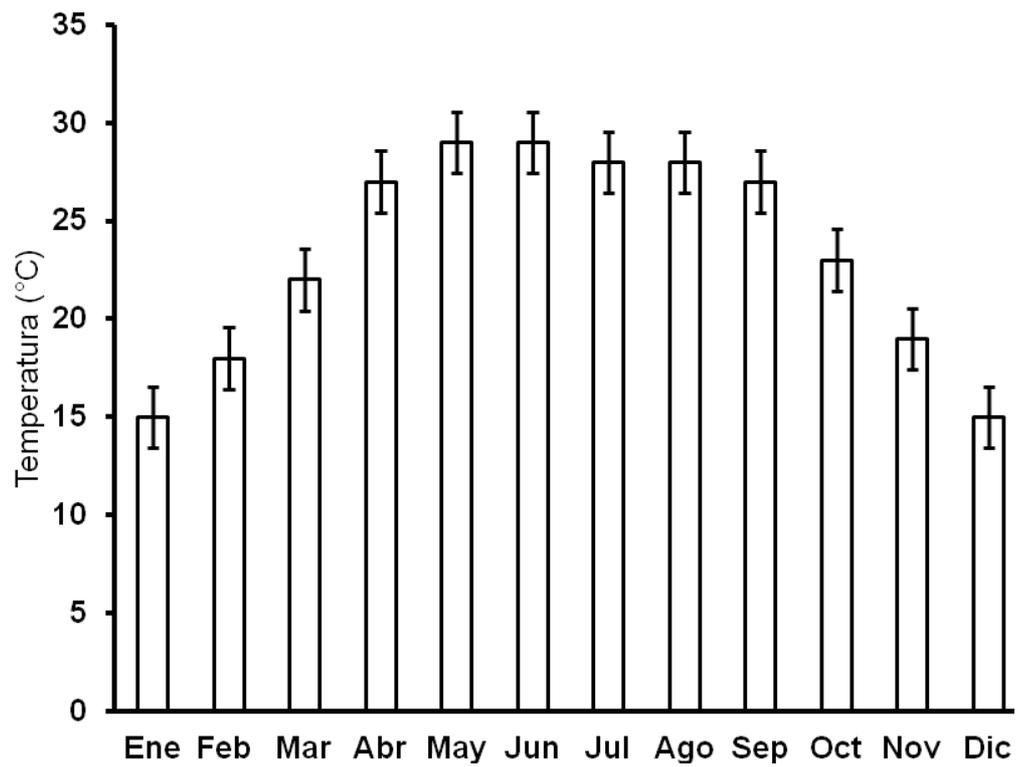
**Figura 3.** Porcentaje mensual en la fertilidad durante el año 2010.



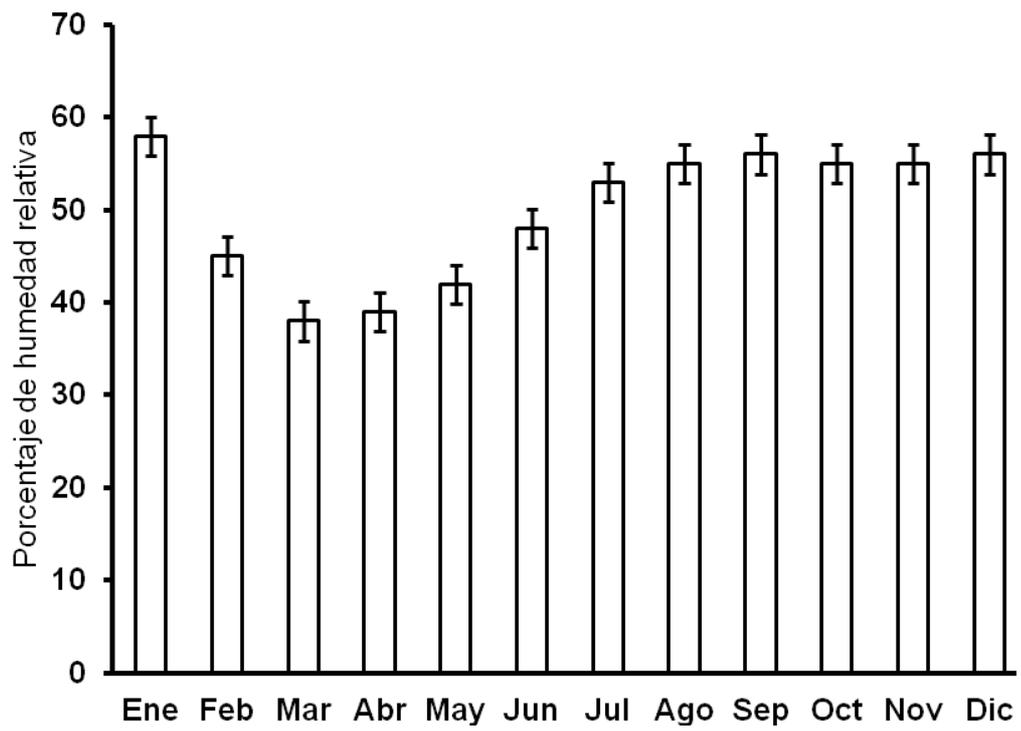
**Figura 4.** Porcentaje anual en la fertilidad durante los años de estudio 2002 a 2010.

### **6.3 Índice Temperatura Humedad (ITH)**

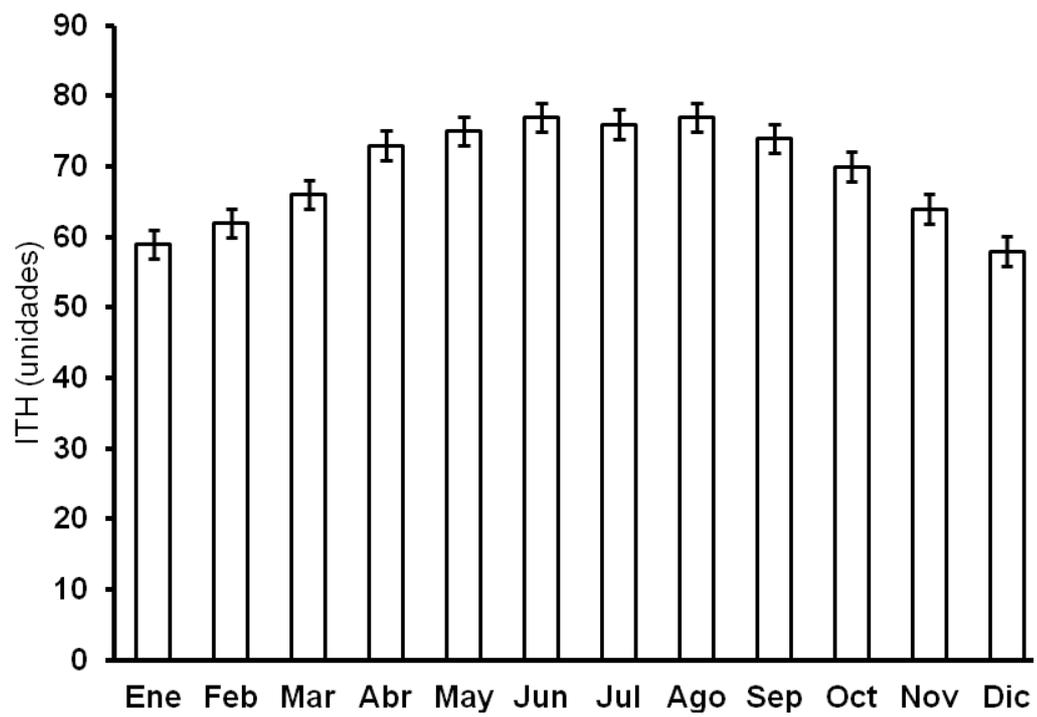
El ITH obtenido fue  $\geq 72$  unidades, lo cual indicó que las vacas estuvieron bajo condiciones de estrés calórico en los meses de abril (73), mayo (75), junio (77), julio (76), agosto (77) y septiembre (74; Figura 7).



**Figura 5.** Temperatura media expresada en grados centígrados obtenida por mes en el año de 2010 ( $\pm$  ee).



**Figura 6.** La media de humedad relativa mensual en el año de 2010 ( $\pm$  ee).



**Figura 7.** Unidades de ITH media mensual en el año de 2010 ( $\pm$  ee).

## VII. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente tesis indican que la producción de leche y la fertilidad son afectadas durante los meses de estrés calórico.

Durante los años de estudio la producción de leche disminuyó en el mes de septiembre con una producción de 26.6 L. Este resultado es similar al reportado por Avendaño *et al.* (2007), donde utilizaron vacas Holstein para evaluar un sistema de enfriamiento, las vacas en dicho estudio estuvieron bajo estrés calórico en el cual registraron una producción de leche de 25.7 L en promedio.

En la presente tesis se observó que el estrés calórico comienza afectar a los animales desde el mes de abril, pero se ve refleja hasta el mes de junio, cuando inicia a descender la producción de leche, recuperándose hasta el mes de octubre. Estos resultados, concuerdan con Bohmanova *et al.* (2007), donde en 58 hatos de ganado lechero en Grecia y 61 hatos en Arizona, tuvieron una caída considerable en la producción de leche, en los mismos meses que el actual estudio.

Araúz *et al.* (2010) también presentaron resultados similares, en Panamá, en diferentes razas de ganado lechero, se observó que los animales más afectados fue la Raza Holstein, ya que tuvieron una producción promedio de 22.33 L por día. De igual modo, resultados similares se mostraron en un estudio realizado por Correa-Calderón *et al.* (2002), donde se analizaron la productividad de vacas lecheras bajo estrés calórico, el promedio en la

producción de leche fue de 26.6 L por día en el grupo de vacas que estuvieron a temperaturas superiores a los 42 °C y con el ITH de 84 a 89 unidades. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio y apoyan el actual resultado, donde se demostró que las vacas Holstein que sufren estrés calórico la producción de leche se ve afectada.

A través de los años de estudio la fertilidad también se afectó por el estrés calórico, donde el mes de agosto presentó el porcentaje más bajo con un 20% de vacas gestantes del total de vacas inseminadas en dicho mes. Estos resultados coinciden con Cruz-Velázquez *et al.* (2009) en un estudio realizado en esta Comarca Lagunera, quienes encontraron que la fertilidad fue de 12.1% en vacas inseminadas bajo estrés calórico, dichos resultados son aún más bajos que los obtenidos en la presente tesis.

Como se mencionó anteriormente, los meses más críticos donde el ganado Holstein de la Comarca Lagunera se encuentra bajo condiciones de estrés calórico de abril a septiembre con 73 a 74 unidades. Estos hallazgos coinciden con estudios realizados por Lozano *et al.* (2005), quienes obtuvieron valores mayores a 72 unidades de ITH, es decir los animales se encontraban en condiciones de estrés calórico.

De igual manera, el resultado actual concuerda con Avendaño *et al.* (2007), quienes observaron valores de ITH por arriba de las 72 unidades en los meses de julio, agosto y septiembre. Dicho valor es considerado como un punto crítico para las vacas. Así mismo, Correa-Calderón (2009) obtuvo valores de ITH superior a 76 unidades, indicando que este valor repercute negativamente en la producción y reproducción de la vacas. De hecho, Cruz-

Velázquez et al. (2009), el ITH mayor a 73 unidades afecta considerablemente el comportamiento reproductivo de las vacas.

Efectivamente, las tecnologías de vanguardia repercuten significativamente en los parámetros productivos y reproductivos en los hatos lecheros. En el presente estudio, el estrés calórico afectó sólo en los meses de julio, agosto y septiembre la productividad del hato, compensándose durante los meses en que no se presenta el estrés calórico.

## **VIII. CONCLUSIÓN**

El estrés calórico disminuye la producción de leche y la fertilidad de los hatos lecheros de vacas Holstein en la Comarca Lagunera en julio, agosto y septiembre, y de octubre a junio la producción de leche y la fertilidad se comportan a un nivel aceptable.

## IX. LITERATURA CITADA

- Araúz, E. E., Fuentes, A., Méndez, N. 2010. Alteración diurna de la carga corporal e interrelación de las temperaturas rectal y láctea en vacas cruzadas (6/8 *Bos taurus* x 2/8 *Bos indicus*), Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo. Revista Electrónica de Veterinaria. 11 (11): 1695-7504.
- Aréchiga-Flores, C. F., Hansen, P. J. 2003. Efectos climáticos adversos en la función reproductiva de los bovinos. Veterinaria Zacatecas. 2: 89-107.
- Avendaño, R. L., Álvarez, V. F. D., Correa, C. A., Saucedo, Q. J. S., Rivera, A. F., Verdugo, Z. F. J., Aréchiga F. C. F., Robinson, P. H. 2007. Evaluación de un sistema de enfriamiento aplicado en el periodo seco de ganado lechero durante el verano. Téc. Pecu México; 45(2):209-225.
- Ávila, T. S. 2002. Estado actual de la ganadería bovina, comercialización, consumo e importancia de productos lácteos en México. Facultad de Medicina y Veterinaria y Zootecnia. UNAM; 1-19.
- Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J. B. 2007. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. J. Dairy Sci, 90:1947-1956.

- CONAGUA. 2010. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y recursos naturales. Consultado Mayo 2012.
- Córdova, I. A., Córdova, J. M. S. 2005. Comportamiento reproductivo de ganado lechero. *Revista Veterinaria*; VI (7): 1695-7504.
- Córdova, I. A., Pérez G. J. F. 2005. Relación-Reproducción en Vacas Holstein. *Revista Veterinaria*; VI (2): 1695-7504.
- 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 (5): 531-539.
- Correa-Calderón, A., des Santos, G., Avendaño, L., Rivera, F., Álvarez, D., Ardón, F., Díaz R., Collier, R. 2009. Enfriamiento artificial y tasa de concepción de vaquillas Holstein con estrés térmico. *Archivos de Zootecnia*; 58 (222): 231-239.
- Cruz, V. J. E., Elizondo, V. C. A., Ulloa, A. R., Fernández, G. I. G. 2009. Efecto de la GnRH postinseminación sobre la concentración de progesterona y las tasas de concepción en vacas repetidoras Holstein en condiciones de estrés calórico. *Técnica Pecuaria México*; 47 (1): 107-115.
- Hernández, C. J., Ortega, A., Fernández, I., Raigoza, G., Montaldo, H. 2006. Fertilidad y producción de leche de vacas Holstein Americanas,

- Australianas y uruguayas en estabulación. Archivos de Zootecnia. 55 (211). 289-292.
- Lozano, D. R. R, Vásquez, P. C. G., González, P. E. 2005. Efecto del estrés calórico y su interacción con otras variables de manejo y reproductivas sobre la tasa de gestación de vacas lecheras en Aguascalientes, México. Veterinaria México; 36 (003):245-260.
- Lucy, M. C. 2001. Reproductive Loss ing High- Producing Dairy: Where Will It End? J. Dairy Sci. 84: 1277-1293.
- Marini, P. R., Charmandarian, A., Oyarzabal, M. I. 2003. Producción e intervalo parto-concepción en vacas lecheras de primera a quinta lactancia. Revista Argentina Producción Animal; 23 (3-4).
- SAGARPA. 2005. Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2005.
- SAGARPA. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Sánchez-Rodríguez, S. H. 2007. Respuesta hormonal de los organismos superiores ante el estrés calórico. Revista Veterinaria; VIII (12B):1695-7504.
- Smidt, D., Ellendorff, F. 1972. Endocrinología y fisiología de la reproducción de los animales zootécnicos. Ed. Acribia Zaragoza, España. Pg. 19-21.
- Tarazón, H. M. A., Rueda, P. E. O., Araiza, S. S. 2005. Efecto de la modificación del microclima y la inyección de Somatotropina Bovina

(Stb) sobre variables productivas y Fisiológicas de vacas Holstein estresada por el calor durante el verano. Revista CENIC Ciencias Biológicas; 36.

West, J. W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. J. Dairy Sci. 86:2131-2144.