

11663
1
2 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"CAMBIOS FISIOLÓGICOS, SEMINALES Y DE LIBIDO EN TOROS HOLSTEIN TRASLADADOS DE CLIMA TEMPLADO A CLIMA TROPICAL SUBHUMEDO."

ALFONSO AVILA DURAN

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

AREA REPRODUCCION ANIMAL

A S E S O R E S:

M.V.Z. M. Sc. Ph. D. ALEJANDRO VILLA GODOY

Biol. M. Sc. Ph. D. CARLOS VASQUEZ PELAEZ

Mexico, D.F.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

PAGINA

INDICE GENERAL.....	11
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA.....	5
II.1.- FACTORES QUE DETERMINAN LA TENSION TERMICA.....	6
II.1.1.- TEMPERATURA AMBIENTAL.....	6
II.1.2.- HUMEDAD ATMOSFERICA.....	7
II.1.3.- RADIACION SOLAR.....	8
II.1.4.- MOVIMIENTO DEL AIRE.....	9
II.1.5.- LLUVIA.....	9
II.1.6.- FOTOPERIODO.....	10
II.2.- PROCESOS FISICOS, CARACTERISTICAS ANATICAS Y PROCESOS FISIOLÓGICOS QUE INTERVIENEN PARA MANTENER LA HOMEOSTASIS.....	11
II.2.1.- PROCESOS FISICOS DE INTERCAMBIO CALORICO.	12
II.2.2.- IMPORTANCIA DE LAS CARACTERISTICAS ANATICAS EN EL INTERCAMBIO DE CALOR....	14
II.2.2.1.- PIEL.....	14
II.2.2.2.- AREA DE SUPERFICIE.....	15
II.2.2.3.- PELO.....	16

11.2.3.- PROCESOS FISIOLÓGICOS QUE REGULAN LA	
PERDIDA DE CALOR.....	17
11.2.3.1.- CAMBIOS VASCULARES.....	18
11.2.3.2.- SUDORACION.....	18
11.2.3.3.- RESPIRACION.....	19
11.2.3.4.- EQUILIBRIO DE FLUIDOS.....	19
11.2.3.5.- CONDUCTA.....	20
11.3.- INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA	
TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA.....	22
11.4.- INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA	
CALIDAD ESPERMÁTICA.....	24
11.5.- INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA	
LIBIDO.....	26
11.6.- PRUEBAS PARA DISCRIMINAR TOROS CON ALTA CAPACIDAD	
DE ADAPTACION AL TROPICO.....	27
11.6.1.- PRUEBA IBERIA DE TOLERANCIA AL CALOR.....	27
11.6.2.- PRUEBA DE CUBIERTA DE PELO.....	29
11.6.3.- PRUEBA DE CAMINO RECORRIDO.....	31
11.7.- RESUMEN.....	33
III.- HIPOTESIS.....	34
IV.- OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	35
V.- MATERIAL Y METODOS.....	36
V.1.- ANIMALES UTILIZADOS.....	36
V.2.- MANEJO GENERAL.....	36
V.3.- ANALISIS ESTADISTICO.....	39

VI.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
VI.1.- EDAD Y GANANCIA DE PESO.....	44
VI.2.- CONSTANTES FISIOLOGICAS.....	45
VI.3.- LIBIDO.....	64
VI.4.- SEMEN.....	81
VI.5.- RESUMEN.....	89
VII.- CONCLUSIONES.....	95
VIII.- LITERATURA CITADA.....	96

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.- ANALISIS DE VARIANZA PARA TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.....	47
CUADRO 2.- ANALISIS DE VARIANZA PARA TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	53
CUADRO 3.- ANALISIS DE VARIANZA PARA EFECTO DE CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL SOBRE LA TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN.....	54
CUADRO 4.- COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE DE LA TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA CON LOS FACTORES CLIMATICOS EVALUADOS EN CLIMA TROPICAL.....	63
CUADRO 5.- ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS, COMPLETAS Y TOTALES DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.....	67
CUADRO 6.- ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA INCOMPLETA Y COMPLETA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.....	68
CUADRO 7.- ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS, COMPLETAS Y TOTALES DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	71
CUADRO 8.- ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA INCOMPLETA Y COMPLETA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	72
CUADRO 9.- PROMEDIOS POR PERIODO DE MUESTREO PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS, COMPLETAS Y TOTALES DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	73
CUADRO 10.- PROMEDIOS POR PERIODO DE MUESTREO PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA INCOMPLETA Y COMPLETA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	74
CUADRO 11.- COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE DE LAS VARIABLES DE LIBIDO EVALUADAS, CON LOS FACTORES CLIMATICOS REGISTRADOS EN CLIMA TROPICAL.....	77
CUADRO 12.- ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS, COMPLETAS Y TOTALES, DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	78

CUADRO 13.- ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA INCOMPLETA Y COMPLETA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA Templado y Tropical...	79
CUADRO 14.- ANALISIS DE VARIANZA PARA MOTILIDAD PROGRESIVA, ANORMALIDADES PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y ESPERMATOZOIDES VIVOS, DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA Templado.....	85
CUADRO 15.- ANALISIS DE VARIANZA PARA MOTILIDAD PROGRESIVA, ANORMALIDADES PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y ESPERMATOZOIDES VIVOS, DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA Templado y Tropical.....	86
CUADRO 16.- PROMEDIOS POR MES DE MUESTREO, DE MOTILIDAD PROGRESIVA, ANORMALIDADES PRIMARIAS, SECUNDARIAS Y ESPERMATOZOIDES VIVOS, DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA Templado y Tropical.....	87

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- EFECTO DE LA HORA DE TOMA DE MUESTRAS SOBRE LA TEMPERATURA RECTAL DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.....	48
FIGURA 2.- EFECTO DE LA HORA DE TOMA DE MUESTRAS SOBRE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.....	49
FIGURA 3.- PROMEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL TERMOMETRO DE BOLA NEGRA DURANTE LAS HORAS DE MUESTREO EN CLIMA TEMPLADO.....	50
FIGURA 4.- EFECTO DE LA HORA DE TOMA DE MUESTRAS SOBRE LA TEMPERATURA RECTAL DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	55
FIGURA 5.- PROMEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL TERMOMETRO DE BOLA NEGRA, DURANTE LAS HORAS DE MUESTREO EN CLIMA TROPICAL.....	56
FIGURA 6.- EFECTO DE LA HORA DE TOMA DE MUESTRAS SOBRE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.....	59
FIGURA 7.- EFECTO DEL PERIODO DE MUESTREO SOBRE LA TEMPERATURA RECTAL DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	60
FIGURA 8.- EFECTO DEL PERIODO DE MUESTREO SOBRE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	61
FIGURA 9.- PROMEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL TERMOMETRO DE BOLA NEGRA, POR PERIODO DE MUESTREO DE CONSTANTES FISIOLOGICAS EN CLIMA TROPICAL.....	62
FIGURA 10.- PROMEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE (MANANA Y TARDE), DURANTE LOS PERIODOS DE EVALUACION DE LA LIBIDO EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	69
FIGURA 11.- PROMEDIOS DE LA TEMPERATURA DEL TERMOMETRO DE BOLA NEGRA EN SOL (MANANA Y TARDE), DURANTE LOS PERIODOS DE EVALUACION DE LA LIBIDO EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	70
FIGURA 12.- EFECTO DEL PERIODO DE MUESTREO SOBRE EL NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS Y TOTALES DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.....	76

FIGURA 13.- TIEMPO REQUERIDO PARA QUE LOS TOROS HOLSTEIN EFECTUARAN LA MONTA EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL. 80

FIGURA 14.- PROMEDIOS DE TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL TERMOMETRO DE BOLA NEGRA EN SOL, DURANTE LOS PERIODOS DE MUESTREO PARA EVALUAR LA CALIDAD SEMINAL EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL..... 88

R E S U M E N

AVILA DURAN ALFONSO. Cambios fisiológicos, seminales y de libido en toros Holstein trasladados de clima templado a clima tropical subhúmedo. (Bajo la dirección de los doctores Alejandro Villa Godoy y Carlos Vásquez Peláez).

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) examinar los cambios de la temperatura rectal, frecuencia respiratoria, libido y calidad espermática en toros Holstein al ser trasladados de clima templado a tropical y determinar si son capaces de adaptarse a éste clima; b) examinar las asociaciones entre los factores climáticos que determinan en mayor grado la tensión térmica con las variables de respuesta mencionadas; c) determinar la efectividad de las pruebas usadas en México para seleccionar toros Holstein con mayor potencial de adaptación al trópico. Se utilizaron 10 toros Holstein de 11.5 meses de edad y un peso de 275.5 Kg. Se seleccionaron al azar cinco toros adaptables (AD) y cinco no adaptables (NAD) al trópico, mediante las pruebas lberia, cubierta de pelo y camino recorrido. Los toros nacieron y fueron criados en clima templado, al inicio de julio fueron trasladados a clima tropical, y mantenidos en potreros durante el estudio. La toma de muestras se realizó una vez en clima templado y siete en clima tropical, cada 14 días a partir de la segunda semana del arribo de los toros. En cada periodo de muestreo se registró la temperatura rectal (TR) y la frecuencia respiratoria (FR) a intervalos de una hora, de las 1000 hasta las 1800 h. Dos días después, se evaluó la libido de los toros (1100 y 1500 h), durante 15 minutos por animal, utilizando vaquillas estrogenizadas. Se registró el número de montas incompletas (NMI), completas (NMC), totales (NMT), tiempo de reacción a la primera monta sin coito (TRPM), y con coito (TRPMC). Dos días después de la evaluación anterior, se colectó una muestra seminal por electroeyaculación y se determinó la motilidad progresiva (MOT), anormalidades primarias (AP), secundarias (AS) y el porcentaje de espermatozoides vivos (EVI). En ambas localidades, se registró la temperatura del termómetro de bola negra, ambiental, máxima, mínima, humedad relativa, precipitación pluvial y horas sol. La información se analizó mediante un diseño al azar en arreglo factorial anidado, donde los factores fueron: tratamiento, periodo de muestreo, hora del día y localidad. En el caso de semen los datos fueron agrupados por mes y transformados a arco-seno. Las comparaciones entre medias se realizaron por el método de SNK. En clima templado y tropical, no existieron diferencias entre tratamientos ($p > .05$) para las respuestas fisiológicas de los toros AD y NAD. Se registraron variaciones de la TR entre las horas del día en clima templado ($p < .05$). Mientras que la FR durante el día, no fue significativa ($p > .05$). En el trópico, tanto la TR como la FR aumentaron ($p < .05$) en forma escalonada durante el día. En cuanto a periodo de

muestreo, el incremento más pronunciado de la TR y FR fue al cambiar los toros de clima templado a tropical. En la libido, no se observaron diferencias en clima templado entre los toros AD y NAD ($p > .05$); se detectó una interacción de tratamiento por muestreo en el día ($p < .05$), donde los toros con mayor potencial de adaptación al trópico efectuaron más NMI y NMT en la tarde, que durante la mañana. Los toros NAD realizaron mayor cantidad de NMI y NMT durante la mañana que por la tarde. En el trópico, no se detectaron diferencias entre tratamientos ni en las interacciones evaluadas. En el número de muestreo en el día, existieron diferencias ($p < .05$) en NMI, NMC, NMT y TRPM para los muestreos de mañana y tarde. En cuanto a periodo de muestreo, solamente se detectaron diferencias ($p < .05$) en NMI y NMT, las que se redujeron desde la llegada de los toros al trópico y se mantuvieron así hasta el final del experimento. El tiempo requerido para la primera monta aumentó en el trópico con relación al tiempo en que la realizaron en clima templado ($p < .05$). En los parámetros seminales evaluados en clima templado y tropical, no se observaron diferencias ($p > .05$) entre los toros AD y NAD. Al comparar las características seminales de los toros en clima templado y tropical, se encontraron diferencias por mes de muestreo ($p < .05$) en AP, AS y EVI. En comparación con los promedios registrados en su lugar de origen, las AS se incrementaron y los EVI disminuyeron desde la llegada de los toros al trópico, y se mantuvieron así durante la fase experimental en clima cálido. Las AP se incrementaron a partir del tercer mes de muestreo en el trópico. Los factores climáticos registrados en el trópico estuvieron altamente correlacionados con las variables de respuesta evaluadas, excepto las de calidad seminal. En el presente estudio se determinó que al trasladar toros Holstein de clima templado a tropical durante la época de mayor tensión térmica, se manifiestan cambios marcados en sus constantes fisiológicas, parámetros seminales y de libido, disminuyendo drásticamente su capacidad reproductiva. Por lo tanto, los toros Holstein no son capaces de adaptarse fisiológica o reproductivamente a las zonas tropicales durante la época cálida. Todos los factores climáticos evaluados, afectan las constantes fisiológicas y el comportamiento reproductivo de los toros Holstein en clima tropical. Se concluye que las pruebas utilizadas en México para seleccionar toros Holstein con mayor capacidad de adaptación al trópico no son eficaces.

1. INTRODUCCION

Probablemente el mayor reto que afronta la industria de producción de alimentos de origen animal en la actualidad, es el de aumentar la capacidad de producción para satisfacer las necesidades de una población en constante aumento. En América Latina, la mayoría de países enfrenta un creciente déficit en su producción de alimentos, entre los que destaca la leche, lo que propicia que exista la necesidad de importar elevados y cada vez más costosos volúmenes de leche en polvo (Fernández-Baca et al., 1986; Román-Ponce, 1978). Una gran posibilidad para incrementar la productividad animal es utilizar con eficiencia los recursos existentes en las áreas territoriales situadas en climas tropicales. En México, la región tropical ocupa aproximadamente el 37% de la superficie nacional (CONACYT, 1979). En estas áreas, existe un alto potencial para la producción de plantas forrajeras en tierras no arables, que no se podrían utilizar para el cultivo de productos agrícolas básicos. Además, existe una gran cantidad de subproductos agroindustriales que pueden ser utilizados en la alimentación de los rumiantes (Fernández-Baca et al., 1986; Román-Ponce, 1981; Román-Ponce et al., 1977). La mayor parte de la población de bovinos en el trópico es genealógicamente una mezcla de diferentes razas, predominando las cebuinas y en menor proporción la Suizo Pardo. Esto se traduce en un potencial genético limitado para la producción de leche (Fernández-Baca et al., 1986; Román-Ponce, 1981). Aunado a lo anterior, el sistema de producción predominante es el extensivo, que se caracteriza

por presentar una pobre eficiencia productiva y reproductiva de los bovinos, como una consecuencia de las deficientes prácticas de manejo empleadas (Román-Ponce, 1981). Se ha intentado introducir vacas especializadas en producción de leche a las áreas tropicales para incrementar la producción en estas zonas (Lozano et al., 1977), sin embargo esta práctica ha resultado improductiva. A pesar de las ventajas que representa utilizar la inseminación artificial, por diferentes motivos muy pocos ganaderos del trópico la utilizan (Román-Ponce, 1981). Por esta razón, se han estado introduciendo toros de razas lecheras a las zonas trópicas para ser utilizados en programas de monta natural. Aunque no existe una cuantificación exacta, se sabe que toros de razas lecheras de diferentes procedencias se destinan al trópico, y tan solo de un programa oficial de mejoramiento genético, se envían a esas áreas aproximadamente 250 toros Holstein por año.

Las condiciones climáticas que prevalecen en el trópico, producen un estado de tensión térmica que se define como: la combinación de condiciones ambientales, que resultan en una temperatura ambiental efectiva mayor al límite máximo de la zona de termoneutralidad de los bovinos. Los factores que determinan en mayor grado la temperatura ambiental efectiva son: 1) temperatura ambiental, 2) humedad relativa, 3) radiación solar y 4) velocidad del aire (Bianca, 1961; Brody, 1948; McDowell, 1972).

Los efectos de la temperatura ambiental sobre parámetros fisiológicos en vacas Holstein, han sido evaluados y se ha determinado que cuando sobrepasa el límite máximo de la zona de

termoneutralidad, provoca incrementos en su frecuencia respiratoria y temperatura rectal (Kibler y Brody, 1949; 1950; 1953; 1954a; 1954b; Ragsdale et al., 1953; Román-Ponce et al., 1981a; 1981b; Worstell y Brody, 1953). Además, temperaturas ambientales elevadas y humedad relativa alta, reducen la fertilidad de las vacas (Ingraham et al., 1974; Thatcher, 1974; Ulberg y Burfening, 1967). En toros ocurre algo similar, ya que se sabe que los incrementos de temperatura ambiental resultan en una elevación de la temperatura rectal (Meyeroeff et al., 1985; Pratt y Wettemann, 1986) y en una reducción de la calidad seminal (Kumi-Diaka et al., 1981; Meyeroeff et al., 1985). Sin embargo, se desconocen los efectos de las otras determinantes de la tensión térmica anteriormente citadas, sobre la fisiología y aptitud reproductiva de toros de razas lecheras introducidos al trópico. La mayoría de los experimentos relacionados con la influencia de la tensión térmica sobre las funciones fisiológicas de los animales, han sido de corto plazo. Lógicamente, sólo se han examinado los efectos agudos de los componentes ambientales (Dantzer y Morméde, 1983), por lo que se desconoce el tiempo requerido para que los toros de razas lecheras se adapten al trópico.

A pesar de las dudas existentes con relación a los efectos que ejercen los factores ambientales sobre las funciones fisiológicas, en México se efectúan pruebas que supuestamente permiten seleccionar toros que tienen un mayor potencial de adaptación a condiciones tropicales. Estas pruebas son: 1) prueba iberia de tolerancia al calor, 2) caracterización de la cubierta

de pelo y 3) prueba de camino recorrido. Algunos autores favorecen el uso de estas pruebas, basandose en que varios procesos fisiológicos relacionados con la eficiencia de disipacion de calor y algunas características morfológicas de los animales facilitan o dificultan su adaptación a los ambientes tropicales (Benezra, 1954; Dowling, 1959b; Moran, 1973; Riemerschmid y Elder, 1945; Rhoad, 1944); otros autores, sin embargo, consideran dichas pruebas subjetivas y no satisfactorias, debido a que no es apropiado dar un promedio de temperatura normal para todos los animales por la gran variación que existe entre individuos. Además, se piensa que las pruebas deberian de ser modificadas cuando son utilizadas bajo condiciones climáticas y geográficas diferentes a las imperantes cuando las pruebas fueron diseñadas (Bianca, 1961; 1963; Dowling, 1956; McDowell et al., 1953b; Thomas et al., 1973; Turner y Schleger, 1960). Independientemente de cual grupo de investigadores tiene la razón, hasta el presente, no se ha determinado si estas pruebas son útiles para seleccionar toros con mayor capacidad de adaptación al trópico desde el punto de vista reproductivo.

Considerando lo anterior, el objetivo general del presente estudio fue el de ampliar los conocimientos acerca de los cambios fisiológicos y reproductivos de toros Holstein introducidos al trópico durante la época cálida y determinar la efectividad de las pruebas empleadas para seleccionar toros adaptables al trópico.

II. REVISION DE LITERATURA

Existen revisiones anteriores en donde se discute en detalle el fenómeno de la termorregulación en animales domésticos (Guichandut, 1977; McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983). Examinando dichas revisiones, es claro que la producción de los animales domésticos ocurre con máxima eficiencia cuando se encuentran dentro de la "zona de termoneutralidad" (rango de temperatura ambiental efectiva, donde la producción de calor metabólico y la productividad del animal permanecen dentro de los niveles considerados como normales). Esta zona ha sido definida para ganado lechero como aquella comprendida entre los 2 y 18 C (Johnson, 1965; NRC, 1982). Bajo condiciones ambientales que rebasan cualquiera de estos límites, se alteran las funciones fisiológicas y se reduce tanto la tasa reproductiva como la eficiencia productiva del ganado Bos taurus (Bianca, 1965; Brody et al., 1954; Gwazdauskas, 1985; Ragsdale et al., 1950; Wolff y Monty, 1974). En la presente revisión de literatura, la discusión será enfocada hacia los factores ambientales que determinan que el límite máximo de termoneutralidad para el ganado bovino sea excedido. Asimismo, serán analizados los procesos físicos, características anatómicas y procesos fisiológicos que intervienen para mantener la homeostasis de los bovinos que son alojados bajo condiciones de tensión térmica excesiva. También serán examinadas las evidencias referentes a la influencia de la tensión térmica y de los factores que la determinan sobre los procesos fisiológicos y reproductivos del ganado bovino. Otro

aspecto que será incluido en la presente revisión, será la descripción de las pruebas empleadas en México para seleccionar toros que supuestamente tienen mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del trópico. Finalmente, la información relativa a la validación de dichas pruebas será discutida.

11.1. Factores que determinan la tensión térmica.

Uno de los componentes que determinan el comportamiento animal es el medio en el que vive. Dentro de éste, los elementos climáticos ejercen efectos relevantes sobre la eficiencia productiva del animal. Se consideran como los factores más importantes: la temperatura ambiente, la humedad atmosférica, la radiación solar, el movimiento del aire, la cantidad y distribución anual de lluvias y el fotoperíodo. Las áreas tropicales se caracterizan por presentar a través del año variaciones marcadas de algunos de estos elementos climáticos, los que en forma directa o indirecta afectan diferentes procesos fisiológicos en los animales (Brody, 1948; Gwazdauskas, 1985; Román-Ponce, 1978; 1981).

11.1.1. Temperatura ambiental. El régimen de temperatura de cualquier región, está determinado por la cantidad de calor solar que incide sobre ella en las diferentes estaciones del año (Branton, 1971; McDowell, 1972). En el trópico húmedo, la temperatura ambiental está determinada principalmente por la

temperatura del aire, que depende directamente de la radiación solar, por lo que, temperatura ambiente y temperatura del aire se pueden considerar como sinónimos. Contrariamente, en zonas cálidas áridas, el suelo contribuye importantemente en la determinación de la temperatura ambiental y por lo tanto, la cantidad de calor que reciben los animales (Branton, 1971; Hammel, 1955; McDowell, 1972). El calor de la piel es transferido por conducción al aire que rodea al animal (Brody, 1948; Johnson, 1965). Sin embargo conforme la temperatura ambiental se eleva sobre el rango máximo de la zona de termoneutralidad, la pérdida de calor corporal disminuye y si la temperatura del aire excede la de la piel, el calor fluiría en dirección inversa (NRC, 1982; Thompson, 1973). Por lo tanto, en áreas tropicales, la temperatura del aire es probablemente el factor que influye en mayor grado sobre el comportamiento y la fisiología de los animales.

11.1.2. Humedad atmosférica. El término humedad relativa, se refiere a la cantidad de humedad en forma de vapor que tiene un ambiente determinado (Ragsdale et al., 1953). El contenido de vapor de agua o humedad del aire reduce notablemente la tasa de pérdida de calor de los animales a través de evaporación de agua, desde la piel y el tracto respiratorio (Johnson et al., 1963; Kibler y Brody, 1953; Ragsdale et al., 1953; Thompson et al., 1953; Thompson, 1957). Si la humedad relativa es baja, como sucede en áreas cálidas secas, la evaporación es rápida; pero si la humedad es elevada, como ocurre en áreas con clima cálido

húmedo, la evaporación es lenta, restringiendo la pérdida de calor y por ende, alterando el equilibrio térmico del animal. Debido a lo anterior, los problemas derivados de una pérdida excesiva de agua suelen presentarse en climas cálidos secos y los problemas devidos a retención de calor son más comunes en climas cálidos húmedos (Kibler y Brody, 1953; Ragsdale et al., 1953). Por otra parte, temperaturas ambientales elevadas con humedades relativas de 60% o mayores, tienen efecto marcados sobre el confort del ganado y por lo tanto sobre su productividad (Cargill et al., 1962; Johnson et al., 1962; Kibler y Brody, 1953; Ragsdale et al., 1953).

11.1.3. Radiación solar. Del total de calor radiante al que un animal está expuesto al permanecer al sol, aproximadamente el 50% proviene de la radiación solar directa y radiación solar reflejada a través de las nubes y otras partículas de la atmósfera. El 50% restante proviene de la radiación solar reflejada por objetos que rodean al animal. Esto sin embargo va a depender del porcentaje de humedad relativa existente (McDowell, 1972; Stewart et al., 1951). La energía de la radiación absorbida por el cuerpo del animal es transformada a calor, elevando su temperatura (Stewart y Brody, 1954). Por otra parte, se considera que la determinación de la radiación total a la que es expuesto un animal y la cantidad que absorbe ó refleja, es un proceso muy complejo y difícil de medir. Sin embargo, se ha diseñado un método, conocido como termómetro de bola negra, que es útil para estimar la cantidad total de radiación que recibe un animal. El método consiste en el uso de una esfera de cobre de 15

cm de diámetro, pintada de negro mate y con un termómetro en su interior (Vernon, 1930).

11.1.4. Movimiento del aire. La rapidez con que se mueve el aire sobre la piel del animal, influye en la tasa de pérdida de calor a través de la superficie corporal. Cuando aumenta la velocidad del aire, se facilita la pérdida de calor por evaporación y por convección (Brody et al., 1954; Kibler y Brody, 1954). Bajo condiciones de temperatura moderada, cuanto más rápido sea el movimiento del aire, con mayor rapidez se perderá calor a través de la piel (Thompson, 1957). Cuando la temperatura del aire es superior a la de la piel, ésta ganará calor procedente del aire que la rodea, y todo aumento de la velocidad del viento servirá solamente para aumentar ésta ganancia (Brody, et al., 1954; Kibler y Brody, 1954; Thompson, et al., 1954).

11.1.5. Lluvia. La principal influencia de la lluvia sobre el ganado bovino es indirecta, a través de la producción de alimento y presentación de enfermedades (Branton, 1971).

La disponibilidad de la humedad del suelo para la obtención de cultivos agrícolas, depende no solo de la cantidad anual de lluvias, sino también de la distribución estacional y de la intensidad de las mismas, condiciones del suelo, de su vegetación y de su tasa de evaporación y transpiración (McDowell, 1972). Los períodos intensos de lluvia estimulan el crecimiento de las plantas forrajeras, aumentando su contenido de paredes celulares, lo que provoca una disminución en la digestibilidad de la

materia seca, limitando la cantidad de nutrientes que pueden ingerir los animales (NRC, 1982). Además, la lluvia ejerce efectos directos sobre el ganado (McDowell, 1972). En un ambiente cálido, la lluvia que cae sobre el animal y es retenida por las proyecciones pilosas, mitiga el estado de tensión térmica al evaporarse. La intensidad del efecto de enfriamiento depende de la profundidad a la que penetra el agua en la capa de pelo, que a su vez depende de la estructura del mismo (Brody et al., 1954; Kibler y Brody, 1954).

11.1.6. Fotoperiodo. Al lapso del día iluminado por luz solar se le denomina fotoperiodo y se define como el tiempo entre el amanecer y el ocaso del sol. El fotoperiodo varía con la latitud y la estación del año. Cerca del ecuador varía solamente en pocos minutos, pero es de \pm 19 horas en junio a 60° de latitud (McDowell, 1972). El fotoperiodo afecta la reproducción y el desarrollo de gran cantidad de especies animales. En términos generales, se considera que el ganado bovino no es estacional, sin embargo, el incremento de horas luz provoca un aumento en el consumo voluntario de alimento en vaquillas (Peters et al., 1980), su crecimiento (Peters et al., 1978; Peters et al., 1980; Tucker, 1989) y reduce la edad al inicio de la pubertad (Petitclerc et al., 1983). Fotoperiodos largos afectan a los toros jóvenes en forma similar a las vaquillas, en cuanto a crecimiento se refiere (Tucker, et al., 1984).

11.2. Procesos físicos, características anatómicas y procesos fisiológicos que intervienen para mantener la homeostasis.

Los animales domésticos pertenecen al subgrupo de vertebrados homeotérmicos. Estos han desarrollado con éxito, estrategias fisiológicas que les permite mantener su temperatura corporal central, dentro de un intervalo uniforme de márgenes relativamente estrechos. Los animales homeotérmicos tienen un rango de tolerancia a temperaturas ambientales que les permite mantenerse sin cambios drásticos en su metabolismo basal. Dentro de dicho rango, los animales son capaces de llevar a cabo ajustes térmicos por medios físicos simples, que les permite mantener la homeotermia sin necesidad de la intervención de ningún otro mecanismo termoregulador (Guichandut, 1977; Thatcher y Collier, 1983). Este rango es denominado la zona de neutralidad térmica y ha sido definida en secciones previas de esta revisión. Por lo tanto, dentro de los límites de la termoneutralidad, las funciones productivas de los animales domésticos no se ven disminuidas. Por otra parte, se considera que determinadas características anatómicas de los animales les facilita o impide la disipación del calor. Al excederse el límite máximo de la zona de termoneutralidad, se llevan a cavo ajustes fisiológicos y metabólicos que son necesarios para mantener la temperatura corporal normal. Estos ajustes se acentúan conforme aumenta la temperatura, afectando las funciones productivas de los animales (Hutcheson y Cole, 1986).

11.2.1. Procesos físicos de intercambio calórico.

El intercambio calórico entre el animal y el ambiente que lo rodea se lleva a cabo mediante los procesos físicos de conducción, convección, radiación y evaporación (McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983). Los tres primeros están clasificados como mecanismos sensibles de pérdida de calor, los cuales requieren de un gradiente térmico y el último se clasifica como pérdida insensible de calor y no requiere de gradiente térmico para operar. Dentro del rango de termoneutralidad para los animales, aproximadamente 75% de la pérdida de calor corporal, es disipada por conducción, convección y radiación. Cuando se excede la zona termoneutral, la evaporación puede ser el mecanismo más importante de pérdida de calor (Guichandut, 1977; McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983).

La conducción juega dos papeles en la regulación de la temperatura de los animales: movimiento del calor del centro del cuerpo hacia las superficies externas, y el flujo del calor de la piel hacia las superficies que lo rodean. De la parte central del cuerpo, el calor pasa hacia los tejidos periféricos, con una temperatura menor, a una tasa uniforme. La piel en turno transfiere calor al medio externo, en una tasa que depende del gradiente de temperatura y de las características de la capa de pelo del animal. Cuando se expone a los animales a elevadas temperaturas, casi inmediatamente, se reduce la tasa de pérdida de calor desde la superficie de la piel al ambiente. Conforme se incrementa la temperatura de la piel, la transferencia de calor desde el centro del cuerpo hacia los tejidos periféricos, también

se reduce. Cuando ésto ocurre, la producción de calor en el cuerpo es disminuida en un esfuerzo para mantener la homeotermia (Guichandut, 1977; McDowell, 1972).

La convección es la transferencia de energía térmica por medio del movimiento de moléculas, ésto facilita el intercambio de calor. Como consecuencia de esta movilidad, las moléculas de aire que tocan la superficie del animal captan calor disminuyendo la carga calórica del cuerpo de los animales. Por lo tanto, es fácil comprender que la efectividad de la convección depende de la diferencia entre la temperatura de la superficie de la piel del animal y la del aire que lo rodea, así como el movimiento de éste último (Guichandut, 1977; McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983).

La radiación es la forma de transferencia de calor por medio de los rayos infrarojos, que como se sabe, son los rayos calóricos (Johnson , 1965; Stewart y Brody , 1954). Por otra parte, para que el animal pierda calor por radiación, es esencial que haya una diferencia entre la temperatura de la piel del animal y la del ambiente que lo rodea (Fuquay, 1981; Kibler y Brody, 1954). También tiene un importante papel en la efectividad de la transferencia de calor por irradiación la superficie efectiva que presenta el animal y la superficie de los elementos u objetos receptores.

La pérdida de calor por evaporación se realiza a partir de la energía térmica que el organismo debe ceder para que se produzca la evaporación de agua. Según se ha demostrado, la transformación de un gramo de agua del estado líquido al gaseoso requiere de 605

kilocalorías a la temperatura normal de los animales (Kibler y Yeck, 1959). Cuando éste proceso se cumple sobre las distintas superficies del animal, el paso del agua al estado gaseoso consume calorías que sustrae de la carga calórica de los animales. El fenómeno de evaporación se produce en la superficie de las vías respiratorias, durante el proceso de respiración, al pasar el aire a través de las partes húmedas del sistema respiratorio, y sobre la piel, al evaporarse el agua que se encuentra sobre ella, que proviene de distintas fuentes (Guichandut, 1977; McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983).

11.2.2. Importancia de las características anatómicas en el intercambio de calor.

En la actualidad, se considera que las características corporales externas que pueden facilitar en mayor grado la adaptación de los animales a estados de elevada tensión térmica son: el grosor y pigmentación de la piel, el área de superficie corporal y la longitud, color o tipo de pelo.

11.2.2.1. Piel. La cantidad de pigmentación y grosor de la piel están relacionados con la tasa de intercambio calórico entre los animales y el medio que los rodea. El grosor, que varía en las diferentes regiones de la superficie corporal, es influido por la edad y el estado nutricional de los animales. También existen evidencias de diferencias entre razas de ganado que parecen estar asociadas con los climas en que habitan. Además, el grosor varía con las estaciones del año, incrementándose en invierno

como una medida para reducir la pérdida de calor (McDowell, 1972).

Frecuentemente hay errores de interpretación con relación a la radiación solar y como modula sus efectos el color de la piel en su capacidad reflejante. El concepto aceptado es que para radiaciones infrarrojas de onda larga, la piel de un animal, sin importar el color, se comporta como un "cuerpo negro". Es decir absorbe toda la radiación que incide sobre ella. Para ondas cortas de radiación (visible), la piel varía en su reflectividad, dependiendo de su color (McDowell, 1972). Lo mencionado anteriormente, demuestra la importancia de las características de la piel para rechazar o captar calor. Sin embargo, no es considerada en las pruebas utilizadas en México para clasificar animales con mayor capacidad de adaptación a climas tropicales.

11.2.2.2. Area de superficie. Aunque esta característica no se incluye en las pruebas usadas para seleccionar toros adaptables al trópico, se discute brevemente por afectar la capacidad de pérdida de calor por el animal.

Se han desarrollado diferentes métodos para determinar la superficie corporal de los animales, con el fin de entender su importancia en la pérdida o ganancia de calor de los animales (Johnson, et al., 1961; McDowell, et al., 1953a; Pani, et al., 1974). De dichos estudios se deriva que cuando la temperatura ambiental está por debajo de la temperatura corporal, una superficie corporal grande permite ventajas en la pérdida de

calor por conducción. Pero cuando la temperatura ambiente es cercana o está sobre la temperatura corporal, una superficie grande en relación con el peso del animal, ofrece desventajas (Kibler y Yeck , 1959).

11.2.2.3. Pelo. El pelo del ganado es la primera estructura que refleja o absorbe la radiación solar. Dado que gran parte de la energía solar es emitida en ondas cuya longitud está dentro del espectro "visible", el color del pelo afecta la cantidad de absorción y reflexión de este tipo de radiación (Stewart y Brody 1954). Comparaciones entre razas de ganado productor de carne Bos taurus y Bos indicus, indican que sus características de pelo pueden estar relacionadas con su tolerancia al calor (Berry y Shanklin, 1961). La absorción de los rayos solares es menor en animales de pelo blanco, se incrementa en los de pelo color café o rojo, mientras que los animales con pelo negro, son los que absorben más radiación solar (Riemerschmid y Elder, 1945; Finch y Western, 1977). Por otra parte, en ganado Holstein, no se encontró una diferencia apreciable en la frecuencia respiratoria entre animales predominantemente blancos o negros, considerandose que esto puede ser debido a diferencias en Área de superficie y estructura de pelo (Stewart y Brody, 1954). Los anteriores resultados pueden haber sido influidos por el hecho de que el trabajo se realizó en cámaras climáticas con un ambiente controlado, y se utilizó solamente un animal blanco por cinco negros, lo que hace imposible cualquier tipo de análisis. Por otra parte, Dowling (1956) clasificó la cubierta de pelo de toros Shorthorn, basándose en el cálculo estimado del porcentaje de

fibras que mostraban medulación. Además, se evaluó el promedio de diámetro y longitud de las fibras y la relación de diámetro de la médula a diámetro total de la fibra. Los animales que tuvieron un alto porcentaje de fibras meduladas, con un diámetro de médula cecano al diámetro total de la fibra, pero con un promedio de longitud menor, al ser expuestos a la radiación solar, mostraron una temperatura rectal menor que los toros con características de pelo opuestas a las señaladas.

Las características de pelo de los animales, influyen sobre su capacidad de absorción o reflexión de los rayos solares y por lo tanto, influye sobre la cantidad de calor que el cuerpo del animal puede perder o ganar. Sin embargo, en ganado Holstein no se ha determinado con precisión si el tipo y color del pelo influye sobre su capacidad para ganar o perder calor.

11.2.3. Procesos fisiológicos que regulan la pérdida de calor.

Bajo una temperatura ambiental elevada, algunas funciones fisiológicas de los animales sufren cambios para mantener la homeotermia. Los procesos fisiológicos que regulan la pérdida de calor son: a) cambios en la circulación sanguínea; b) aumento de la sudoración; c) incremento de la frecuencia respiratoria, d) cambios en el equilibrio de fluidos, y e) conducta. Si estos fenómenos son insuficientes para renovar el equilibrio térmico del animal, o para cambiar a un nuevo plano de constantes fisiológicas, se observarán estados progresivos de fallas de los mecanismos reguladores del calor (McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983).

11.2.3.1. Cambios vasculares. La circulación sanguínea es el mecanismo responsable de la mayor parte de transferencia de calor de los tejidos centrales a la periferia del cuerpo. La elevación de la temperatura ambiente, da como resultado incrementos en el ritmo cardíaco y en el volumen sanguíneo, así como vasodilatación periférica (Hertzam , 1959). El control del flujo sanguíneo hacia la piel depende del tono y resistencia de los vasos sanguíneos (Dale, et al., 1956). Mediante la vasodilatación periférica , una mayor cantidad de sangre y por consiguiente de calor, son llevados a la superficie corporal. Aquí, el calor es disipado por medio de radiación, conducción o convección (Thatcher y Collier, 1983).

11.2.3.2. Sudoración. Si la circulación sanguínea de la piel del animal no es capaz de restaurar el balance calórico en un ambiente cálido, serán necesarias medidas adicionales para promover la pérdida de calor. Inicialmente, es probable que haya un ligero incremento en transpiración insensible o trassudación de agua a través de la piel, seguida por el inicio de la sudoración (Bligh, 1966).

El umbral de temperatura ambiente para el estímulo de la sudoración, y la tasa de producción de sudor después del estímulo, varía entre especies. La sudoración en el ganado bovino es iniciada cuando la temperatura ambiental rebaza la zona de neutralidad térmica (Thompson, 1973). Arriba de esta temperatura, las glándulas sudoríparas eliminarán agua más rápidamente (Joshi, et al., 1968).

11.2.3.3. Respiración. En animales domésticos, el incremento de la actividad respiratoria es un importante mecanismo para aumentar la pérdida de calor (Thompson, 1973). Generalmente, es uno de los primeros mecanismos que intervienen para mantener la homeotermia. La tasa respiratoria se incrementa ligeramente, conforme se eleva la temperatura del aire sobre los 17 C y es más marcada a partir de los 27 C (Kibler, 1957). En estudios conducidos bajo condiciones de temperatura controlada, la humedad de la atmósfera parece tener el mismo efecto que la temperatura del aire sobre la tasa respiratoria (McDowell, 1972). Una alta frecuencia respiratoria es un mecanismo eficiente para incrementar la pérdida de calor por periodos relativamente cortos (Bianca, 1965). Sin embargo, si una tasa respiratoria elevada es mantenida por varias horas, es probable que se originen problemas metabólicos de consecuencias adversas para el animal. El incremento del índice respiratorio aumenta la pérdida de calor por evaporación a nivel de vías respiratorias altas y bronquios, también denominado " espacio muerto " (Tenney, 1977). Si la temperatura ambiente continúa por arriba de la zona de confort, el animal iniciará la respiración por el hocico, en lugar de continuar respirando por la nariz. Al ocurrir esto, existe una alta frecuencia respiratoria, cuya función parece ser la pérdida de una mayor cantidad de calor. (Tenney, 1977).

11.2.3.4. Equilibrio de fluidos. Cuando la carga de calor induce al animal a incrementar la tasa de evaporación corporal, se requiere de un incremento de agua en las superficies corporales.

Inicialmente, el agua proviene del plasma sanguíneo, y debe de ser repuesta por medio de la movilización de agua proveniente de distintas fuentes. Entre éstas se encuentra el estómago, intestino, fluido intersticial, y riñón (McDowell, 1972; Thatcher y Collier, 1983). Además, los incrementos de la temperatura ambiental originan un aumento en el consumo de agua (Hutcheson y Cole, 1986). Cuando el contenido de agua corporal no puede ser mantenido dentro de los niveles normales, ocurre la deshidratación y ésto limitará la tasa de sudoración y otros mecanismos reguladores de la temperatura.

El agua normalmente pasa del estómago al intestino rápidamente y aproximadamente el 80 % es absorbida hacia la corriente sanguínea entre 20 y 30 minutos después de que es ingerida. Si el agua se encuentra disponible y el nivel de tensión térmica no es extremoso, la mayoría de los animales son capaces de prevenir la deshidratación (Hutcheson y Cole, 1986; McDowell, 1972).

En la regulación del equilibrio hídrico, también participan determinadas sustancias minerales, sin embargo, es un tema muy complejo para ser discutido con profundidad en este trabajo. Como ejemplo, se puede mencionar que la sal común facilita la retención de agua en los tejidos corporales, especialmente en los espacios extracelulares (Kolb , 1974). Para evitar en los animales utilizados en este trabajo algún problema, se les proporcionó una mezcla de sales minerales a libertad.

11.2.3.5. Conducta. En un sentido amplio, todas las modificaciones de procesos fisiológicos que ocurren en respuesta

a los incrementos de calor, podrían ser clasificadas como modificaciones de la conducta. Sin embargo para fines prácticos, se define como cambios conductuales, aquellos relacionados con modificaciones de la postura, el movimiento y el consumo de alimento. Estas alteraciones son efectuadas por el animal para reducir la producción de calor, promover la pérdida de éste, y (o) para disminuir la ganancia calórica. Los cambios de la conducta para promover la pérdida de calor están dirigidos hacia el incremento de la conducción de calor o conservación de agua corporal (McDowell, 1972).

Los bovinos tienden a adoptar una postura relajada y a efectuar un mínimo de esfuerzo físico en los ambientes cálidos. Como ejemplo, se puede mencionar la reducción del tiempo dedicado al pastoreo durante las horas de mayor tensión térmica. La pérdida de calor por conducción y convección se aumenta cuando un animal está echado. Pero esto ocurre solamente si la superficie del suelo es considerablemente más fría que la superficie corporal (Fuquay, 1981). Aun así, una tasa significativa de intercambio calórico ocurrirá por un tiempo limitado. Una vez que las dos superficies en contacto entran en un equilibrio térmico, el intercambio calórico cesa (McDowell, 1972).

Aunque es limitada la evidencia objetiva con respecto a la cantidad de cambios conductuales bajo un estado de tensión térmica, es claro que la alteración de posición, actividad física, hábitos de pastoreo y otros tipos de conducta, son medios importantes de adaptación para reducir los efectos de dicha tensión (McDowell, 1972; Ragsdale, et al., 1951; Payne, et

al., 1951; Seath y Miller, 1946).

II.3. Influencia de los factores ambientales sobre la temperatura rectal y frecuencia respiratoria.

Los efectos de valores elevados de temperatura ambiente, humedad relativa y radiación sobre los parámetros fisiológicos en vacas, han sido evaluados en cámaras climáticas, y se sabe que producen incrementos en la temperatura rectal (TR) y frecuencia respiratoria (FR) de los animales (Biggers, et al., 1987; Bond y McDowell, 1972; Dunlap y Vincent, 1971; Kibler y Brody, 1949; 1950; 1953; 1954a; 1954b; Ragsdale et al., 1953; Worstell y Brody, 1953). Tanto TR como FR se mantienen dentro de los valores considerados como normales hasta los 17 C. Una vez que la temperatura ambiental excede este límite, tanto la TR como la FR sufren incrementos ligeros (Colditz y Kellaway , 1972). Sin embargo, cuando la temperatura llega a los 27 C, los aumentos de TR y FR son más notorios (Kibler , 1957). Se ha determinado que TR y FR se mantienen elevadas hasta por 5 semanas de exposición a tensiones térmicas altas (Johnson , et al., 1958), y es aparente una inhabilidad para mantener el estado de homeotermia, siendo más notorio en ganado Holstein, como lo demuestra su mayor TR y FR, comparado con vacas Suizo Pardo y Jersey (Johnson y Ragsdale, 1959; Kibler , 1960).

En lo referente a machos, bajo condiciones de cámaras climáticas, se observó un incremento en la TR Y FR de toros Angus expuestos a 31 C, a diferencia de los del grupo control, mantenidos a 23 C (Meyerhoeffer, et al., 1985). Novillos Angus x

Hereford sometidos a una temperatura constante de 32 C por un periodo de 80 hs, también sufrieron elevaciones de su TR y FR (Pratt y Wettman, 1986). Además, al exponer novillos Brahman, Brahman x Hereford-Shorthorn y Shorthorn, durante una hora a temperaturas de 28, 32, 37, 41, 43 ó 45 C, se observó que en los Bos taurus se incrementó la TR en mayor proporción que en los Bos indicus y sus cruzas con Bos taurus (Finch, 1985). En un trabajo realizado a nivel de campo, Wolf y Monty (1974) determinaron que la TR y FR de vacas Holstein lactando se incrementaron en la época de alta tensión térmica. En Israel, las vaquillas Holstein mostraron variaciones en TR y FR en primavera y verano a lo largo del día (Berman, 1968). Esto, demuestra que existen cambios de las respuestas fisiológicas en los animales en el transcurso del día, como respuesta a las variaciones en temperatura ambiente. Sin embargo, existe una falta de información sobre los efectos de otros factores ambientales y sus interacciones con los cambios de temperatura ambiental sobre las constantes fisiológicas. Por otra parte, se ha observado en ganado para carne, que los animales que no son originarios de zonas donde prevalecen elevadas temperaturas ambientales, son más afectados por la tensión térmica que los nativos (Moran, 1973).

Los efectos directos de los factores ambientales en clima tropical húmedo a nivel de campo, que son cambiantes durante el día y entre días y estaciones, no se han evaluado en toros de razas lecheras, por lo que se desconoce el efecto de dichos factores sobre los parámetros fisiológicos de los toros durante

el día y las estaciones del año. Además, se desconoce el tiempo requerido para la adaptación de toros Holstein al trópico cuando son introducidos en la época de mayor tensión térmica.

11.4. Influencia de los factores ambientales sobre la calidad espermática.

Empleando cámaras climáticas, se han investigado los efectos de altas temperaturas (>36 C) sobre las características seminales de becerros Jersey. Se observó una disminución en la calidad seminal al compararlos con el grupo testigo, mantenido a una temperatura de 27 C (De Alba y Riera 1966). En otro trabajo se comprobó que toros Angus mantenidos a 35 C, por 8 horas diarias durante 8 semanas, mostraron una elevación en anormalidades espermáticas y una disminución en la motilidad, considerándose que se requieren aproximadamente 8 semanas después de retirar el estrés térmico para que los toros recuperen su espermiograma normal (Meyerhoefer et al., 1985).

En condiciones naturales de clima templado, se ha determinado que las altas temperaturas del verano afectan la calidad seminal de los toros, reduciendo su fertilidad (Kelly y Hurst , 1963; Phillips et al., 1943; Sekony y Gustafsson, 1987). En clima tropical, en la India, los toros Jersey y sus cruza con Sahiwal, presentaron incrementos de anormalidades espermáticas en primavera y verano, pero no llegaron a revasar los límites que se establecen para que la fertilidad de los toros se vea afectada (Saxena y Tripathi, 1979a; 1979b; 1981). En dichos estudios, los autores no mencionan los rangos de temperaturas a que estuvieron

sujetos los animales, existiendo la posibilidad de que las temperaturas ambientales no fueran lo suficientemente elevadas para afectar la calidad seminal de los toros. Por otra parte, en Cuba se evaluaron toros Holstein mantenidos en centros de inseminación artificial y no se detectaron diferencias entre meses para las variables volumen, motilidad y densidad espermática (Menendez et al., 1983). Lo anterior puede ser explicado por las condiciones ambientales controladas en que fueron mantenidos los toros. Esto amortiguaría los posibles efectos del ambiente tropical sobre la espermatocitogénesis y espermiogénesis. También se debe de considerar que en todos los trabajos citados previamente, los toros nacieron y fueron criados en los ambientes de referencia.

Por otro lado, se ha investigado el efecto del clima tropical sobre la calidad seminal de toros Bos taurus y Bos indicus, concluyéndose que la calidad seminal de los toros Bos taurus varía grandemente, mientras que el semen de los toros Bos indicus permanece sin alteraciones importantes a través del año (Kumi-Diaka y Zemjanis, 1978; Kumi-Diaka et al., 1981; Vale Filho, 1980). Sin embargo en estos estudios no se examinaron las relaciones entre los factores climáticos y las características seminales, ni se estableció si los toros eran nativos o si fueron importados de otras zonas.

La revisión anterior indica que no existe información confiable con respecto a los efectos de la variación de los factores climáticos prevalentes en áreas tropicales, sobre la calidad seminal de toros Holstein criados en climas templados. Además, no se ha probado si existe una adaptación de este tipo de

toros al ambiente tropical, cuando son introducidos en la época de mayor tensión térmica para ser ser usados como sementales bajo condiciones de pastoreo.

11.5. Influencia de los factores ambientales sobre la libido.

Los toros juegan un papel importante en la producción ganadera, a través de su efecto sobre los porcentajes de concepción y la transmisión de material genético. Los toros, no solamente deben producir espermatozoides fértiles para asegurar la fecundación, sino que también deben ser capaces de identificar a las hembras en estro y efectuar el coito con ellas (Chenoweth, 1983a). Sin embargo, en los procedimientos utilizados actualmente para determinar la fertilidad de los toros, como es el examen de la capacidad reproductiva; no se incorporan pruebas de libido (Ball et al., 1983). El término 'libido', se usa comúnmente para describir la conducta sexual, y la más obvia expresión de libido es la conducta de cópula (Chenoweth, 1983b).

En cuanto a los efectos de los factores ambientales sobre el comportamiento sexual de los machos, De Alba y Riera (1966), observaron que no se afectó la libido de toros Jersey mantenidos a temperaturas de 36 C en cámaras climáticas hasta la pubertad. Por otra parte, en condiciones de clima templado en Yugoslavia, se observó una disminución de la libido de toros Simmental durante el verano, aparentemente como un efecto de las altas temperaturas (Miljkovic et al., 1980). En el trópico se

determinó que la libido de toros Bos taurus disminuye durante el verano cuando ocurren las máximas temperaturas (Vale Filho et al., 1980). Sin embargo, en los trabajos antes mencionados no se indica como se determinó la libido ni las temperaturas a las que estuvieron expuestos los toros.

En términos generales se ha realizado poca investigación sobre los efectos que tienen los diferentes factores ambientales de las áreas tropicales, sobre el comportamiento sexual de toros Bos taurus. Además, en el caso de toros de razas lecheras criados en clima templado y llevados al trópico para ser utilizados en programas de monta natural, no existe información.

11.6. Pruebas para discriminar toros con alta capacidad de adaptación al trópico.

Se han utilizado diferentes pruebas para seleccionar animales tolerantes al calor (Bianca, 1961). En estas pruebas se han empleado diferentes criterios como son: la temperatura rectal, frecuencia respiratoria, características del pelo, color de la piel y área de superficie corporal. A continuación se describen únicamente las pruebas utilizadas en México para la selección de toros con mayor capacidad de adaptación al trópico.

11.6.1. Prueba 'Iberia' de tolerancia al calor. La prueba está basada en el hecho de que el control de la temperatura corporal, indica la eficiencia de los cambios fisiológicos efectuados cuando los animales tienen que aumentar la disipación de calor, al incrementarse la tensión térmica ambiental. Para realizar la

prueba, los animales son llevados poco tiempo después del amanecer a un corral empastado. Las condiciones climáticas deben ser las de un día soleado, sin nubes, con una temperatura ambiental a la sombra entre 29 y 35 C. Las mediciones de la temperatura rectal son realizadas a las 1000 y 1500 h en tres días consecutivos o no, que tengan condiciones ambientales similares. Las temperaturas rectales obtenidas son promediadas y el resultado se aplica a la fórmula $100 - [10(BT - 101.0)]$, en donde: BT= al promedio de temperatura corporal de las mediciones efectuadas durante los tres días; 101.0= temperatura corporal normal del bovino en F; 10= factor para convertir las desviaciones de los grados de temperatura corporal, con relación a la temperatura normal, a unidades porcentuales; 100= eficiencia máxima en el mantenimiento de la temperatura corporal normal (101.0 F). Los resultados son expresados como un porcentaje de eficiencia máxima en mantener la temperatura rectal en 101.0. La frecuencia respiratoria se registra en el momento de evaluar la temperatura rectal y los valores obtenidos durante los tres días de muestreo son promediados. En el caso de que se obtuvieran idénticos coeficientes de tolerancia al calor para dos o más animales, aquellos que presenten el menor número de respiraciones por minuto son considerados como los más tolerantes al calor, puesto que requirieron de un menor esfuerzo fisiológico para mantener la temperatura corporal normal (Rhoad, 1944). Originalmente, la prueba se utilizó para determinar la tolerancia al calor de diferentes genotipos de ganado para carne y leche (Jersey) bajo las condiciones climáticas de la estación

experimental 'Iberia' (Jeanerette, Louisiana E.U.). Sin embargo, no se comprobó si los animales con un mayor porcentaje de eficiencia para mantener la temperatura rectal normal, eran más adaptables que los que obtuvieron un porcentaje menor en la prueba, a otros tipos de clima o condiciones geograficas diferentes a las de el lugar donde fueron evaluados.

En México, los usuarios de la prueba le han efectuado una modificación, que consiste en no utilizar el promedio de temperatura normal de los bovinos (101 F). En su lugar, registran la temperatura (C) de cada toro antes de iniciar la prueba (0730), durante tres días, promediando los resultados. El promedio obtenido es utilizado como temperatura normal da cada animal. Se ignora si esta modificación mejora o no la eficiencia de la prueba.

11.6.2. Prueba de cubierta de pelo. Se han investigado diferentes tipos de pelo en animales para determinar las características que influyen para que un animal sea más adaptable que otro a zonas con temperaturas elevadas. Las características de pelo que se utilizaron para seleccionar a los animales como más adaptables al trópico son: que presentaran pelo liso, corto y con un porcentaje de pelo blanco mayor al 50% (Bonsma 1949; Finch y Western , 1977; Turner y Schleger 1960).

Las características de pelo utilizadas en el presente trabajo para seleccionár a los toros con mayor capacidad de adaptación a climas calidos han sido evaluadas por otros autores. En el continente Africano se determinó con un solarímetro, la absorción de rayos solares por pieles de animales Bos indicus con distintos

colores de pelo (Riemerschmid y Elder , 1945). Se encontró que la absorción efectiva fue de 49% para la cubierta de pelo blanco, de 78% para el color rojo y de 89% para el negro. Esto indica que efectivamente, los rayos solares son captados en diferente proporción por capas de pelo de distinto color. Por otra parte, se ha clasificado el pelo de bovinos para carne en medulado y no medulado , comprobándose que los animales que tenían pelo grueso y altamente medulado presentaron una temperatura rectal menor a la observada en los animales con pelo delgado y poco medulado, coincidiendo generalmente el pelo altamente medulado con un pelo corto y liso. El pelo no medulado, coincidió con un pelo largo y lanoso (Dowling , 1959a; 1959b). Con base en lo anterior se diseñó un sistema de calificación para los tipos de cubierta de pelo de ganado Bos indicus y Bos taurus que van desde extremadamente corto , muy corto, poco corto, poco largo, largo, lanoso y hasta muy lanoso (Turner y Schleger , 1960); pero como estos sistemas de calificación son subjetivos, pueden existir variaciones en las calificaciones dadas por diferentes evaluadores.

En un trabajo realizado en Arizona (King, et al., 1988) , se le dió una clasificación de color subjetiva a vacas Holstein de primera lactancia. Las vacas designadas como "blancas" tenían menos del 40% de pelo negro (15% de los animales) ; como una mezcla de colores se consideró a aquellas que tenían del 40 al 60% de pelo negro (42% de los animales) y se estableció que los animales de color "negro", tenían mas del 60% del pelo de dicho color (43% de los animales). No se encontraron

diferencias en producción de leche y grasa entre las vacas clasificadas como se explicó anteriormente. Sin embargo, las vacas consideradas como "blancas" requirieron menos servicios por concepción y tuvieron menos días abiertos que las de las otras coloraciones, durante los meses de verano. Considerando que el número de vacas blancas fue menor que el de las otras coloraciones, y que las observaciones fueron realizadas en cuatro ranchos con diferente personal de manejo e inseminadores, los resultados deben ser tomados con reserva para determinar si la clasificación de colores utilizada es efectiva para seleccionar animales con mayor capacidad de adaptación a temperaturas elevadas. Trabajos similares que indiquen que los porcentajes de pelo blanco y negro, medulación y tamaño del pelo de un toro afectan su comportamiento reproductivo en clima tropical no han sido realizados.

11.6.3. Prueba de camino recorrido. Esta prueba consiste en hacer caminar a los animales por 3 Km, durante las horas de calor más intenso del día (1230 h). Se examinan los cambios en TR y FR registrados al inicio y al final de la prueba. Los animales con mayor potencial de adaptación, serán aquellos que al finalizar el ejercicio conserven la TR y FR dentro de un rango más cercano a los valores iniciales (Dowling , 1956; 1959b; McDowell , 1972).

Con el fin de determinar el efecto del ejercicio sobre la TR, se realizó un estudio en clima semidesértico, con novillos Bos taurus y Bos indicus (Moran , 1973), a los que se forzó a caminar durante un periodo de 45 minutos bajo una temperatura ambiental de 31 a 32 C. los resultados obtenidos indican que los

novillos Bos taurus tienen temperaturas rectales mas elevadas que el Bos indicus después del ejercicio. Por otra parte, cuando se sometió a caminata forzada durante 30 minutos a toros Shorthorn e Illawarra-Shorthorn (Bos taurus), se determinó que los Shorthorn presentan una mayor temperatura que los Illawarra - Shorthorn Australianos (Dowling , 1956 ; 1959b). Sin embargo, estas pruebas se han realizado en clima semidesértico con ganado para carne , y no se ha determinado si toros Holstein seleccionados como adaptables al trópico mediante éstas pruebas, efectuadas en áreas templadas, efectivamente mantienen en el trópico su temperatura corporal dentro de los rangos normales para la raza.

En general, todas las pruebas discutidas en este capítulo, han sido utilizadas para seleccionar animales más resistentes a condiciones climáticas severas. Sin embargo , se han seleccionado animales más adaptados al ambiente donde son evaluados, y no se ha comprobado si son más adaptables que los otros animales, bajo condiciones climáticas distintas, como serían las del trópico. Por otra parte, no existe información sobre la utilidad de éstas pruebas para seleccionar toros Holstein con mayor potencial de adaptación a condiciones tropicales, en lo referente a la función predominante de un semental que es la reproducción, que incluye libido y calidad seminal.

11.7. Resumen.

El comportamiento de los animales es afectado por los elementos climáticos de la zona en la que viven. Se considera que los factores climáticos más importantes son: la temperatura ambiente, la humedad atmosférica, la radiación solar, el movimiento del aire, la cantidad y distribución anual de lluvias y el fotoperiodo. Las áreas trópicas se caracterizan por presentar variaciones marcadas de algunos de estos elementos climáticos a lo largo del año. Estos cambios, en forma directa o indirecta, afectan diferentes procesos fisiológicos de los animales y su producción. Se considera que determinadas características corporales externas (grosor y pigmentación de la piel, el área de la superficie corporal, color y tipo de pelo), pueden facilitar la adaptación de los animales a lugares con elevada tensión térmica.

Las constantes fisiológicas TR y FR se mantienen normales en hembras Holstein hasta los 17°C y posteriormente sufren incrementos ligeros, hasta llegar a los 27°C, cuando sus incrementos son más notorios. Sin embargo, no se han determinado los cambios de TR y FR que ocurren en toros Holstein trasladados de clima templado a tropical y el tiempo que requieren para adaptarse a éste nuevo ambiente durante la época de mayor tensión térmica.

En climas cálidos, existe una disminución de la calidad seminal de los toros durante los meses del verano y su libido disminuye como respuesta a las elevadas temperaturas. Pero no se han documentado los efectos de los factores climáticos sobre la

espermatogénesis y comportamiento sexual de toros Holstein criados en clima templado, al ser introducidos a un clima tropical durante la época de mayor tensión térmica.

A pesar de la falta de información con relación al comportamiento fisiológico y reproductivo de toros Holstein trasladados de clima templado a clima tropical, se han estado utilizando pruebas (Iberia, camino recorrido y cubierta de pelo) en clima templado para seleccionar toros con mayor potencial de adaptación al trópico. Dichas pruebas, no han sido validadas, lo que pone en duda su utilidad para efectuar este tipo de selección.

III. HIPOTESIS.

- Cuando se trasladan toros Holstein de zonas templadas a tropicales durante la época de mayor tensión térmica, los factores climáticos predominantes durante esta última, producirán incrementos de la temperatura rectal y frecuencia respiratoria, además de reducir la calidad seminal y la libido de los toros.

- Los toros sujetos a las condiciones antes descritas, no se adaptarán al trópico durante la época de mayor tensión térmica.

-- Por último, las pruebas utilizadas en México para la selección de toros con mayor capacidad de adaptación al trópico, no son eficaces.

IV. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Examinar los cambios de TR, FR, libido y calidad espermática en toros Holstein al ser trasladados de clima templado a tropical.
- Determinar si los toros Holstein que son trasladados al trópico al inicio de la época cálida, son capaces de adaptarse a este medio durante el tiempo de mayor tensión térmica.
- Examinar las asociaciones entre los factores climáticos que determinan en mayor grado la tensión térmica y las variaciones en TR, FR, libido y calidad espermática de toros Holstein, trasladados de clima templado a tropical.
- Determinar la efectividad de las pruebas usadas en México para seleccionar toros Holstein con mayor potencial de adaptación al trópico.

V. MATERIAL Y METODOS.

V.1. Animales utilizados. Se utilizaron 10 toros Holstein con una edad promedio de 11.5 meses y un peso de 275.5 Kg al inicio del estudio. Se seleccionaron al azar cinco toros de un grupo de animales clasificados como de mayor potencial de adaptación al trópico, los cinco restantes se seleccionaron de un grupo de toros clasificados como no adaptables al trópico. La clasificación de los toros, de acuerdo a los resultados que obtuvieron en las pruebas fue: que presentaran un pelo corto y liso vs mediano y lanoso, con un coeficiente promedio de tolerancia al calor en la prueba iberia de 88.2 ± 2.1 vs 81.8 ± 1.7 , y una diferencia entre temperatura rectal inicial con la final en la prueba de camino recorrido de 1.6 ± 0.2 vs 2.4 ± 0.1 para los toros adaptables y no adaptables respectivamente. El criterio en la prueba de iberia fue rechazar aquellos animales que obtuvieron un coeficiente de tolerancia al calor ≤ 85 %. En el caso de la prueba de camino recorrido, se usó como criterio de rechazo una diferencia entre la temperatura rectal inicial y final de ≥ 2.0 C.

V.2. Manejo general. Los toros nacieron y fueron criados en Villa del Marquez, municipio del Estado de Querétaro, que se caracteriza por ser de clima templado, semiseco, con lluvias en verano. La temperatura promedio anual de este lugar es de 16 C, su precipitación pluvial es de 550 mm y se encuentra a una altura de 1950 m sobre el nivel del mar (Soria et al., 1987).

Durante su estancia en clima templado, los toros permanecieron en corrales provistos de sombreaderos, comederos y bebederos. La dieta consistió de ensilaje de sorgo, avena henificada o alfalfa achicalada y una cantidad reducida de concentrado para desarrollo (16 % P.C.). El forraje y el agua se les dió a libertad. Al inicio del mes de julio, los toros fueron trasladados a Medellín, Estado de Veracruz, situado entre los 15° 18' latitud norte y a los 96° 10' longitud oeste. Esta zona se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 12 m y su clima es cálido subhúmedo, clasificado como Aw1 con lluvias en verano (García , 1973). La temperatura promedio anual es de 25 C, la humedad relativa es de 77.4 % y la precipitación pluvial anual es de 1208 mm. En este lugar, los toros fueron alojados en potreros (3 has aproximadamente) establecidos con pasto estrella de Africa (Cynodon plectostachyus). Los toros tuvieron libre acceso a corrales donde se les proporcionó a libertad agua, sales minerales y pasto pangola (Digitaria decumbens) verde, picado. Además, se les proporcionó 3 Kg/día/toro de un concentrado con 12% de P.C. En ambas localidades, las dietas satisficieron los requerimientos nutricionales teóricos de los toros (NRC , 1979).

El día que se realizó el traslado de clima templado a tropical, los toros fueron inyectados con 10 y 20 ml de sangre infectada con los parásitos causantes de anaplasmosis y piroplasmosis, respectivamente.

La toma de muestras (descrita posteriormente) se realizó una vez en clima templado y siete veces en clima tropical, una cada 14 días a partir de la segunda semana del arribo de los toros.

En cada periodo de muestreo se registró la temperatura rectal (TR) y la frecuencia respiratoria (FR) durante un minuto a intervalos de una hora, de las 1000 hasta las 1800 hs.

Dos días después de las mediciones anteriores, se evaluó la libido de los toros. Para ello se estrogenizaron cinco vaquillas para cada evaluación, seleccionando para la prueba aquellas que aceptaron la monta homosexual. Las hembras (una a la vez) fueron usadas mientras aceptaron la monta de los toros. En el momento en que una vaquilla rehusó la monta, fue reemplazada por otra que estaba en estro. En cada periodo de muestreo se efectuaron dos evaluaciones de libido (1100 y 1500 hs). En la evaluación realizada en la mañana se introdujo cada toro, seleccionado al azar, con una vaquilla durante un periodo de quince minutos. por la tarde los toros eran introducidos al corral con la vaquilla, en la misma secuencia que les correspondió durante la mañana. Se registró el número de montas incompletas o sin coito (NMI), completas o con coito (NMC), montas totales (NMT), tiempo de reacción a la primera monta sin coito (TRPM), y con coito (TRPMC).

Dos días después de efectuarse la evaluación de libido, se colectó una muestra seminal de cada toro por medio de electroeyaculación (Standard Precision Electronics, mod. 303-286-6298). La toma de muestras se inició a las 0600 h y se procedió a examinar el eyaculado inmediatamente después de que se tomó cada muestra. En el eyaculado obtenido se determinó la motilidad progresiva (MOT), anormalidades primarias (AP), anormalidades secundarias (AS) y el porcentaje de espermatozoides vivos (EVI), de acuerdo a las técnicas propuestas por Ball (1983).

En el lugar donde se encontraban los animales y a una altura similar a la de su lomo, se colocaron dos termómetros de bola negra (uno en sol y otro a la sombra) y un termómetro de temperaturas máximas y mínimas (a la sombra). La lectura de los termómetros de bola negra y de temperaturas ambientales, se realizó cada hora desde las 0900 hasta las 1800 h en forma simultánea con la evaluación de las constantes fisiológicas. En el caso de los días de evaluación de semen y libido, las lecturas de los termómetros se efectuaron cada hora, únicamente durante el tiempo que duraron las pruebas. El registro de la temperatura mínima y máxima se realizó a las 0800 y 1500 h, respectivamente. Además, en los dos climas (templado y trópico), se llevó el registro diario de temperatura máxima, mínima, humedad relativa, precipitación pluvial y horas sol.

Con el fin de determinar si existía alguna diferencia en ganancia de peso entre los toros clasificados como adaptables y no adaptables al trópico, se registró el peso de los animales a partir de la primera semana de su llegada al clima tropical y posteriormente cada 14 días.

V.3. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza para las variables de respuesta edad, peso inicial, peso final y ganancia diaria de los toros, considerando como único factor al tratamiento (adaptables vs no adaptables).

Para el análisis estadístico de la información de respuestas

fisiológicas en el trópico, así como para la comparación entre clima templado y tropical, se utilizó un diseño al azar en arreglo factorial anidado, donde el total de la variación se atribuyó al siguiente modelo (Anderson y McLean, 1974):

$$Y_{ijklm} = u + T_i + A_{(i)j} + s_{(ij)} + M_k + TM_{ik} + AM_{(i)jk} + W_{(ijk)} + H_l + TH_{il} + MH_{kl} + e_{(ijkl)m}$$

DONDE:

Y_{ijklm} = Es la m-ésima observación de temperatura rectal ó frecuencia respiratoria asociada a la l-ésima hora de muestreo, del k-ésimo periodo de muestreo, en el j-ésimo toro y dentro del i-ésimo tratamiento.

u = Es la media poblacional constante.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento (i = adaptables ó no adaptables).

$A_{(i)j}$ = Es el efecto del j-ésimo toro (j = 1...5), anidado en el i-ésimo tratamiento.

$s_{(ij)}$ = Es el error de restricción debido a la azarización de los toros dentro de los tratamientos NID (0, r_s^2).

M_k = Es el efecto del k-ésimo periodo de muestreo (k = 1.....8; o bien 2.....8)

TM_{ik} = Es el efecto de la interacción entre el k-ésimo muestreo y el i-ésimo tratamiento.

$AM_{(i)jk}$ = Es el efecto de la interacción de el j-ésimo toro en

el i-ésimo tratamiento con el k-ésimo muestreo.

$W_{(ijk)}$ = Es el error de restricción, NID $(0, r_w^2)$.

H_l = Es el efecto de la l-ésima hora de muestreo
($l = 10, 11, \dots, 18$).

TH_{il} = Es el efecto de la interacción entre la l-ésima hora de muestreo y el i-ésimo tratamiento.

MH_{kl} = Es el efecto de la interacción entre la l-ésima hora de muestreo y el k-ésimo muestreo.

$e_{(ijkl)_m}$ = Es el error aleatorio, NID $(0, r^2)$.

El análisis de las respuestas fisiológicas en clima templado, se realizó con un modelo semejante al anterior, suprimiendo únicamente los efectos de periodo de muestreo (M) y sus interacciones.

En lo referente a libido, los tiempos de reacción a primera monta incompleta y a primera monta completa se clasificaron en una escala del 1 al 6, donde 1 correspondió a la primera monta entre 0.01 y 1 min; 2 de 1.01 a 2 min; 3 de 2.01 a 5 min; 4 de 5.01 a 10 min; 5 de 10.01 a 15 min y 6 sin monta. El análisis de las variables de respuesta de libido se realizó utilizando el diseño y modelo empleados para las respuestas fisiológicas, sustituyendo únicamente la hora de muestreo (H) por número de muestreo en el día de la prueba (NMD) y sus interacciones con otras variables.

En el caso de la calidad seminal, debido a que algunos toros no eyacularon en alguno de los muestreos, los datos fueron agrupados por mes. se analizó la motilidad progresiva, anomalías primarias, secundarias y espermatozoides vivos.

Todas estas variables fueron transformadas a arco-seno, raíz cuadrada de la proporción para cumplir con los supuestos de normalidad de los modelos lineales.

Para evaluar las diferencias entre tratamientos con relación a las variables relacionadas con calidad seminal en la zona templada, se utilizó el modelo:

$$Y_{ij} = u + T_i + e_{(i)j}$$

DONDE:

Y_{ij} = Es la j-ésima observación asociada al i-ésimo tratamiento.

u = Es la media poblacional constante.

T_i = Es el efecto fijo del i-ésimo tratamiento.

$e_{(i)j}$ = Es el error aleatorio, NID $(0, r^2)$.

La comparación entre tratamientos en clima tropical se realizó con el modelo:

$$Y_{ijkl} = u + T_i + A_{(i)j} + s_{(ij)} + M_k + TM_{ik} + e_{(ijk)l}$$

DONDE:

Y_{ijkl} = Es la l-ésima media de dos o tres muestreos, asociada al k-ésimo mes de muestreo, del j-ésimo toro, dentro del i-ésimo tratamiento.

u = Es la media poblacional constante.

T_i = ES el efecto del i -ésimo tratamiento (i = adaptables, ó no adaptables).

$A_{(i)j}$ = Es el efecto del j -ésimo toro ($j= 1...5$), anidado en el i -ésimo tratamiento.

$s_{(ij)}$ = Es el error de restricción debido a la azarización, NID $(0, r_s^2)$.

M_k = Es el efecto del k -ésimo mes de muestreo ($k= 1...4$).

TM_{ik} = Es el efecto de la interacción entre el k -ésimo mes de muestreo y el i -ésimo tratamiento.

$e_{(ijk)l}$ = Es el error aleatorio, NID $(0, r^2)$.

Para las comparaciones entre medias se utilizó la prueba de Student Newman Keuls y se efectuaron correlaciones simples entre los factores climáticos registrados y las variables de respuesta (Anderson y Mclean, 1974).

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

VI.1. EDAD Y GANANCIA DE PESO.

La edad de los toros al principio del estudio, fue similar ($p > .05$) entre aquellos clasificados como adaptables al trópico ($12.1 \pm .6$ meses) y los considerados como no adaptables al trópico ($10.8 \pm .6$ meses). Similarmente, el peso corporal inicial no difirió ($p > .05$) entre los toros tropicales (254.2 ± 18.9) y los no tropicales (267.0 ± 18.9). Asimismo, ambos grupos tuvieron tasas de ganancia de peso similares durante el estudio (tropicales = $.281 \pm .19$ Kg/día; no tropicales = $.283 \pm .19$ Kg/día).

Ha sido documentado que la edad (Farid *et al.*, 1989) y la ganancia diaria promedio (Makarechian *et al.*, 1985) son fuentes importantes de variación en la fertilidad de los toros, y esto puede ser debido a variaciones en la libido y calidad seminal. Sin embargo, en otros trabajos no se detectaron efectos del peso de los animales en las pruebas de comportamiento de monta (Chenoweth, *et al.*, 1984; Lane *et al.*, 1983). Por ello, debe señalarse que la similitud en cuanto a edad, peso y ganancia de peso de los toros tropicales y no tropicales durante el estudio, evitó la presencia de factores confundidos que hubieran podido enmascarar los efectos de las variables de interés en la presente tesis. Se reconoce que este trabajo no fue diseñado para determinar la eficacia de las pruebas de lberia, de camino recorrido y de cubierta de pelo, desde el punto de vista de eficiencia nutricional de los animales. Sin embargo, el hecho de

que los toros tropicales y no tropicales mantuvieron pesos corporales similares durante el experimento, permite especular que dichas pruebas no discriminan a los animales en cuanto a su potencial de crecimiento y (o) el uso de nutrientes. En estudios previos efectuados bajo condiciones de tensión térmica elevada, se observó que en un grupo de vacas en las que la cubierta de pelo fue en su mayoría de color negro, la producción y composición lácteas fueron similares que en vacas cuya capa de pelo fue predominantemente de color blanco (King *et al.*, 1988). Además, las ganancias de peso de novillos con coloración de pelo blanco, amarillo, café o negro no difirieron en un trabajo realizado en clima cálido húmedo (Da Silva , 1973). Consecuentemente y con base en la escasa información disponible, parece ser que tanto las hembras como los machos seleccionados por las multicidades pruebas como adaptables a zonas donde predominan las altas temperaturas, no son más productivos que aquellos que supuestamente no tolerarían el calor.

VI.2. CONSTANTES FISIOLÓGICAS.

Como se esperaba, en clima templado (cuadro 1) no existieron diferencias entre tratamientos para las respuestas fisiológicas evaluadas, siendo semejantes ($p > .05$) los promedios de TR ($38.9 \pm .01$; $39.0 \pm .01$) y FR ($24.9 \pm .6$; $26.4 \pm .6$) para los toros adaptables y no adaptables respectivamente. Esto indica, que en ausencia de condiciones climáticas extremas o de actividad física intensa los toros, sean o no tolerantes a tensiones térmicas elevadas, se comportan de una forma semejante, como ha sido

observado en animales que se encontraban dentro de su zona termoneutral (Berman , 1967; 1968).

Independientemente del tratamiento, se registraron variaciones ($p < .05$) de la TR entre las horas de tomas de muestras en clima templado (cuadro 1). Es evidente, que con relación al valor registrado a las 1000 h, la TR se incrementó ($p < .05$) a las 1300 h y se mantuvo elevada entre las 1500 y las 1800 h (figura 1). El primer incremento de la TR coincidió con elevaciones de la temperatura ambiental y del termómetro de bola negra (figura 3). Sin embargo, a partir de las 1600 h, las temperaturas ambientales y del termómetro de bola negra disminuyeron sin que la TR de los toros descendiera. Lo anterior apoya lo observado por otros autores en el sentido de que la TR, una vez que aumenta requiere de un período relativamente largo (fase nocturna) de tensión térmica reducida para volver a los valores iniciales de la fase diurna (Berman , 1968; Greig y McIntyre , 1979).

Aunque las variaciones de FR durante el día no fueron significativas ($p > 0.05$; cuadro 1), se observó (figura 2) que con respecto al valor registrado a las 1000 h, la FR aumentó paulatinamente hasta alcanzar los valores máximos a las 1400 h. Posteriormente, la FR se mantuvo elevada hasta las 1800 h. Básicamente, los incrementos en FR coincidieron con los aumentos de la TR (figura 1) y de la temperatura ambiente y de termómetro de bola negra (figura 3), indicando que aún dentro de la zona termoneutral de los toros Holstein, la FR es uno de los mecanismos que mantienen la homeotermia. Cabe enfatizar que los

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA PARA TEMPERATURA RECTAL (TR, C) Y FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR/min) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TEMPERATURA RECTAL	FRECUENCIA RESPIRATORIA
TRATAMIENTO (TRAT)	1	1.44	56.01
TORO / TRAT	8	1.13	18.12

HORA	8	0.38 ^a	32.80
TRAT * HORA	8	0.12	29.24
ERROR	64	0.17	16.08

a Efecto significativo ($p < 0.05$).

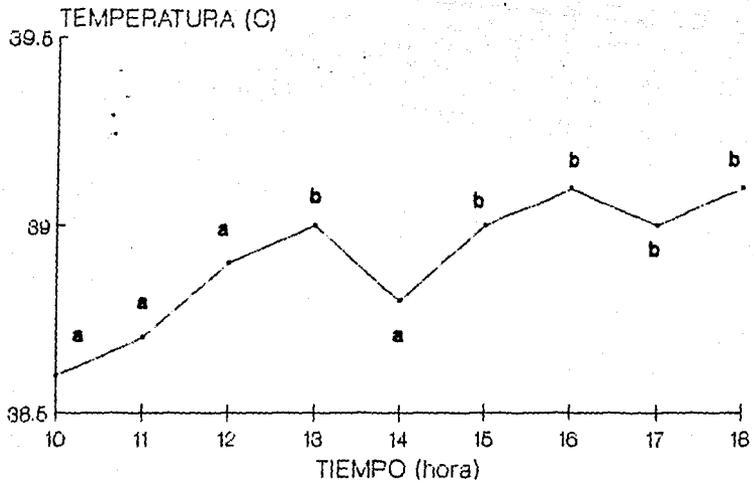


Figura 1.- Efecto de la hora de toma de muestras sobre la temperatura rectal de toros Holstein en clima templado. el error estandar general fue de 0.13. Distintas literales (a,b) indican diferencias entre medias ($P < 0.05$).

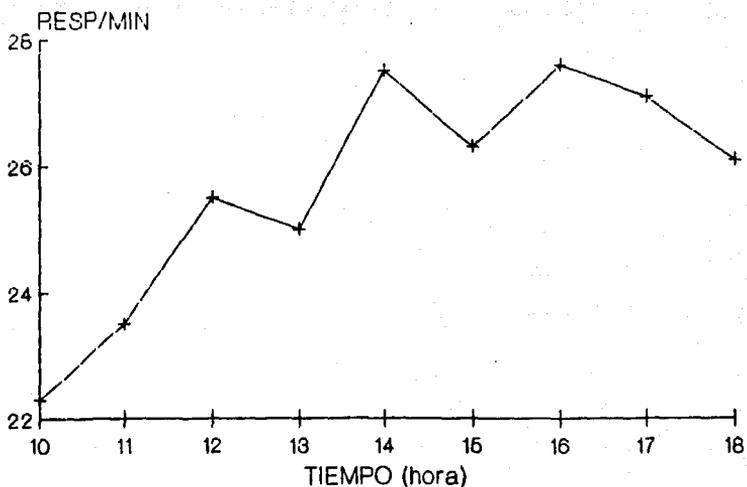


Figura 2.- Efecto de la hora de toma de muestras sobre la frecuencia respiratoria de toros Holstein en clima templado. El error estandar general fue de 1.3. Los promedios entre las diferentes horas fueron semejantes ($P > 0.05$).

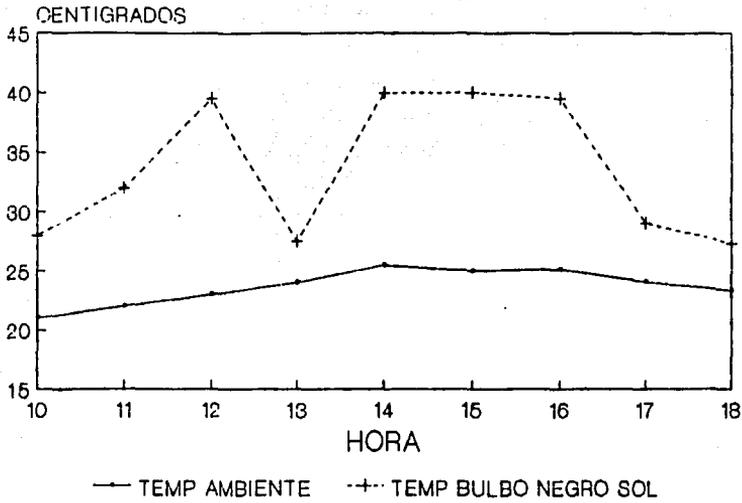


Figura 3.- Promedios de temperatura ambiente y del termómetro de bola negra durante las horas de muestreo de las constantes fisiológicas, en clima templado.

Incrementos de la FR y la TR mientras los toros permanecieron en clima templado, nunca excedieron el rango máximo de los valores considerados como normales (TR= 38.0 a 39.3; FR= 20 a 34; Anderson, 1977; Tenney , 1977).

En el trópico (cuadro 2), y al comparar clima templado con tropical (cuadro 3), de nuevo no se detectaron diferencias ($p > .05$) entre toros adaptables y no adaptables en cuanto a TR ($39.6 \pm .2$; $39.6 \pm .2$) y FR ($59.4 \pm .6$; $59.2 \pm .6$). Tampoco se encontraron interacciones entre tratamientos y los demás factores considerados en el estudio. Estas observaciones indican que las pruebas usadas en México para seleccionar toros adaptables al trópico no son eficaces. Los resultados de la presente tesis apoyan a los autores que han sugerido que una evaluación adecuada de adaptación ambiental debería de ser efectuada en la localidad donde radicarán los animales (Benezra , 1954; Dowling , 1956), ya que los factores climáticos limitantes, sus variaciones e interacciones difícilmente pueden ser imitados en cámaras climáticas o en zonas con características ambientales marcadamente distintas.

Otras críticas se refieren a que las variables fisiológicas o físicas que pueden indicar si un animal tiene o no potencial para adaptarse a condiciones ambientales diferentes de las nativas, deben ser por necesidad más de una (Bianca , 1961; Thomas et al., 1973). Sin embargo, en el presente estudio se consideraron dos variables fisiológicas (TR y FR) y además, las características del pelo de los animales, y aún así no se logró el objetivo. Por lo tanto, la eficiencia de las pruebas no depende del número de indicadores de adaptación ambiental, sino

de la selección de variables que verdaderamente permitan identificar aquellos animales que pueden tolerar un medio inhóspito. Consecuentemente, es necesario enfocar la investigación hacia la identificación de una o más características físicas, fisiológicas o metabólicas que estén asociadas con la capacidad de adaptación de los animales a nuevas condiciones ambientales. Algunos autores han investigado algunas de estas características, como serían la ganancia de peso, actividad de la tiroides, componentes sanguíneos y colesterol. Sin embargo, no han logrado establecer la interrelación de las características evaluadas con la tolerancia al calor de los animales (Da Silva , 1973; Garcia y Rodriguez , 1975a; 1975b).

Tanto en toros adaptables como no adaptables, se observaron efectos ($p < .01$) de periodo y hora de muestreo sobre la TR y la FR (cuadro 2 y 3). Asimismo, se detectó ($p < 0.01$) la interacción entre ambos factores. Esto último indica que las variaciones de TR y FR durante la fase diurna siguen distintos patrones cuando las condiciones climáticas cambian.

En el trópico (figura 4) la TR registrada a las 1000 h fue similar a los valores máximos observados en clima templado. Con relación a dicha hora, la TR aumentó en forma lineal desde las 1100 h ($p < .05$), para alcanzar los valores máximos entre las 1600 y las 1800 h. Como en clima templado, la TR registrada en el trópico, no disminuyó al reducirse la temperatura ambiental y de bulbo negro (figura 4 y 5) y fue necesario que transcurriera la fase nocturna para volver a los valores iniciales de la fase diurna. Esto ha sido observado anteriormente en climas cálidos (Finch , 1986; Lefcourt y Schmidtman , 1989).

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA TEMPERATURA RECTAL (TR, C) Y FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR/min) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TEMPERATURA RECTAL	FRECUENCIA RESPIRATORIA
TRATAMIENTO (TRAT)	1	0.02	3.97
TORO / TRAT	8	0.83	2076.07

PERIODO (P)	6	19.82a	17058.97a
TRAT * P	6	3.53	607.96
TORO / TRAT * P	48	2.66	752.75

HORA DE MUESTREO (HDM)	8	4.47a	2403.05a
TRAT*HDM	8	0.13	92.06
P*HDM	48	0.49a	643.45a
ERROR	496	0.09	106.23

a Efecto significativo ($p < 0.05$).

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PARA EFECTO DE CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL SOBRE TEMPERATURA RECTAL (TR, C) Y FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR/min) DE TOROS HOLSTEIN.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TEMPERATURA RECTAL	FRECUENCIA RESPIRATORIA
TRATAMIENTO (TRAT)	1	0.30	0.61
TORO / TRAT	8	1.06	1924.14

PERIODO (P)	7	23.08a	27369.62a
TRAT*P	7	3.19	529.59
TORO / TRAT*P	56	2.41	669.51

HORA DE MUESTREO (HDM)	8	4.69a	2269.84a
TRAT*HDM	8	0.14	78.69
P*HDM	56	0.44a	575.25a
ERROR	568	0.10	95.18

a Efecto significativo ($p < 0.01$).

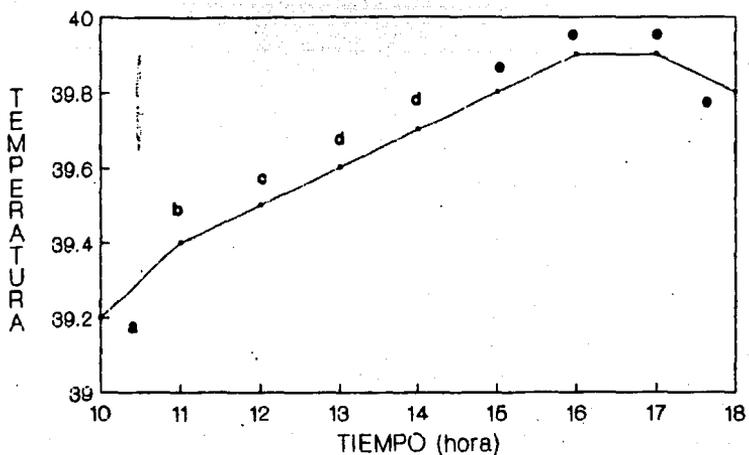


Figura 4.- Efecto de la hora de toma de muestras sobre la temperatura rectal (C) de toros Holstein en clima tropical. El error estandar general fue de 0.3. Distintas literales (a,b,c,d,e) indican diferencias entre medias ($P < 0.05$).

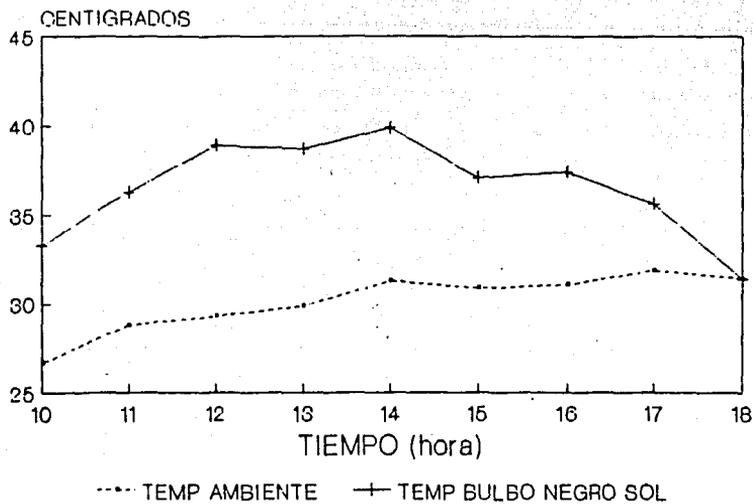


Figura 5.- Promedios de temperatura ambiente y del termómetro de bola negra, durante las horas de muestreo de las constantes fisiológicas en clima tropical.

En clima tropical, la FR aumentó con el transcurso de la fase diurna en forma escalonada (figura 6). El primer incremento se detectó una hora después (1100) del primer aumento de la TR. Además, como fue el caso de la TR, los valores máximos de FR fueron registrados durante las tres últimas horas de muestreo. Esto apoya el concepto de que el incremento de la temperatura corporal provoca el inicio de los mecanismos de enfriamiento, entre ellos la FR (Bianca , 1961; Thomas , 1973). Por otra parte, la FR registrada a las 1000 h en el trópico, fue el doble de la registrada en clima templado a la misma hora, lo que demuestra el esfuerzo que tienen que realizar los animales para mantener su homeotermia al ser cambiados de un clima templado a otro donde los factores ambientales son tan elevados, que provocan un estado de estrés.

En lo referente a periodo de muestreo, el incremento más pronunciado de la TR fue al cambiar los toros de clima templado a tropical (figura 7). Posteriormente, se registraron descensos e incrementos de TR en los siguientes periodos, pero sin llegar nunca a los valores obtenidos en clima templado. Lo anterior, demuestra que los animales no fueron capaces de adaptarse al ambiente tropical durante la época de mayor tensión térmica, puesto que los toros respondían a los cambios climáticos prevaecientes en cada muestreo, como lo indica la relación que presento la TR con la temperatura ambiente y la de bulbo negro (figura 7 y 9). Además, la TR estuvo altamente correlacionada ($p < 0.01$) con la temperatura ambiente, de bulbo negro, máxima, mínima, humedad relativa y precipitación pluvial (cuadro 4). Lo

anterior, confirma que los incrementos de los factores climáticos prevaletientes en las zonas tropicales, provocan un aumento de la carga calórica que reciben los animales y por lo tanto producen un estado de estrés en los toros, que se manifiesta incrementando su TR. Estos resultados coinciden con los reportados para vacas en un clima subtropical (Roman-Ponce et al., 1981b).

La FR también se incrementó al cambiar los animales de clima templado a tropical. En los siguientes periodos de muestreo, se observaron disminuciones y elevaciones de la FR (figura 8), pero nunca regresaron a los valores registrados en clima templado, posiblemente como un efecto de cambios en los factores climáticos que están afectando la termorregulación en un ambiente natural, más que a un proceso de adaptación del ganado. Además, la FR sufrió incrementos y disminuciones en forma estrecha con los cambios de temperaturas ambientales, pero sus valores fueron casi tres veces más elevados en el trópico comparados con los registrados en clima templado. Elevaciones semejantes de FR se han registrado en la época cálida en un clima seco (Wolff y Monty, 1974). Por otra parte, la FR también estuvo correlacionada ($p < 0.01$) con la temperatura ambiente, de bulbo negro, máxima, mínima, humedad relativa y precipitación pluvial (cuadro 4).

En clima trópic, la FR no siguió un patrón definido con los incrementos de TR por periodo de muestreo. Esto puede ser posible, cuando un animal es sometido continuamente a un ambiente cálido, lo que provocará una disminución en las respuestas compensatorias, que pueden ser afectadas en diferentes grados. Si la exposición al estrés es relativamente prolongada, la disminución de la respuesta tiende a ser marcadamente más

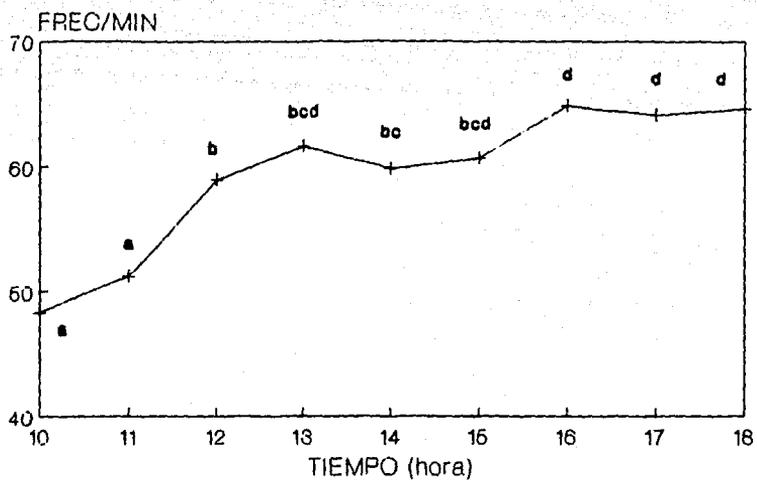


Figura 6.- Efecto de la hora de toma de muestras sobre la frecuencia respiratoria de toros Holstein en clima tropical. El error estandar general fue de 1.2. Distintas literales (a,b,c,d) indican diferencias entre medias ($P < 0.05$).

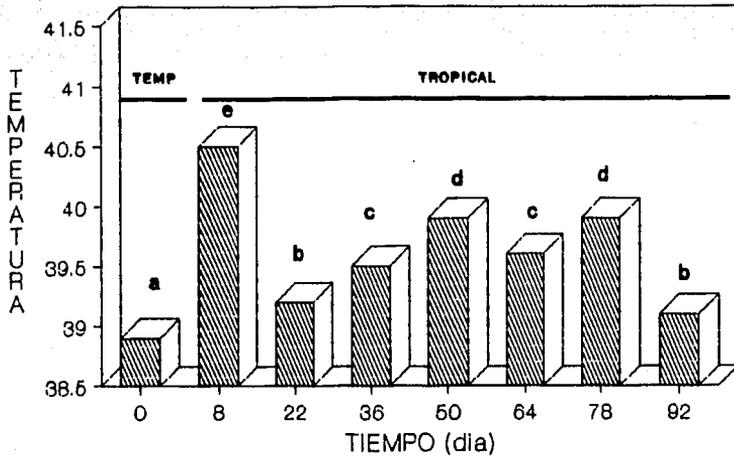


Figura 7.- Efecto del periodo de muestreo sobre la temperatura rectal de toros Holstein en clima templado (temp, día 0) y tropical (día 8 a 92). El error estandar general fue de 0.03. Distintas literales (a,b,c,d,e) indican diferencias entre medias (P < .05).

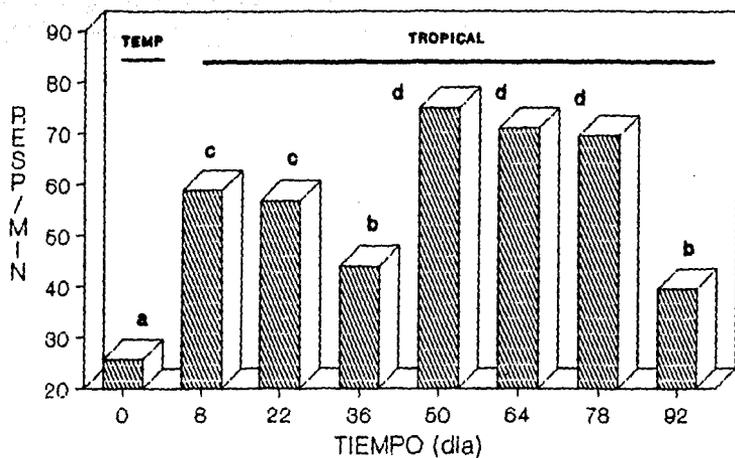


Figura 8.- Efecto del periodo de muestreo sobre la frecuencia respiratoria de toros Holstein en clima templado (temp, día 0) y tropical (día 8 a 92). El error estandar general fue de 1.0. Distintas literales (a,b,c,d) indican diferencias entre medias ($p < 0.05$).

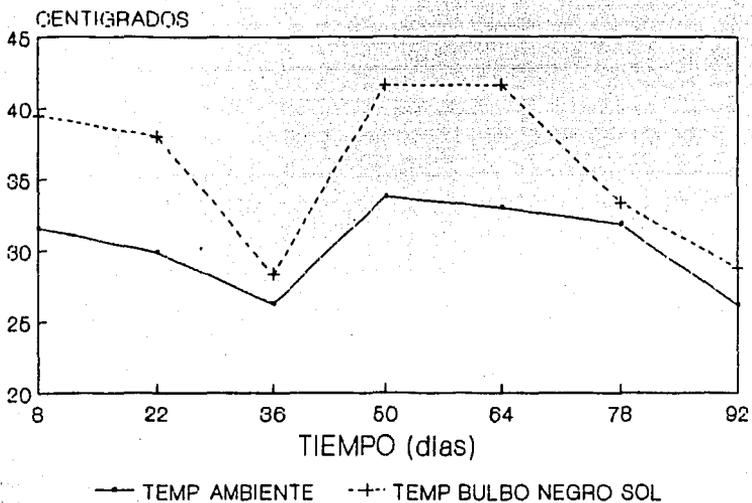


Figura 9.- Promedios de temperatura ambiente y de termómetro de bola negra, por periodo de muestreo de constantes fisiológicas en clima tropical.

CUADRO 4. COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE DE LA TEMPERATURA RECTAL Y FRECUENCIA RESPIRATORIA CON LOS FACTORES CLIMATICOS EVALUADOS EN CLIMA TROPICAL.

FACTOR CLIMATICO	TEMPERATURA RECTAL *	FRECUENCIA RESPIRATORIA *
TEMPERATURA AMBIENTE	0.46 (0.0001)	0.69 (0.0001)
TEMPERATURA DE BOLA NEGRA EN SOL	0.25 (0.0001)	0.47 (0.0001)
TEMPERATURA MAXIMA	0.24 (0.0001)	0.55 (0.0001)
TEMPERATURA MINIMA	0.29 (0.0001)	0.38 (0.0001)
HUMEDAD RELATIVA	0.30 (0.0001)	0.38 (0.0001)
PRECIPITACION PLUVIAL	0.15 (0.0001)	0.15 (0.0001)

* Entre paréntesis nivel de significancia estadística.

afectada. Así, la condición del animal se deteriorará como un resultado del estrés continuo (McDowell et al., 1953c). Como ejemplo de lo anterior, se puede señalar que la respuesta de un animal al calor sería, en primer lugar, incrementando la FR para aumentar el volumen de aire que pasa a través de las vías respiratorias altas para producir la pérdida de calor, pero sin alterar la ventilación alveolar (McDowell et al., 1953c). Si esto no es suficiente, entra en acción otra fase de respiración que se caracteriza por un aumento en el volumen total de aire inspirado y por lo tanto, se registra una menor tasa respiratoria, pero se incrementa la respiración alveolar, como un intento de los animales para regular su temperatura corporal, al introducir una mayor cantidad de aire que esté en contacto con las vías respiratorias altas y por lo tanto perder una mayor cantidad de calor por medio de evaporación (McDowell et al., 1953c).

Es conveniente considerar que la frecuencia respiratoria está sujeta a distintas influencias, como la humedad y temperatura del aire que se registran en un día determinado, lo que afectará la FR que presente un animal para perder calor (McDowell et al., 1953c).

VI.3. LIBIDO.

Como se esperaba, no se observaron diferencias entre tratamientos ($p > .05$) en clima templado (cuadros 5 y 6). Los promedios fueron: NMI (7.1; 7.4 \pm .7), NMC (.2; .5 \pm .2), NMT (7.3; 7.9 \pm .8), TRPM (1.4; 1.7 \pm .4), y TRPMC (5.6; 5.1 \pm .4),

para los toros adaptables y no adaptables respectivamente. En el caso de muestreo en el día, no se encontraron diferencias ($p > .05$) en NMI (7.3; 7.2 \pm .7), NMC (.4; .3 \pm .2) NMT (7.7; 7.5 \pm .8), TRPM (1.6; 1.5 \pm .4) y TRPMC (5.2; 5.5 \pm .4), entre mañana y tarde respectivamente.

Se detectó una interacción de tratamiento por muestreo en el día ($p < .01$), donde los toros con mayor potencial de adaptación al trópico efectuaron más NMI (9.0 \pm 1.9) y NMT (9.4 \pm 2.0) en la tarde ($p < .05$), comparado con NMI (5.2 \pm 1.7) y NMT (5.2 \pm 1.7) realizadas durante la mañana; los toros no adaptables realizaron mayor cantidad de NMI (9.4 \pm 2.3) y NMT (10.2 \pm 2.1) durante la mañana ($p < .05$) y una menor cantidad de NMI (5.4 \pm 1.9) y NMT (5.6 \pm 1.9) en la tarde. Como no hay antecedentes al respecto, estos resultados pueden ser interpretados en dos sentidos : 1) Los toros adaptables al trópico son mas sensibles al calor, por lo tanto, serían menos adaptables a las condiciones tropicales; o bien, 2) que los toros adaptables se reservan para incrementar su actividad sexual cuando hay menos calor (figuras 10 y 11), por consiguiente, probablemente serían más adaptables a un ambiente cálido.

En el trópico (cuadros 7 y 8), nuevamente no se detectaron diferencias entre tratamientos ($p > .05$), además, no hubo interacciones significativas ($p > .05$) como en el caso de clima templado. Por lo tanto, los promedios de NMI (3.2; 2.9 \pm .2), NMC (.2; .3 \pm .1), NMT (3.4; 3.2 \pm .2), TRPM (2.6; 2.9 \pm .2), y TRPMC (5.6; 5.4 \pm .1), fueron semejantes ($p > .05$) para los tratamientos adaptables y no adaptables respectivamente. En el número de muestreo en el día, existieron diferencias ($p < .05$)

entre los promedios de las variables NMI (3.4; $2.7 \pm .2$), NMC (.3; $.2 \pm .1$), NMT (3.8; $2.9 \pm .2$), y TRPM (2.4; $3.1 \pm .2$), pero no hubo diferencias ($p > .05$) en TRPMC (5.4; $5.6 \pm .1$), para las evaluaciones de la mañana y tarde respectivamente. Como puede apreciarse en los resultados anteriores, los toros adaptables y no adaptables tienen un comportamiento semejante en el trópico, pero no en clima templado, por lo tanto, los resultados de las evaluaciones realizadas en clima templado son poco predictoras de lo que podría ocurrir en clima tropical. Por otra parte, se observó que la actividad sexual de los toros disminuyó en el clima cálido comparado con el templado; además, la actividad de los animales fue igual para ambos tratamientos en los dos periodos de evaluación en el día en clima tropical. Debido a lo anterior, se puede decir que el ambiente climático prevalente en el trópico durante la época de mayor tensión térmica, disminuye la capacidad de monta de los toros, sin importar que hayan sido seleccionados como adaptables al trópico o no. Por lo tanto, la baja capacidad de monta que presentaron los toros, podría considerarse como un efecto del calor acumulado durante el día, debido a la radiación solar (temperatura de bulbo negro) a que estaban sujetos los animales (figuras 10 y 11), lo que produce incrementos de TR y FR durante el día, alterando la homeostasis del animal. En lo referente a periodo de muestreo, solamente se detectaron diferencias en NMI ($p < .05$) y NMT ($p < .01$) (cuadros 7, 8 y 9). Los promedios de NMC (cuadro 9), TRPM y TRPMC (cuadro 10), no fueron diferentes ($p > .05$) en los distintos periodos de muestreo realizados en clima tropical. En contraste con las otras variables de libido, el NMI y NMT se

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS (NMI), MONTAS COMPLETAS (NMC) Y MONTAS TOTALES (NMT) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS		MEDIOS
		NMI	NMC	NMT
TRATAMIENTO (TRT)	1	0.45	0.45	1.80
TORO / TRT	8	31.48	0.33	30.38

MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	0.05	0.05	0.20
TRT*NMD	1	76.05a	1.25	96.80a
ERROR	8	5.43	0.28	6.38

a Efecto significativo ($p < 0.01$).

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA (TRPM) Y A PRIMERA MONTA COMPLETA (TRPMC), DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TRPM	TRPMC
TRATAMIENTO (TRT)	1	0.45	1.25
TORO / TRT	8	1.25	1.60

MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	0.05	0.45
TRT*NMD	1	2.45	6.05
ERROR	8	1.25	1.50

(p > 0.05)

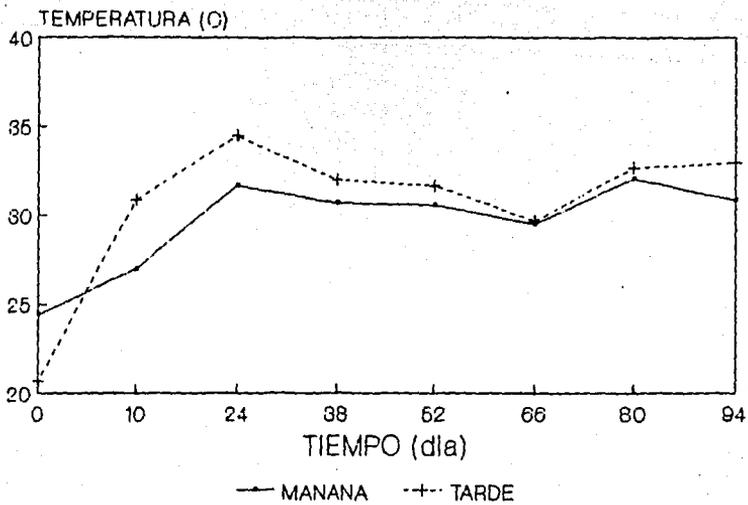


Figura 10.- Promedios de temperatura ambiente (mañana y tarde), durante los periodos de evaluación de la libido en clima templado (día 0) y tropical (día 10 a 94).

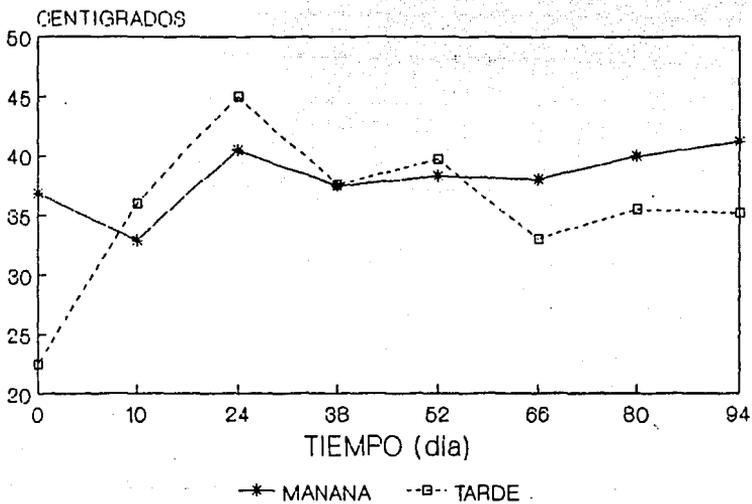


Figura 11.- Promedios de la temperatura de termómetro de bola negra en sol (mañana y tarde), durante los períodos de evaluación de la libido en clima templado (día 0) y tropical (día 10 a 94).

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS (NMI), MONTAS COMPLETAS (NMC) Y MONTAS TOTALES (NMT) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		NMI	NMC	NMT
TRATAMIENTO (TRT)	1	2.58	0.06	1.83
TORO / TRT	8	54.08	1.30	58.78
PERIODO (P)	6	18.06a	0.30	21.05b
TRT*P	6	9.03	0.15	8.75
TORO / TRT*P	48	6.71	0.26	5.95
MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	17.15a	1.21a	27.46b
TRT*NMD	1	0.86	0.01	0.71
P*NMD	6	1.90	0.32	1.51
ERROR	62	3.08	0.28	3.08

a Efecto significativo ($p < 0.05$).

b Efecto significativo ($p < 0.01$).

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA (TRPM) Y A PRIMERA MONTA COMPLETA (TRPMC), DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TRPM	TRPMC
TRATAMIENTO (TRT)	1	2.06	1.40
TORO / TRT	8	18.09	4.79

PERIODO (P)	6	7.73	2.59
TRT*P	6	7.15	0.87
TORO / TRT*P	48	4.08	1.22

MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	17.15a	1.40
TRT*NMD	1	2.06	1.83
M*NMD	6	3.13	1.63
ERROR	62	2.33	1.18

a Efecto significativo ($p < 0.01$).

CUADRO 9. PROMEDIOS POR PERIODO DE MUESTREO PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS (NMI), MONTAS COMPLETAS (NMC) Y MONTAS TOTALES (NMT) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.

PERIODO	V A R I A B L E S		
	NMI	NMC	NMT
1	4.90a	0.30	5.20a
2	3.65b	0.45	4.10a
3	2.75b	0.10	2.85b
4	2.05b	0.15	2.20c
5	2.70b	0.20	2.90b
6	2.40b	0.20	2.60b
7	3.00b	0.35	3.35b
	(0.4)d	(0.1)	(0.4)

a, b, c. Distintas literales por columna denotan diferencias ($p < .05$)
d Entre parentesis = Error estandar.

CUADRO 10. PROMEDIOS POR PERIODO DE MUESTREO PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA (TRPM) Y A PRIMERA MONTA COMPLETA (TRPMC), DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TROPICAL.

PERIODO	V A R I A B L E S	
	TRPM	TRPMC
1	1.70	5.35
2	2.10	4.75
3	3.25	5.85
4	3.35	5.65
5	3.15	5.70
6	2.80	5.60
7	2.90	5.50
	(0.3)a	(0.3)

a Entre paréntesis = error estandar.
(p > 0.05).

redujeron desde la llegada de los toros al trópico y se mantuvieron así hasta el final del experimento (figura 12). Aunque hubo variaciones entre los periodos de muestreo, los valores nunca llegaron a ser como los registrados en clima templado. Esto indica que el ambiente tropical provocó una disminución en la actividad sexual de los toros, lo que podría influir en su capacidad reproductiva si son utilizados en programas de monta natural, ya que se observaron correlaciones negativas ($p < .01$) entre los factores climáticos prevalecientes en esta zona durante el periodo de estudio y el NMI y NMT (cuadro 11).

Al incluir en el análisis de varianza el periodo de muestreo realizado en clima templado (cuadros 12 y 13), se detectó que el tiempo requerido para la primera monta aumentó en el trópico ($p < .05$), en relación con el tiempo en que la realizaron en clima templado. Dicho incremento se observó a partir del tercer periodo de muestreo en clima tropical, y se mantuvo así hasta el final del estudio (figura 13). Esto indica que los animales fueron resintiendo el efecto del estrés térmico del clima tropical en una forma acumulativa, disminuyendo la efectividad de las respuestas del animal para mantener su homeotermia y por lo tanto, no fueron capaces de adaptarse a ese ambiente, dando como resultado que los toros requirieran un mayor tiempo de estímulo sexual (presencia de una vaquilla en estro) para iniciar la monta. Es conveniente señalar que los incrementos de TR y FR permanecieron elevados durante todos los muestreos realizados en el trópico, lo que confirma el efecto acumulativo del estrés térmico.

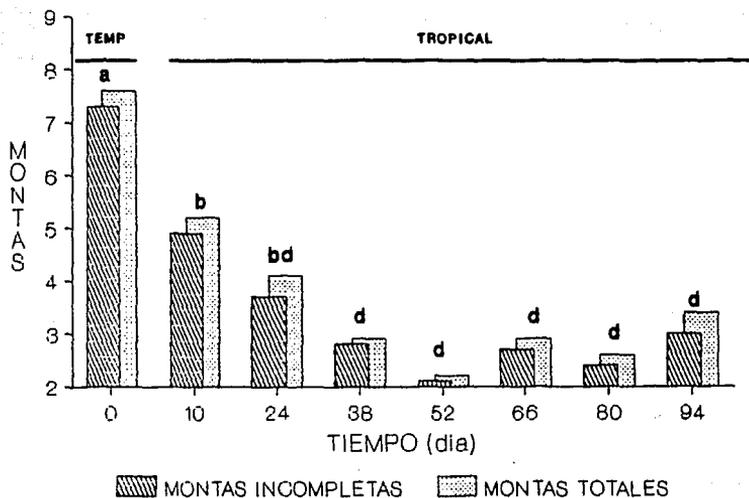


Figura 12.- Efecto del periodo de muestreo, sobre el número de montas incompletas y totales de toros Holstein en clima templado (temp, día 0) y tropical (día 10 a 94). El error estandar general fue de 0.70. Distintas literales (a,b,d) indican diferencias entre medias ($P < 0.05$).

CUADRO 11. COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE DE LAS VARIABLES DE LIBIDO CON LOS FACTORES CLIMATICOS DE CLIMA TROPICAL.

FACTORES CLIMATICOS	MONTAS INCOMPLETAS a	MONTAS TOTALES a
TEMPERATURA AMBIENTE	-0.41 (0.0001)	-0.41 (0.0001)
TEMPERATURA DE BOLA NEGRA EN SOL.	-0.25 (0.001)	-0.24 (0.003)
TEMPERATURA MAXIMA	-0.32 (0.0001)	-0.32 (0.0001)
TEMPERATURA MINIMA	-0.42 (0.0001)	-0.43 (0.0001)
HUMEDAD RELATIVA	-0.32 (0.0001)	-0.32 (0.0001)
PRECIPITACION PLUVIAL	-0.18 (0.02)	-0.18 (0.02)

a Entre paréntesis = nivel de significancia estadística.

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANZA PARA NUMERO DE MONTAS INCOMPLETAS (NMI), MONTAS COMPLETAS (NMC) Y MONTAS TOTALES (NMT) DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL. (a)

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		NMI	NMC	NMT
TRATAMIENTO (TRT)	1	1.60	0.23	0.63
TORO / TRT	8	59.85	1.41	63.53

PERIODO (P)	7	59.28b	0.28	63.96b
TRT*P	7	7.94	0.17	7.93
TORO / TRT*P	56	9.43	0.26	8.76

MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	15.63	1.23c	25.60c
TRT*NMD	1	4.90	0.23	7.23
NMD*P	7	1.85	0.28	1.59
ERROR	71	4.32	0.29	4.68

(a)= Templado: periodo 1;tropico: periodos 2 a 8.
b Efecto significativo (p < 0.01).
c Efecto significativo (p < 0.05).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANZA PARA CALIFICACION DE TIEMPO DE REACCION A PRIMERA MONTA (TRPM) Y A PRIMERA MONTA COMPLETA (TRPMC), DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.(a)

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS	
		TRPM	TRPMC
TRATAMIENTO (TRT)	1	2.50	2.26
TORO / TRT	8	15.97	5.72

PERIODO (P)	7	10.23b	2.27
TRT*P	7	6.13	0.79
TORO / TRT*P	56	3.98	1.14

MUESTREO EN EL DIA (NMD)	1	14.40b	1.81
TRT=NMD	1	3.60	4.56
NMD*P	7	3.10	1.41
ERROR	71	2.19	1.24

(a)= Templado: periodo 1; tropico: periodos 2 a 8.

b Efecto significativo ($p < 0.05$).

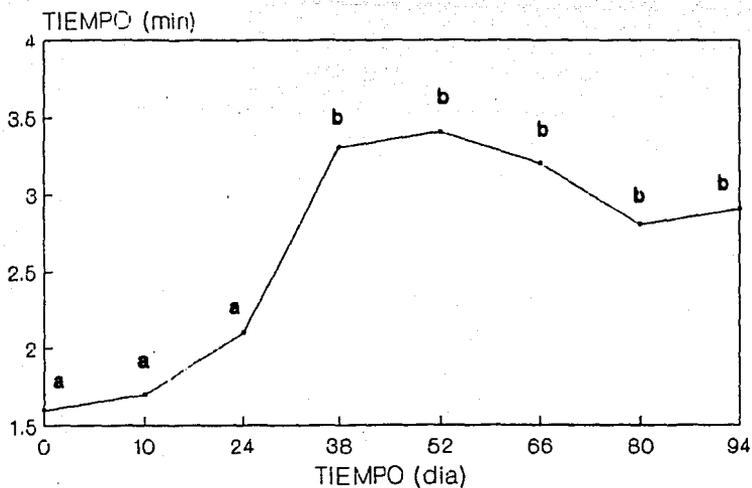


Figura 13.- Tiempo requerido para que los toros Holstein efectuaran la primera monta a vaquillas estrogenizadas en clima templado (día 0) y tropical (día 10 a 94). El error estandar general fue de 0.3. Distintas literales (a,b) indican diferencias entre medias ($P < 0.05$).

VI.4. SEMEN.

Nuevamente, en clima templado no se observaron diferencias ($p > .05$) entre los toros clasificados como adaptables y no adaptables al trópico (cuadro 14). Las variables MOT (53.9; 55.9 ± 3.2), AP (17.4; 17.6 ± 2.9), AS (17.9; 17.1 ± 3.5) y EVI (55.8; 58.9 ± 2.0), fueron semejantes en los toros adaptables y no adaptables respectivamente. Estos promedios están dentro del rango considerado como normal para toros Holstein jóvenes en clima templado (Almquist y Amann, 1976; Foote *et al.*, 1977).

En el trópico (cuadro 15), tampoco existieron diferencias entre tratamientos ($p > .05$). Los promedios de MOT (51.0 \pm 43.9; 28.4 ± 3.1), AP (21.4 \pm 1.3; 22.6 ± 1.7), AS (26.1 \pm 2.1; 26.4 ± 2.8) y EVI (45.2 \pm 1.7; 46.9 ± 2.3), fueron similares ($p > .05$) para los toros adaptables y no adaptables respectivamente. Aunque los coeficientes de correlación simple de MOT (0.1, -0.3, 0.2, -0.04, 0.08, -0.01), AP (0.1, 0.3, -0.1, -0.1, -0.4, -0.2), AS (0.1, 0.2, -0.02, -0.07, 0.3, 0.3) y EVI (0.4, -0.3, 0.08, -0.05, 0.3, 0.2) con los factores climáticos: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura ambiente, temperatura de bulbo negro en sol, humedad relativa y precipitación pluvial respectivamente, no fueron significativas ($p > 0.05$); se puede apreciar que conforme los animales fueron sometidos a tensiones térmicas elevadas (cuadro 16, figura 14), los parámetros seminales se afectaron negativamente demostrando que los toros se encontraban en estado de estrés y no fueron capaces de mantener su homeotermia, lo cual es confirmado por la elevación de TR y FR

durante los periodos de evaluación correspondiente (figuras 7 y 8).

Al comparar el clima templado con el tropical (cuadro 15), no existio efecto de tratamiento ($p > 0.05$), pero se encontraron diferencias por mes de muestreo ($p < 0.01$) en AP, AS, y EVI. Los promedios de MOT disminuyeron en clima tropical pero no fueron diferentes estadísticamente ($p > 0.05$) a los obtenidos en clima templado. En comparación con los promedios obtenidos en el lugar de origen de los animales, las AS se incrementaron y los EVI disminuyeron desde la llegada de los toros al trópico y se mantuvieron así durante la fase experimental en clima cálido (cuadro 16). En el caso de las AP, se incrementaron ($p < .05$) a partir del tercer mes de muestreo en el trópico (septiembre), con relación a los promedio registrados en clima templado y los dos primeros en que los toros estuvieron en clima tropical (julio y agosto).

En lo referente a AS y EVI, es posible que el efecto del clima tropical ocurriera sobre los espermatozoides que se encontraban en el epidídimo, en el momento de llegar los toros al trópico, lo que basicamente concuerda con el tiempo (tres semanas) reportado anteriormente para que estos parámetros seminales se afecten después de la exposición al calor (Meyerhoeffer et al., 1985). Por otra parte, como se mencionó anteriormente, las AP comenzaron a incrementarse ($p < 0.05$) a partir del tercer mes de encontrarse los animales en la zona cálida (septiembre; cuadro 16), por lo tanto existe un efecto dañino del ambiente cálido sobre la espermiogénesis y

espermatoctogénesis, debido al tiempo que se requiere para que se puedan encontrar en el eyaculado este tipo de anomalías de acuerdo al ciclo del epitelio seminífero (Curtis y Amann, 1981). En un trabajo realizado en cámaras climáticas con toros expuestos a 35 C constantes, las anomalías espermáticas regresaron a sus valores normales después de 8 semanas de retirado el estrés calórico (Meyerhoeffer et al., 1985). Además, en un trabajo realizado en condiciones de un centro de inseminación artificial en Wisconsin E.U.A., se detectó un incremento de anomalías espermáticas hasta del 60% en la época cálida, para posteriormente disminuir a los valores considerados como normales en la época fría (Ax et al., 1987); sin embargo, en el trabajo mencionado anteriormente, se tomaron tres muestras de semen con diferencia de una semana entre cada una y con una diferencia de 5 meses entre cada época de evaluación, por lo que, no se puede determinar el tiempo que los animales permanecen con la calidad seminal afectada, ni el momento en que recuperan su espermograma normal. En el presente trabajo, durante el tiempo que duró el experimento, no se obtuvo una mejoría de la calidad seminal, probablemente debido, a que los factores climáticos prevalentes en el trópico durante la época cálida, determinan una temperatura ambiental efectiva elevada durante la mayor parte del día (figura 14), lo que produce un estrés calórico en forma acumulativa en los toros, por lo tanto los animales permanecieron con temperaturas corporales elevadas durante la mayor parte del día, que en forma conjunta con la elevada temperatura ambiental, posiblemente afectan la temperatura testicular.

La calidad del semen se vio afectada por los factores

climáticos prevalentes en el trópico durante la época de mayor tensión térmica como ha sido señalado anteriormente para los meses de verano en clima templado (Sekoni y Gustafsson, 1987) y tropical (Kumi-Diaka et al., 1981). Aunque en los trabajos mencionados anteriormente, la calidad espermática no se afectó drásticamente; en el presente trabajo, los valores de los parámetros seminales estuvieron por debajo de los requerimientos para asegurar una fertilidad adecuada de los toros (Ball et. al., 1983). Además, la calidad seminal de los animales no mejoró durante las evaluaciones realizadas en clima tropical, por lo tanto los animales fueron afectados en su capacidad reproductiva por las altas temperaturas de la época cálida y no mejoraron durante el tiempo que duró el estudio en clima cálido y no fueron capaces de efectuar algún tipo de adaptación al clima de esta zona en la época en que fueron introducidos a ella.

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANZA PARA MOTILIDAD PROGRESIVA (MOT), ANORMALIDADES PRIMARIAS (AP), SECUNDARIAS (AS) Y ESPERMATÓZOIDES VIVOS (EVI), DE TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS *			
		MOT	AP	AS	EVI
TRATAMIENTO	1	10.16	0.15	1.51	24.07
ERROR	8	50.30	42.08	59.71	20.85

* Datos transformados a arco-seno.
($p > .05$)

CUADRO 15. ANALISIS DE VARIANZA PARA MOTILIDAD PROGRESIVA (MOT), ANORMALIDADES PRIMARIAS (AP), SECUNDARIAS (AS), Y ESPERMATOZOIDES VIVOS (EVI), EN TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.

FUENTE DE LA VARIACION	gl	CUADRADOS MEDIOS a			
		MOT	AP	AS	EVI
TRATAMIENTO (TR)	1	194.0	18.7	20.4	36.4
TORO / TR	8	142.2	51.2	83.3	24.1
MES DE MUESTREO (M)	4	276.1	130.9b	326.5b	269.6b
TR * M	4	56.1	8.5	47.6	14.1
ERROR	32	113.4	29.1	67.1	50.1

a Datos transformadas a arco-seno.

b Efecto significativo ($p < 0.01$).

CUADRO 16. EFECTO DE MES DE MUESTREO SOBRE MOTILIDAD PROGRESIVA (MOT), ANORMALIDADES PRIMARIAS (AP), ANORMALIDADES SECUNDARIAS (AS), Y ESPERMATZOIDES VIVOS (EVI), EN TOROS HOLSTEIN EN CLIMA TEMPLADO Y TROPICAL.^a

MES DE MUESTREO	V A R I A B L E S % ^b			
	MOT	AP	AS	EVI
JULIO (TEMPLADO)	54.9±3.4	17.5±1.7c	17.5±2.6c	57.4±2.2c
JULIO (TROPICO)	54.5±3.4	16.4±1.7c	25.1±2.6de	49.3±2.2d
AGOSTO	43.4±3.2	21.8±1.6c	33.3±2.5df	47.9±2.2d
SEPTIEMBRE	45.9±5.4	25.2±2.7d	23.0±4.1e	40.8±3.6d
OCTUBRE	46.6±4.6	25.2±2.3d	26.9±3.5de	46.2±3.1d

a Datos transformados a arco-seno.

b (x ± e e)

c, d, e, f. Distintas literales por columna indican diferencias entre medias (p < 0.05)

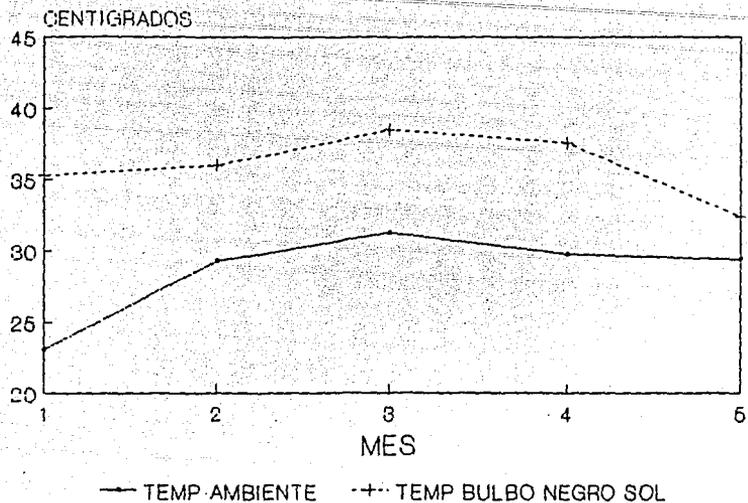


Figura 14.- Promedios de temperatura ambiente y del termómetro de bola negra en el sol, durante los periodos de muestreo para evaluar la calidad seminal en clima templado (1 = julio) y tropical (2 = julio; 3 = agosto; 4 = septiembre; 5 = octubre).

VI.5. RESUMEN

La edad, peso corporal inicial y las ganancias de peso durante el estudio fueron similares para los toros adaptables y no adaptables, lo que evitó la presencia de factores confundidos que hubieran podido enmascarar los efectos de las variables de interés en la presente tesis.

Como se esperaba, en clima templado, no existieron diferencias entre tratamientos en las respuestas fisiológicas TR FR, para los toros adaptables y no adaptables. Esto indica, que en ausencia de condiciones climáticas extremas o de actividad física intensa, los toros sean o no tolerantes a tensiones térmicas elevadas, tendrán un comportamiento semejante.

Se registraron variaciones de la TR entre las horas de toma de muestras en clima templado. El primer incremento de la TR coincidió con elevaciones de la temperatura ambiental y del termómetro de bola negra, pero aunque estas últimas variables disminuyeron por la tarde, la TR permaneció elevada. Lo anterior indica que la TR una vez que aumenta, requiere de un período relativamente largo (fase nocturna) de tensión térmica reducida para volver a los valores iniciales de la fase diurna.

Las variaciones de la FR durante el día en clima templado no fueron significativas. Sin embargo, los incrementos numéricos de la FR coincidieron con los aumentos de la TR, indicando que aun dentro de la zona termoneutral para los toros Holstein, la FR es uno de los mecanismos que mantienen la homeotermia.

En el trópico, no se detectaron diferencias entre toros

adaptables y no adaptables en TR y FR. Esto indica que las pruebas usadas en México para seleccionar toros adaptables al trópico no son eficaces. Consecuentemente, es necesario enfocar la investigación hacia la identificación de una o más características físicas, fisiológicas o metabólicas que estén asociadas con la capacidad de adaptación de los animales a nuevas condiciones ambientales.

Tanto en toros adaptables como no adaptables, en clima tropical se observaron efectos de periodo y hora de muestreo sobre la TR y FR. Así mismo, se detectó la interacción entre ambos factores. Esto último, indica que las variaciones de TR y FR durante la fase diurna siguen distintos patrones cuando las condiciones climáticas cambian.

En el caso de hora de muestreo en clima tropical, la TR registrada a las 1000 h fué similar a los valores máximos observados en clima templado. Con relación a dicha hora, la TR aumentó en forma lineal desde las 1100 h, para alcanzar los valores máximos entre las 1600 y las 1800 h. La TR no disminuyó en el transcurso del día y fué necesario que transcurriera la fase nocturna, para volver a los valores diurnos iniciales.

En el trópico, la FR aumentó en el transcurso de la fase diurna en forma escalonada. El primer incremento se detectó una hora después de la primera elevación de la TR. Además, como fue el caso de la TR, los valores máximos de FR fueron registrados durante las tres últimas horas de muestreo. Esto apoya el concepto de que el incremento de la temperatura corporal provoca el inicio de los mecanismos de enfriamiento, entre ellos el incremento de la FR. Además, demuestra el esfuerzo que tienen que

realizar los animales para mantener su homeotermia al ser cambiados de un clima templado a otro, donde la alta tensión térmica provoca un estado de estrés.

En lo referente al periodo de muestreo, el incremento más pronunciado de la TR fué al cambiar los toros de clima templado a tropical. Posteriormente, se registraron descensos e incrementos de la TR en los siguientes periodos, pero sin llegar nunca a los valores obtenidos en clima templado. Además, la TR estuvo altamente correlacionada con las temperaturas ambiente, de bola negra, máxima, mínima, con la humedad relativa y la precipitación pluvial. Lo anterior, demuestra que los animales no fueron capaces de adaptarse al ambiente tropical durante la época de mayor tensión térmica, puesto que los toros respondieron a los cambios climáticos prevalentes en cada muestreo.

La FR también se incrementó al cambiar los animales de clima templado a tropical. En los siguientes periodos de muestreo, se observaron disminuciones y elevaciones de FR, pero sus valores nunca regresaron a los registrados en clima templado. Además, la FR también estuvo correlacionada con los factores climáticos evaluados en el trópico. Lo anterior, posiblemente es un efecto de cambios en el clima en un ambiente natural que están afectando la termorregulación.

En lo referente a libido, no se observaron diferencias en clima templado entre los toros adaptables y no adaptables en las características de comportamiento sexual evaluadas. Esta observación se suma a la relacionada con TR y FR, para confirmar que las pruebas empleadas no son eficaces.

Se detectó una interacción de tratamiento por muestreo en el

día en clima templado, donde los toros con mayor potencial de adaptación al trópico efectuaron más NMI y NMT en la tarde, que durante la mañana. Los toros no adaptables, en cambio, realizaron mayor cantidad de NMI y NMT durante la mañana que por la tarde. Como no hay antecedentes al respecto, estos resultados pudieran ser interpretados en dos sentidos: 1) Los toros adaptables al trópico son más sensibles al calor, por lo tanto, serían menos adaptables a las condiciones tropicales; o bien, 2) que los toros adaptables se reservan para incrementar su actividad sexual cuando hay menos calor, por consiguiente, probablemente serían más adaptables a un ambiente cálido. Sin embargo, en el trópico, no se detectaron diferencias entre tratamientos ni en las interacciones evaluadas. En el número de muestreo en el día, existieron diferencias en NMI, NMC, NMT, y TRPM para los muestreos de mañana y tarde. Los toros adaptables y no adaptables presentaron un comportamiento semejante en el trópico, pero no en clima templado. Por lo tanto, los resultados de las evaluaciones realizadas en clima templado no permiten predecir el comportamiento de los toros en clima tropical.

En lo referente a periodo de muestreo, solamente se detectaron diferencias en NMI y NMT. En contraste con las otras variables de libido, las NMI y NMT se redujeron desde la llegada de los toros al trópico y se mantuvieron así hasta el final del experimento. Aunque hubo variaciones entre los periodos, los valores nunca llegaron a ser similares a los registrados en clima templado.

Se detectó que el tiempo requerido para la primera monta aumentó en el trópico, en relación con el tiempo en que la

realizaron en clima templado. El incremento se observó a partir del tercer periodo de muestreo en clima tropical y se mantuvo así hasta el final del estudio. Esto confirma que los toros resintieron el efecto del estrés térmico del clima tropical en una forma acumulativa, disminuyendo la velocidad de respuesta a estímulos sexuales para mantener su homeotermia. Por lo que, se puede considerar que los toros no fueron capaces de adaptarse al trópico y por lo tanto requirieron de un mayor tiempo de estímulo sexual para inducirlos a efectuar la primera monta.

Al analizar los promedios de los parámetros seminales evaluados en clima templado, no se observaron diferencias entre los toros clasificados como adaptables y no adaptables al trópico, lo que prueba que ambos grupos eran homogéneos al respecto, al inicio de la prueba.

En clima tropical, tampoco existieron diferencias entre características seminales de toros supuestamente adaptables al trópico y los que no lo son. Lo que confirma una vez más que las pruebas empleadas no son eficaces.

Al comparar las características seminales de los toros bajo climas templado y tropical, se encontraron diferencias por mes de muestreo en AP, AS y EVI. En comparación con los promedios en su lugar de origen, las AS se incrementaron y los EVI disminuyeron desde la llegada de los toros al trópico, y se mantuvieron así durante la fase experimental en clima cálido. Aparentemente los efectos del clima tropical fueron ejercidos sobre los espermatozoides que se encontraban en epidídimo, en el momento de llegar los toros al trópico. Aunque no se detectaron correlaciones entre los factores climáticos evaluados en clima

tropical con las variables seminales medidas, se observó que al prolongarse el periodo en que los animales fueron sometidos a tensiones térmicas elevadas, los parámetros seminales se afectaron cada vez más, demostrando efectos acumulativos ambientales e incapacidad de los toros para adaptarse al trópico durante la estación más cálida del año.

Las AP, se incrementaron a partir del tercer mes de muestreo en el trópico. Por lo tanto, existe un efecto dañino del ambiente cálido sobre la espermiogénesis y la espermatocitogénesis.

Puesto que la calidad seminal y la libido de los toros disminuyeron durante el periodo de estudio, podemos decir que se requieren más de 90 días para que empiecen a actuar como seminales aceptables, al menos cuando son trasladados al trópico durante la época cálida.

Para aclarar en una forma más precisa como afecta la carga calorosa de un ambiente tropical a los testículos y sus funciones, es necesario, por una parte, realizar estudios sobre los perfiles hormonales de los toros cuando son introducidos al trópico en la época más cálida. Por otro lado, realizar estudios histológicos de los testículos, para cuantificar el daño que pudiera causar en un momento dado la tensión térmica elevada prevalente en el trópico. Aunado a lo anterior, se tendrían que introducir toros de clima templado a tropical en la época menos cálida para determinar si el ambiente climático más benigno de la época mencionada propicia que los toros manifiesten procesos de aclimatación que les permita mantener su homeotermia en la época más cálida, para que no sean afectados tan drásticamente en su comportamiento fisiológico y reproductivo.

VII. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se determinó que al trasladar toros holstein de clima templado a tropical durante la época de mayor tensión térmica, se manifiestan cambios marcados en sus constantes fisiológicas, parámetros seminales y de libido, disminuyendo drásticamente su capacidad reproductiva.

Puesto que dichos cambios se mantuvieron durante el estudio, una interpretación es que: Los toros Holstein no son capaces de adaptarse fisiológicamente ni reproductivamente a las zonas tropicales durante la época de mayor tensión térmica.

Todos los factores climáticos evaluados, afectan las constantes fisiológicas y el comportamiento reproductivo de los toros Holstein en clima tropical.

Finalmente y con base en las constantes fisiológicas, en medidas de calidad seminal y en las observaciones de la libido, se concluye que las pruebas utilizadas en México para seleccionar toros Holstein con mayor capacidad de adaptación al trópico no son eficaces.

VIII. LITERATURA CITADA

Almquist, J.O. and R.P. Amann. 1976. Reproductive capacity of dairy bulls. XI. Puberal characteristics and postpuberal changes in production of semen and sexual activity of Holstein bulls ejaculated frequently. *J. Dairy Sci.*, 59: 986.

Anderson, E.B. 1977. Temperature regulation and environmental physiology. in: *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. Ed. Swenson J.M., Comstock Publishing Associates, a Division of Cornell University Press. P: 686.

Anderson, V.L. and R.A. McLean. 1974. Design of experiments. A Realistic Approach. Marcel Dekker, Inc., New York USA.

Ax, L.R., G.R. Gilbert and G.E. Shook. 1987. Sperm in poor quality semen from bulls during heat stress have a lower affinity for binding hydrogen-3 heparin. *J. Dairy Sci.*, 70:195.

Ball, L., R.S. Ott, R.G. Mortimer and J.C. Simons. 1983. Manual for breeding soundness examination of bulls. *Journal of the Society for Theriogenology*. vol. XII.

Benezra, R.V.M. 1954. A new index for measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. *J. Anim. Sci.*, 13: 1015.

Berman, A. 1967. Diurnal and seasonal changes in bivariate respiratory functions in a subtropical climate. *Aust. J. Agric. Res.* 18: 849.

Berman, A. 1968. Nychthemeral and seasonal patterns of thermoregulation in cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 19: 181.

Berman, A., S. Amir and R. Volcani. 1963. The relationship between the rate of heat production and the level of milk production in a subtropical climate. *Aust. J. Agric. Res.* 16:181.

Berry, L.I. and M.D. Shanklin. 1961. Physical factors affecting thermal insulation of livestock hair coats. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 802.

Bianca, W. 1961. Heat tolerance in cattle-its concept, measurement and dependence on modifying factors. *Int. J. Biometeor.*, 5:5.

Bianca, W. 1963. Rectal temperature and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. *J. Agric. Sci.*, 60:113.

Bianca, W. 1964. Thermoregulatory responses of the dehydrated or to drinking cold and warm water in a warm environment. *Res. Vet. Sci.*, 5:75.

Bianca, W. 1965. Reviews of the progress of Dairy Science. Section A. Physiology cattle in a hot environment. J. Dairy Res., 32:291.

Biggers, G.B., 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.

Bligh, J. 1966. The thermosensitivity of the Hypothalamus and thermoregulation in mammals. Biol. Rev., 41:317.

Bond, J. and R.E. McDowell. 1972. Reproductive performance and physiological responses of beef females as affected by a prolonged high environmental temperature. J. Anim. Sci., 35:4:820.

Bonsma, J.C. 1949. Breeding cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environment. J. Agric. Sci., 39:204.

Branton, C. 1971. Efecto de los factores climáticos sobre la producción de leche en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. XIX Congreso Mundial de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. P: 29.

Brody, S. 1948. Physiological backgrounds. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 423.

Brody, S., H.E. Dale and R.E. Stewart. 1955. Interrelations between temperatures of rumen (at various depths), rectum, blood, and environmental air; and the effects of an antipyretic, feed and water consumption. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 593.

Brody, S., A.C. Ragsdale, H.J. Thompson and D.M. Worstell. 1954. The effect of wind on milk production, feed and water consumption and body weight in dairy cattle. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 545.

Cargill, B.F., R.E. Stewart and H.D. Johnson. 1962. Effect of humidity on total room heat and vapor dissipation of Holstein cows at 65, 80 and 90 F. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 794.

Colditz, J.P. and R.C. Kellaway. 1972. The effect of diet and heat stress on feed intake, growth and nitrogen metabolism in Friesian, F1 Brahman x Friesian and Brahman heifers. Aust. J. Agric. Res., 23:717.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1979. Programa de desarrollo agropecuario y forestal.

Curtis, K.S. and R.P. Amann. 1981. Testicular Development and Establishment of Spermatogenesis in Holstein Bulls. J. Anim. Sci., 53:6:1645.

Chenoweth, J.P. 1983a. Sexual Behavior of the bull: A Review. J. Dairy Sci., 66:173.

Chenoweth, J.P. 1983b. Examination of bulls for libido and breeding ability. *Veterinary Clinics of North America: Large Animal Practice*, 5:1:59.

Chenoweth, J.P., P.W. Farid, E.R. Mateos, G.P. Rupp and J.E. Pexton. 1984. Breeding soundness and sex drive by breed and age in beef bulls used for natural mating. *Theriogenology* 22:341.

Dale, E.H., G.J. Burge and S. Brody. 1956. Environmental temperature and blood volume. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 608.

Dantzer, R. and P. Mormède. 1983. Stress in farm animals: A Need for Reevaluation. *J. Anim. Sci.*, 57:1:6.

Da Silva, G.M. 1973. Improving tropical beef cattle by simultaneous selection for weight and heat tolerance. Heritabilities and correlations of the traits. *J. Anim. Sci.*, 37:3:637.

De Alba, J. and S. Riera. 1966. Sexual maturity and spermatogenesis under heat stress in the bovine. *Anim. Prod.*, 8:137.

Dinius, A.D., J.F. Kavanaugh and B.R. Baumgardt. 1969. Regulation of food intake in ruminants. 7. Interrelations between food intake and body temperature. *J. Dairy Sci.*, 53:4:438.

Dowling, F.D. 1956. An experimental study of heat tolerance of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 7:469.

Dowling, F.D. 1959a. The medullation characteristics of the hair coat as a factor in heat tolerance of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 10:736.

Dowling, F.D. 1959b. The significance of the coat in heat tolerance of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 10:744.

Dunlap, E.S. and C.K. Vincent. 1971. Influence of postbreeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 32:6:1216.

Farid, A., M. Makarechian, R.T. Berg and M.A. Price. 1989. Variations in and relationships between reproductive performance and growth parameters in yearling beef bulls in single-sire mating at pasture. *Can. J. Anim. Sci.*, 69:39.

Fernández-Baca, S., R.G. De Lucia y C.L. Jara. 1986. México, producción de leche y carne en pastos tropicales, una experiencia en el trópico húmedo. *Revista Mundial de Zootecnia*, 58:2.

Finch, A.V. 1985. Comparison of non evaporative heat transfer in different cattle breeds. *Aust. J. Agric. Res.*, 36:497.

Finch, A.V. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.*, 62:531.

Finch, A.V. and D. Western. 1977. Cattle colors in pastoral herds: Natural selection or social preference?. *Ecology*, 58:1384.

Foote, H.R., G.E. Seidel Jr., J. Hahn, W.E. Berndtson and G.H. Coulter. 1977. Seminal quality, spermatozoal output and testicular changes in growing Holstein bulls. *J. Dairy Sci.*, 60:85.

Fuquay, W.J. 1981. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.*, 52:1:164.

Ganong, F.W. 1982. *Fisiología medica. El Manual Moderno.* México D.F., P:532.

Garcia, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.* Instituto de geografía, UNAM. México.

Garcia, L. y S. Rodriguez. 1975a. Aspectos genéticos de la tolerancia al calor húmedo de hembras Holstein. I. Relación con el comportamiento productivo. *Rev. Cub. Cienc. Vet.*, 6:9.

Garcia, L. y O.N. Rodriguez. 1975b. Estudio comparativo de la tolerancia al calor de novillos Holstein, Cebú y F1 Holstein x Cebú en clima cálido-húmedo. *Rev. Cub. Cienc. Vet.*, 6:19.

Gengler, R.W., F.A. Martz and H.D. Johnson. 1970. Effect of temperature on food and water intake and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, 53:4:434.

Greig, A.W. and W.I.M. McIntyre. 1979. Diurnal variation in rectal temperature of N'DAMA cattle in the Gambia. *Br. Vet. J.*, 135:2:113.

Guichandut, J.J. 1977. *Ambientación de los animales. en: Ganadería Tropical.* ed. Helman B.M., El Ateneo. Buenos Aires Argentina, P:29.

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

Hammel, H.T. 1955. Thermal properties of fur. *Am. J. Physio.*, 182:369.

Hertzam, A.B. 1959. Vasomotor regulation of the cutaneous circulation. *Physiol. Rev.*, 39:280.

Hutcheson, P.D. and N.A. Cole. 1986. Management of transit-stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.*, 62:555.

Ingraham, H.R., D.D. Gillette and D.W. Wagner. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. *J. Dairy Sci.*, 57:4:476.

Johnson, D.H. 1965. Response of animals to heat. *Meteor. Monographs.*, 6:28:109.

Johnson, D.H. and A.C. Ragsdale. 1959. Effects on constant environmental temperatures of 50 and 80 F on the growth responses of Holstein, Brown Swiss and Jersey calves. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 705.

Johnson, D.H., Chu Shang Cheng and A.C. Ragsdale. 1958. Comparison of the effect of environmental temperature on rabbits and cattle. Part 2. Influence of rising environmental temperature on the physiological reactions of rabbits and cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 648.

Johnson, D.H., A.C. Ragsdale, I.L. Berry and M.D. Shanklin. 1962. Effect of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 791.

Johnson, D.H., A.C. Ragsdale, I.L. Berry and M.D. Shanklin. 1963. Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 846.

Johnson, D.H., A.C. Ragsdale, J.D. Sikes, J.I. Kennedy, E.B. O'bannon and D. Hartman. 1961. Surface area determinations of beef and dairy calves during growth at 50 and 80 F environmental temperatures. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 770.

Joshi, C.B., R.E. McDowell and D.P. Sadhu. 1968. Surface evaporation from the normal body surface and with sweat glands inactivated in Indian cattle. *J. Dairy Sci.*, 51:6:915.

Kelly, W.J. and V. Hurst. 1963. The effect of season on fertility of the dairy bull and the dairy cow. *J.A.V.M.A.*, 143:1:40.

Kibler, H.H. 1957. Energy metabolism and cardiorespiratory activities in Shorthorn, Santa Gertrudis and Brahman Heifers during growth at 50 and 80 F temperatures. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 643.

Kibler, H.H. 1960. Energy metabolism and related thermoregulatory reactions in Brown Swiss, Holstein and Jersey calves during growth at 50 and 80 F temperatures. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 743.

Kibler, H.H. and S. Brody. 1949. Influence of temperature, 50 to 5 F and 50 to 95 F, on heat production and cardiorespiratory activities of dairy cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 450.

Kibler, H.H. and S. Brody. 1950. Effects of temperature, 50 to 105 F and 50 to 9 F on heat production and cardiorespiratory activities in Brahman, Jersey and Holstein cows. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 464.

Kibler, H.H. and S. Brody. 1953. Influence of humidity on heat exchange and body temperature regulation in Jersey, Holstein, Brahman and Brown Swiss cattle. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 522.

Kibler, H.H. and S. Brody. 1954a. Influence of wind on heat exchange and body temperature regulation in Jersey, Holstein, Brown Swiss and Brahman cattle. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 552.

Kibler, H.H. and S. Brody. 1954b. Influence of radiation intensity on evaporative cooling, heat production and cardiorespiratory activities in Jersey, Holstein and Brahman cows. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 574.

Kibler, H.H. and R.G. Yeck. 1959. Vaporization rates and heat tolerance in growing Shorthorn, Brahman and Santa Gertrudis calves raised at constant 50 and 80 F temperatures. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 701.

King, L.V., S.K. Denise, D.V. Armstrong, M. Torabi and F. Wiersma. 1988. Effects of a hot climate on the performance of first lactation of Holstein cows grouped by coat color. J. Dairy Sci., 71:1093.

Kolb, E. 1974. Fisiología de la respiración. en: FISILOGIA VETERINARIA. Ed. Acribia, Zaragoza España., P:587.

Kumi-Diaka, J., V. Nagaratnam and S.J. Rwuaan. 1981. Seasonal and age-related changes in semen quality and testicular morphology of bulls in a tropical environment. Vet. Rec., 3:13.

Kumi-Diaka, J. and R. Zemjaniz. 1978. Seasonal variations in spermatogenesis in bulls indigenous to Nigeria. Br. Vet. J., 134:537.

Lane, M.S., G.H. Kiracofe, J.V. Craig and R.R. Schalles. 1983. The effect of rearing environment on sexual behavior of young beef bulls. J. Anim. Sci., 57:5:1084.

Lefcourt, M.L. and E. Schmidtman. 1989. Body temperature of dry cows on pasture: Environmental and behavioral effects. J. Dairy Sci., 72:3040.

Makarechian, M., A. Farid and R.T. Berg. 1985. Evaluation of bull and cow fertility at pasture in single-sire mating. Can. J. Anim. Sci., 65:799.

McDowell, R.E. 1972. Improvement of Livestock Production in Warm Climates. W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA. Chapt., 1.

McDowell, R.E., D.H.K. Lee and M.H. Fohrman. 1953a. The relationship of surface area to heat tolerance in Jerseys and Sindhi-Jersey (F1) crossbred cows. J. Anim. Sci., 12:747.

McDowell, R.E., D.H.K. Lee, M.H. Fohrman and R.S. Anderson. 1953b. Respiratory activity as an index of heat tolerance in Jersey and Sindhi x Jersey (F1) crossbred cows. J. Anim. Sci., 12:573.

McDowell, R.E., C.A. Matthews, K.H.D. Lee and M.H. Fohrman. 1953c. Repeatability of an experimental heat tolerance test and the influence of season. J. Anim. Sci., 12:757.

Menendez, B.A., J.R. Morales, A.P. Perez y D. Guerra. 1983. Seasonal variation in semen production of Holstein, Zebu and criollo bulls under artificial insemination conditions in Cuba. in: Reproduction des Ruminants en zone tropicale, Pointe-à-Pitre (F.W.U). Ed. INRA, (Les Colloques de L'INRA, No 20), 239.

Meyerhoefer, C.D., R.P. Wettemann, S.W. Coleman and M.E. Wells. 1985. Reproductive criteria of beef bulls during and after exposure to increased ambient temperature. J. Anim. Sci., 60:2:352.

Miljkovic, V., S. Vasinovic, G. Mrvos, R. Perkucin, V. Jovanovic, V. Stojadinovic and M. Basic. 1980. Results of investigation of fertile capability of the bull sperm in the course of the year. 9th. International Congress on Animal Reproduction and A.I., Madrid Spain, Ed. Garsi. Summary 6-25: P:287.

Moran, B.J. 1973. Heat tolerance of Brahman cross, Buffalo, Banteng and Shorthorn steers during exposure to sun and as a result of exercise. Aust. J. Agric. Res., 24:775.

NRC. 1979. Nutrient Requirements of domestic animals. Eighth Revised. Ed. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C., USA.

NRC. 1982. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press, Washington, D.C., USA.

Pani, S.N., S. Guha and P. Bhattacharya. 1974. Studies on estimation of body surface area of Indian cattle. I. Body surface area from body weight. Indian J. Dairy Sci., 27:3:197.

Peters, R.R., L.T. Chapin, R.S. Emery and H.A. Tucker. 1980. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods. J. Anim. Sci., 51:1148.

Peters, R.R., L.T. Chapin, K.B. Leining and H.A. Tucker. 1978. Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. Science. 199:911.

Petitclerc, D., L.T. Chapin, R.S. Emery and H.A. Tucker. 1983. Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.*, 57:892.

Phillips, W.P., B. Knapp, L.C. Heemstra and O.N. Eaton. 1943. Seasonal variation in the semen of bulls. *Am J. Vet. Res.*, IV:11:115.

Pratt, R.B. and R.P. Wettemann. 1986. The effect of environmental temperature on concentrations of Thyroxine and Triiodothyronine after Thyrotropin releasing Hormone in steers. *J. Anim. Sci.*, 62:1346.

Ragsdale, C.A., H.J. Thompson, D.M. Worstell and S. Brody. 1950. Milk production and feed and water consumption response of Brahman, Jersey and Holstein cows to changes in temperature, 50 to 105 F and 50 to 8 F. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 460.

Ragsdale, C.A., H.J. Thompson, D.M. Worstell and S. Brody. 1951. Influence of increasing of temperature, 40 to 105 F on milk production in Brown Swiss cows, and on feed and water consumption and body weight in Brown Swiss and Brahman cows and heifers. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 471.

Ragsdale, C.A., H.J. Thompson, D.M. Worstell and S. Brody. 1953. The effect of humidity on milk production and composition, feed and water consumption, and body weight in cattle. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 521.

Rhoad, O.A. 1944. The Iberia heat tolerance test for cattle. *Trop. Agric.*, XXI:9:162.

Riemerschmid, G. and J.S. Elder. 1945. The absorptivity for solar radiation of different coloured hairy coats of cattle. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*. 20:2:223.

Román-Ponce, H. 1978. Efectos del estrés térmico sobre la fertilidad del ganado bovino. *Ciencia Veterinaria, UNAM*, 2:265.

Román-Ponce, H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria, UNAM*, 3:393.

Román-Ponce, H., H. Barradas y F. Rodriguez. 1977. Resultados de investigación en alimentación de ganado productor de leche en el trópico. *Memorias de la XIV Reunion Anual del INIP, Sección trópico*, P:50.

Román-Ponce, H., W.W Thatcher, R.J. Collier and C.J. Wilcox. 1981a. Hormonal responses of lactating dairy cattle to TRH and ACTH in a shade management system within a subtropical environment. *Theriogenology* 16:2:131.

Román-Ponce, H., W.W. Thatcher and C.J. Wilcox. 1981b. Hormonal interrelationship and physiological responses of lactating dairy cows to a shade management system in a subtropical environment. *Theriogenology* 16:2:139.

Saxena, B.V. and S.S. Tripathi. 1979a. A note on abnormal spermatozoa in semen of Jersey bulls. *Indian J. Anim. Sci.*, 49:9:738.

Saxena, B.V. and S.S. Tripathi. 1979b. A note on morphological abnormalities of spermatozoa of cross-bred bulls. *Indian J. Anim. Sci.*, 49:10:849.

Saxena, B.V. and S.S. Tripathi. 1981. Note on seasonal variation in abnormalities of spermatozoa of cross-bred bulls. *Indian J. Anim. Sci.*, 51:9:891.

Seath, D.M. and G.D. Miller. 1946. Effect of warm weather on grazing performance of milking cows. *J. Dairy Sci.*, 29:199.

Sekoni, O.V. and B.K. Gustafsson. 1987. Seasonal variation in the incidence of sperm morphological abnormalities in dairy bulls regularly used for artificial insemination. *Br. Vet. J.*, 143:312.

Soria, R.J., R. Aveldaño y C.A. Ortiz. 1987. Levantamiento Fisiográfico del estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH, México.

Stewart, R.E. and S. Brody. 1954. Effect of radiation intensity on hair and skin temperatures and on respiration rates of Holstein, Jersey and Brahman cattle at air temperatures 45, 70 and 80 F. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 561.

Stewart, R.E., E.E. Pickett and S. Brody. 1951. Effect of increasing temperatures, 65 to 95 F, on the reflection of visible radiation from the hair of Brown Swiss and Brahman cows. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 484.

Tenney, M.S. 1977. Respiration in mammals. in: *Dukes' Physiology of domestic animals*. Ed. Swenson, J.M., Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press. P:175.

Thatcher, W.W. 1974. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.*, 57:3:360.

Thatcher, W.W. and R.J. Collier. 1983. Efecto del calor sobre la productividad animal. Universidad de Florida, Gainesville Flo., Mimeografo.

Thomas, K.C., K.N.S. Sharma, G.C. Georgie and M.N. Razdan. 1973. A new heat-tolerance index for cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, 43:6:505.

Thompson, J.H. 1957. Influence of humidity and wind on heat loads withing dairy barns. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 618.

Thompson, J.H. 1973. Review of the progress of dairy science: Climatic Physiology of cattle. J. Dairy Res., 40:441.

Thompson, J.H., D.M. Worstell and S. Brody. 1953. The effect of humidity on insensible weight loss, total vaporized moisture, and surface temperature in cattle. Mo. Agr. Exp. sta. Res. Bull., 531.

Thompson, J.H., R.G. Yeck, D.M. Worstell and S. Brody. 1954. The effect of wind on evaporative cooling and surface temperature in dairy cattle. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 548.

Tucker, A.H. 1989. Photoperiod affects intake, growth, milk production of cattle. Feedstuffs, April 17:15.

Tucker, A.H., D. Petitclerc and S.A. Zinn. 1984. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. J. Anim. Sci., 59:1610.

Turner, G.H. and A.V. Schleger. 1960. The significance of coat type in cattle. Aust. J. Agric. Res., 11:645.

Ulberg, L.L. and J.P. Burfening. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. J. Anim. Sci., 26:571.

Vale Filho R.V., A.P. Pinto, F. Megale, J. Fonseca and L.C.O.V. Soares. 1980. Fertility of the bull in Brazil. Study of 1,088 bulls and 17,945 ejaculations of Bos taurus, Bos indicus and cross breeds, raised in tropical conditions, comparatively. 9th. International Congress on Animal Reproduction and A.I., Madrid Spain. Ed. Garsi, Madrid. Summary 4-9.

Vernon, H.M. 1930. The measurement of radiant heat in relation to human comfort. J. Physiol., 70:15.

Wolff, K.L. and D.E. Monty. 1974. Physiologic response to intense summer heat and its effects on the estrous cycle of nonlactating and lactating Holstein-Friesian cows in Arizona. Am. J. Vet. Res., 35:2:187.

Worstell, M.D. and S. Brody. 1953. Comparative Physiological reactions of European and Indian cattle to changing temperature. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 515.