

TOLERANCIA TÉRMICA DE ANIMALES CEBÚ Y SUS CRUCES EN SISTEMA DE CEBEA EN PASTOREO, EN EL BOSQUE HÚMEDO TRÓPICAL. GUALACA, PANAMÁ. 1999-2004 *

Pedro Guerra M. ¹; Manuel S. De Gracia ³; Ricaurte Quiel ⁴;
Milagros De Gracia ⁵; Iván Del Cid ⁶

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca (EEG) (IDIAP, 1999 a 2004), ubicada en el Ecosistema de Gualaca Bajo (Bosque Húmedo Tropical), con el propósito de determinar la tolerancia al calor (TAC) de cinco grupos raciales utilizados en los sistemas de ceba en pastoreo. Los grupos raciales (GR) fueron: Criollo Guaymí (CRG); Brahman (BRH); ½ Simmental (MSM); ½ Charolais (MCH) y >½ Holstein (MHL). Los aspectos de interés fueron: información ambiental (temperatura ambiental, humedad relativa promedio e índice Temperatura-Humedad (THI); información en el animal: temperatura rectal (TR), frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), largo del pelo (LP), temperatura de superficie corporal (T_{ps}), temperatura de emisión (T_{scm}), grosor de la piel (GP) y área corporal (A). Se calcularon características de termorregulación: conducción (Q_k), convección (Q_c), radiación (Q_r) y emisión (Q_e). La información se analizó por un modelo lineal fijo, cruzado, clasificado con desigual número de observaciones por subclases y con covarianza (THI). Las variables independientes fueron: época del año (EA, EBP = época de baja precipitación vs EAP = época de alta precipitación), grupo racial (GR) y su interacción. Se aplicaron técnicas de regresión simple y polinomial desde el origen. THI resultó significativo ($P < 0.05$) para FC y TR. La diferencia entre EA fue significativa ($P < 0.01$) en FC, FR, TR y LP, mientras que GR fue significativa para FR y TR (< 0.05) y LP ($P < 0.01$). EA y GR no interactuaron ($P > 0.05$). MHL reportó más alta FC (78.97 latidos/min), TR (39.93°C) y LP (10.01 mm). Menores valores de FC, FR, TR y LP se registraron en EBP ($P < 0.05$) para todos GR. THI fue significativo para Q_k y Q_c ($P < 0.05$) y Q_r ($P < 0.01$), pero no para Q_e ($P > 0.05$). La diferencia entre EA no fue significativa ($P > 0.05$) en Q_k , pero si en Q_c ($P < 0.05$) y Q_r y Q_e ($P < 0.01$). Las diferencias entre GR fueron $P < 0.01$ en todas las variables de termorregulación, pero EA y GR no interactuaron ($P > 0.05$). BRH utiliza más Q_k , mientras que MCH utiliza más Q_c . MSM utiliza más Q_r , pero CRG

* Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) sobre Mejoramiento del Valor Agregado del Carne Bovina en la Fase Post Mortem. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

² M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. Gerente del PID. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. e-mail: pguerra@idiap.gob.pa

³ Ph.D. Nutrición Animal. Profesor de Nutrición, Fisiología y Bioclimatología Animal. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. CEIAT.

⁴ Ing. Agr. Zoot. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí. e-mail: rquiel@idiap.gob.pa

⁵ Téc. Pecuario. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí.

⁶ Asistente de campo. IDIAP. CIA Occidental (CIAOc). Estación Experimental de Gualaca. Chiriquí.

utiliza más Q_r y MHL el Q_c . Todos GR mostraron diferencias en Q_e ($P < 0.05$). FC, FR, TR, LP, Q_k y Q_c se ajustaron a funciones lineales ($P < 0.01$) con respecto a THI, mientras que Q_k y Q_c se ajustaron a funciones cuadráticas ($P < 0.01$). Correlación entre TR con FC y Q_k fueron medianas ($P < 0.05$), pero con FR, LP y Q_c fue baja ($P < 0.05$). FR sólo se asoció con Q_k y Q_c . Se concluye que existen diferencias notables en TAC entre GR y que está influenciada por EA. Futuros programas de cruzamiento deben basarse en razas tolerantes al calor y seleccionar sobre los que sobresalen en esta cualidad.

PALABRAS CLAVES: Cebú; ganado bovino; calor; resistencia a la temperatura; engorde; pastoreo; termorregulación; razas (animales); Panamá.

HEAT TOLERANCE OF ZEBU ANIMALS AND ITS CROSSES IN FATTENING GRAZING SYSTEMS, IN THE HUMID TROPICAL FOREST. GUALACA, PANAMÁ. 1999-2004.

The present study was conducted at the Agricultural Experimental Station of Gualaca (IDIAP, 1999 a 2004) located in the Lowland Gualaca Ecosystem (humid tropical forest), with the purpose of determining heat tolerance (TAC) of five racial groups used in grazing systems. The racial groups (GR) were: Criollo Guaymí (CRG); Brahman (BRH); ½ Simmental (MSM); ½ Charolais (MCH) y >½ Holstein (MHL). Aspects of interest were: environment: environmental temperature, average relative humidity and Temperature-Humidity Index (THI); information of animal: rectal temperature (TR), breathing frequency (FR), cardiac frequency (FC), long of the hair (LP), surface body temperature (T_s), emission temperature (T_{sem}), skin thickness (GP) and body surface (A). Termorregulation traits were calculated: conduction (Q_k), convection (Q_c), radiation (Q_r) y emission (Q_e). Data were analyzed by a fixed linear model, cross classified with unequal observation per subclass and with a covariance (THI). Independent variables were: season of the year (EA, EBP = season of low precipitation vs EAP = season of high precipitation), racial group (GR) y its interaction. Simple and polynomial regression techniques from the origin were applied. THI was significant ($P < 0.05$) for FC and TR. Difference between EA was significant ($P < 0.01$) on FC, FR, TR and LP, while GR was significant for FR and TR ($P < 0.05$), and LP ($P < 0.01$). EA and GR did not interact ($P > 0.05$). MHL had the highest FC (78.97 bits/min), TR (39.93°C) y LP (10.01 mm). Low values of FC, FR, TR and LP were found on EBP ($P < 0.05$) for all GR. THI was significant for Q_k y Q_c ($P < 0.05$) and Q_e ($P < 0.01$), but not for Q_r ($P > 0.05$). Difference between EA was not significant ($P > 0.05$) on Q_k , but was on Q_c ($P < 0.05$) and Q_e and Q_r ($P < 0.01$). Differences among GR were $P < 0.01$ on all termorregulation variables, but EA and GR did not interact ($P > 0.05$). BRH uses more Q_k , while MCH uses more Q_c . MSM utilized more Q_r , however, CRG utilized more Q_e and MHL, the Q_k . All GR showed differences on Q_e ($P < 0.05$). FC, FR, TR, LP, Q_k and Q_c were adjusted to linear functions ($P < 0.01$) on THI, but Q_k y Q_c were adjusted to quadratic functions ($P < 0.01$). Correlation of TR with FC and Q_k were medium associated ($P < 0.05$), but with FR, LP and Q_c were low ($P < 0.05$). FR was associated only with Q_k and Q_c . It was concluded that exists important differences in TAC among GR and that was influenced by EA. Future programs of crossbreeding should base on heat tolerant breeds and selection on those outstanding animals in this quality.

PALABRAS CLAVES: Zebu; beef cattle; heat; resistance at temperature; fattening; grazing; termorregulation; racial group; Panama.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cría y ceba de Panamá se desarrollan en el trópico húmedo y en pastoreo, bajo condiciones de extrema deforestación. De acuerdo a Olson (1999) y Hansen y Aréchiga (1999), estas condiciones producen estrés calórico (fuerzas externas al animal homeotérmico que actúan para desplazar la temperatura corporal de su estado en reposo), el cual altera el comportamiento fisiológico (funciones celulares) y comportamiento del animal (reproducción y producción).

Para Berbigier (1989), el problema de la producción animal en el trópico es que las razas tolerantes al calor son de pobre producción, porque la tolerancia al calor implica una baja producción de calor (i.e. baja producción). En países del trópico y sub-trópico, se han estado utilizando dos estrategias para mejorar la eficiencia bioeconómica de estos sistemas de producción. Una de éstas es la utilización de razas bovinas que están genéticamente adaptadas al ambiente local (razas sintéticas, criollas y *Bos indicus*) y la segunda estrategia es alterar el ambiente para reducir la magnitud del estrés calórico y permitir que el ganado exprese su máximo potencial genético (Ames y Ray, 1983; Hansen y Aréchiga, 1999).

El uso de razas genéticamente adaptadas (Senepol, Bonsmara, Carora, etc.) o cruces entre razas *Bos*

taurus europeas con *Bos indicus* son útiles en áreas donde hay escasez de alimentos de alta calidad y los precios de los productos (leche y/o carne) son bajos o donde factores ambientales o económicos hacen que la utilización de razas europeas sean imprácticas (Hansen y Aréchiga, 1999; Madalena y col., 1990; McGlothen y col., 1995).

El Cebú (*Bos indicus*) es la raza predominante en nuestros sistemas de cría y ceba y ha mostrado tolerancia térmica a nuestro ambiente; sin embargo, presenta problemas de baja eficiencia productiva y reproductiva, así como en la calidad de la canal y la carne cuando se ha explotado en condiciones extensivas. La utilización de sistemas de cruzamiento entre razas *Bos taurus* con la raza local *Bos indicus* ha permitido elevar la tolerancia al calor y mejorar hasta cierto grado la eficiencia productiva y reproductiva, especialmente cuando el nivel de sangre *Bos taurus* está por debajo del 62.5% (Olson, 1999).

La tolerancia al calor, medida a través de la temperatura rectal, bajo estrés calórico, es un carácter cuantitativo que posee una heredabilidad entre 0.25 a 0.65 (Turner, 1982, 1984; Finch, 1986) y ligada al gen para la longitud del pelo (Olson, 1999), la cual junto con el color del pelo son características muy importantes para la termorregulación (Hansen y Aréchiga, 1999). Además, de acuerdo a Turner (1982) las correlaciones genéticas entre tempera-

tura rectal y medidas de fertilidad y crecimiento en ganado de carne son de -0.76 a -0.86, respectivamente.

La tolerancia térmica es parcialmente determinada por la habilidad del animal a aclimatarse a cambios de temperatura; y en este sentido, la aclimatación es una respuesta intermedia entre tolerancia y termorregulación. Además, los bovinos son animales homeotérmicos con temperatura corporal constante entre 37° a 40°C y endotérmicos, los cuales dependen de la generación de calor interno como una consecuencia de estar vivo y tener conversiones metabólicas en sus células constituyentes (Wilmer y col., 2000).

La producción de carne bovina es menos afectada por el calor que la producción de leche (Berbigier, 1989), debido a que la producción de energía metabolizable para leche es más alta que para carne. Sin embargo, en Pana-

má, el uso de razas *Bos taurus* de regiones templadas son utilizadas con más frecuencias, aprovechándose las ventajas de la heterosis y complementariedad (Guerra y col., 2004abc), descuriéndose en procurar implementar cambios en el ambiente temporal (alimentación, salud y manejo del hato) y manipulaciones en el ambiente permanente (confort). Guerra y Quiel (2002) consideran que bajo las actuales condiciones climáticas, una raza o cruce ideal para nuestros sistemas bovinos de producción debe cumplir con los siguientes requisitos: eficiente productora y reproductora, rápido desarrollo, alta sobrevivencia y tolerante al calor.

Sin embargo, no se cuenta con información local sobre tolerancia térmica de razas y cruces bovinos utilizados en la producción de carne bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo, por lo que el presente estudio se ejecutó con este objetivo principal.

CUADRO 1. INFORMACIÓN GENERAL CLIMÁTICA DEL ECOSISTEMA DE GUALACA BAJO POR ÉPOCA DEL AÑO. BOSQUE HÚMEDO TROPICAL.

Información	Años / Épocas							
	1998		1999		2000		2001	
	EBP	EAP	EBP	EAP	EBP	EAP	EBP	EAP
Precipitación, mm	120.0	3390.4	430.7	4344.8	188.5	3082.0	169.7	3514.3
Temperatura, °C	32.0	29.0	30.0	28.3	30.0	28.6	30.5	28.5
Evaporación, mm	222.2	112.6	183.9	113.9	182.9	103.8	*	*
Humedad Relativa, %	67.1	83.9	71.6	84.3	67.0	76.5	68.4	73.0

(a) Promedio de estaciones meteorológicas de David e IDIAP (Gualaca).

EBP = Época de baja precipitación. EAP = Época de alta precipitación.

(*) = No disponible.

MATERIALES Y METODOS

Localización: La fase de campo del estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca (EEG), Chiriquí, del Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (IDIAP).

Duración del estudio: El estudio se realizó durante los años 1999 a 2001 y se complementó con información del año 2004. Para los años 1999 a 2001, la información para el estudio se tomó durante la época de alta precipitación (EAP) del 1 de mayo al 15 de diciembre y baja precipitación (EBP) del 16 de diciembre al 30 de abril, mientras que para el año 2004 sólo se tomó información en la época de alta precipitación.

Información del ecosistema: El ecosistema de Gualaca Bajo comprende el distrito de David, Dolega y Gualaca Bajo hasta una altura de 600 msnm. La EEG se eleva a 100 msnm, posee un suelo franco-arcilloso, latosólico, color rojo de origen mixto basáltico y andesítico. Posee buena estructura y drenaje, pH de 5.0 a 5.2; MO de 5%; P de 2 mg/kg y K de 35 a 40 Cmol/kg. De acuerdo con la clasificación de Holdridge, la EEG está ubicada en un bosque húmedo tropical (bh-T). La topografía del área varía de plana hasta moderadamente ondulada. La vegetación predominante está formada por pastizales y bosques secundarios.

El Cuadro 1 presenta la información climática resumida por época del año del ecosistema de Gualaca Bajo, obtenida de informes del departamento de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá (CGR) y de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (ETESA)

Grupos raciales: Se utilizaron 169 animales sin castrar distribuidos con un rango de peso de 340 a 450 kg. Los grupos raciales de los animales utilizados para el presente estudio fueron: *Bos taurus* adaptado representado por el Criollo Guaymí (CRG); *Bos indicus* representado por el Brahman (BRH); cruce doble propósito (*Bos taurus* doble propósito x *Bos indicus*) representado por ½ Simmental (MSM); cruce cárnico (*Bos taurus* carne x *Bos indicus*) representado por ½ Charolais (MCH); y cruce lechero (*Bos taurus* leche x *Bos indicus*) representado por >½ Holstein (MHL).

Pasturas y manejo: Durante los años de estudio, los animales pastorearon rotacionalmente praderas mixtas y puras de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria dictyoneura* y *Digitaria swazilandensis*. La rotación dependió del tipo de pastura con rango de 3 a 7 días de pastoreo por 21 a 28 días de descanso.



Fertilización de las pasturas: La fertilización también varió de acuerdo al tipo de pastura con aplicaciones anuales de 60 a 80; 50 a 30 y 30 a 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones y el fósforo y potasio se aplicaron después de estabilizarse las lluvias.

Suplementación energética proteica: Para suplir los nutrimentos diarios que la pastura no cubría y obtener una ganancia de peso vivo de acuerdo a la NRC (1976), se utilizó una mezcla líquida basada en melaza, harina de pescado o soya y urea. Se adicionaron 10 g/animal/día de Lasalocid Sódico al 4%.

Promotores de crecimiento: Para acelerar el crecimiento y reducir el período de ceba, los animales se implantaron con zeranol o una combinación de estrógeno + andrógeno al día 1 y 60 de iniciada la ceba.

Plan sanitario: Los animales fueron desparasitados interna y externamente. Cada 30 días se bañaban con una solución ectoparasiticida y cada 60 días, se desparasitaron internamente contra lombrices planas y redondas.

Suplementación mineral: A la mezcla líquida, se añadían 2 oz/animal/día de una mezcla mineral con 12% de Ca, 8% de P y microminerales.

Información de interés: La información de interés en el presente estudio fue la siguiente:

a. Información ambiental: Para cada día de toma de información se utilizó la temperatura ambiental (termómetro de bulbo seco) y humedad relativa promedio del mes para calcular el Índice Temperatura-Humedad (THI) de acuerdo a NOAA (1976) citado por West (1994). Además, el THI ha sido el mejor índice en capturar la respuesta a estrés calórico en ganado de leche (Ravagnolo y col., 2000) y ganado de carne (Hammond y col., 1996)

$$THI (t,HR) = (1.8)t + 32 - (0.55)(0.55HR)(1.8t - 26)$$

Donde: t es la temperatura ambiental (T_{amb}) en °C y HR es la humedad relativa en decimales.

b. Información en el animal: A cada animal experimental se le tomó la siguiente información:

(1) **Temperatura interna (T_i):** es la temperatura rectal y se midió a través de un termómetro de vidrio por un período de un minuto.

(2) **Frecuencia respiratoria (FR):** se contó la cantidad de inspiraciones observadas en la caja de las costillas en 15 segundos y se multiplicó por cuatro para obtener la frecuencia en un minuto.

(3) Frecuencia cardíaca (FC): a través de un estetoscopio se contaron los latidos cardíacos en 15 segundos y se multiplicó por cuatro para obtener la frecuencia en un minuto.

(4) Largo del pelo (LP): a la altura de las vértebras lumbares se tomaron muestras de pelo, cortados por medio de un bisturí. Se tomaron 10 pelos completos al azar para medirlos mediante un micrómetro.

(5) Temperatura de la superficie corporal (T_s): con un termómetro digital colocado encima de la piel a la altura de las vértebras lumbares se determinó la temperatura superficial durante un minuto de tiempo.

(6) Temperatura de emisión ($T_{s\text{ cm}}$): para determinar la cantidad de calor emitida por el cuerpo del animal; se tomó la temperatura irradiada ($^{\circ}\text{C}$) a la altura de las vértebras lumbares y a una distancia de 5 cm de la superficie corporal.

(7) Grosor de la piel (GP): mediante un instrumento "pie de rey" se midió el grosor del pliegue de la piel del animal. El valor obtenido se dividió por dos para obtener el grosor de la piel.

(8) Área corporal (A): para determinar el área corporal aproximada, se utilizaron las fórmulas presentadas por De Alencar Nããs (1989):

1. Para ganado Cebuño y Criollo:

$$A = 0.12W^{0.60}$$

2. Para ganado Cruzado:

$$A = 0.15W^{0.56}$$

Donde: A es el área (m^2) y W es el peso corporal (kg).

Cálculo de características de termoregulación: El calor es un sinónimo de la energía cinética total de todas las moléculas en los sistemas con temperaturas arriba del cero absoluto (-273°C), mientras que la temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas en un sistema (Louns, 1993). Este autor agrega que los bovinos poseen mecanismos que les permite ganar o perder calor y los más importantes son: conducción, convección, radiación y emisión de calor.

a. Conducción: es el proceso en el cual la energía térmica se transfiere por colisiones moleculares adyacentes a través del medio material (Tippens, 1980) o es el movimiento de calor por interacción de moléculas adyacentes sin la moción de masa del medio a través del cual la transferencia de energía toma lugar (Louns, 1993).

La fórmula para calcular la conducción térmica de acuerdo a la versión modificada de la Ley de Fick (Willmer y col., 2000) es:

$$Q_k = kA[(T_i - T_s)/l]$$

Donde: Q_k es la tasa de transferencia calórica por conducción (Kcal/m²·s); k es el coeficiente de conductividad térmica, el cual describe la facilidad con el cual el calor fluye por conducción a través de un material dado (para la piel bovina es 0.000002 Kcal/m·s/°C); A es el área de contacto del animal (m²); T_s es la temperatura corporal superficial (°C); T_i es la temperatura corporal interna (TR) o rectal (°C) y l es el grosor de la piel (m).

b. Convección: es el flujo de calor entre dos cuerpos por el movimiento de masa de un fluido interventor, ya sea líquido o gas (Willmer y col., 2000) o es el proceso por el cual el calor se transfiere mediante el movimiento real de un fluido (Tippens, 1980).

Para un animal en un fluido sin movimiento, la pérdida de calor se calcula a través de la siguiente fórmula (Louns, 1993):

$$Q_c = hA (T_s - T_a)$$

Donde: Q_c es el flujo de calor por convección (Kcal/s); h es el coeficiente de convección en Kcal/m²/s/°C ($h = 0.000493 \times (T_s - T_a)^{1/4}$); A es el área de contacto (m²); T_s es la temperatura de la superficie del animal (°C) y T_a es la temperatura del aire (°C).

c. Radiación: es el proceso por el cual el calor se transfiere en forma de ondas electromagnéticas (Tippens, 1980) o energía intercambiable por

medio de energía electromagnética la cual viaja a la velocidad de la luz y no necesita medio de propagación (Louns, 1993). La tasa de transferencia calor radiante entre un animal y su ambiente (Q_r) se calcula mediante:

$$Q_r = \{CA\epsilon[(T_s + 273)^4 - (T_{amb} + 273)^4]\}/w$$

Donde: Q_r es la tasa de pérdida de calor radiante (Kcal/m²·s), C es el coeficiente que incorpora la constante de Stefan-Boltzman ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4$), A es el área de contacto (m²), ϵ es la constante de emisión ($\epsilon = 0.4$ para BRH y MCH; $\epsilon = 0.55$ para CRG y MSM; $\epsilon = 0.7$ para MHL), T_s es la temperatura de la superficie del animal (°C), T_{amb} es la temperatura ambiental (°C) y w es una constante ($1 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{°C} = 1.163 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$) para transformar watts (W) en Kilocalorías (Kcal).

d. Emisión de calor: es una medida del calor (Kcal/m²·s) transferido en forma de radiación a una distancia de 5 cm de la superficie corporal. La fórmula es la misma que la de la radiación sustituyendo T_{amb} por T_{5cm} en °C.

$$Q_e = \{CA[(T_s + 273)^4 - (T_{5cm} + 273)^4]\}/w$$

Análisis estadísticos de la información: La información de interés (FC, FR, TR y LP) y los indicadores de termoregulación (Q_k , Q_c , Q_e y Q_r) son las variables dependientes y se analizaron a través del siguiente modelo lineal fijo, cruzado clasificado con desigual núme-

ro de observaciones por subclases (Searle, 1971):

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_1(THI_i - THI_p) + \alpha_i + \tau_j + \tau_j^* \alpha_i + \varepsilon_{ijkm}$$

Donde: Y_{ijkm} es la variable dependiente; μ es la media general de la característica de interés; THI es el índice Temperatura-Humedad utilizado como covarianza, en la cual β_1 es el coeficiente parcial de regresión y $(THI_i - THI_p)$ es la desviación del THI en el momento i con el promedio (p) de THI; α_i es el efecto de la época del año (EA); τ_j es el efecto de grupos raciales (GR); $\tau_j^* \alpha_i$ es la interacción entre los grupos raciales y las épocas del año y ε_{ijkm} es el error aleatorio. Se estimaron medias ajustadas y errores estándar (Harvey, 1975) y se compararon a través de pruebas de t de student.

Las variables de respuestas tales como: FC, FR, TR, LP, Q_x , Q_c , Q_r y Q_s se analizaron a través de técnicas de correlación simple y regresión (lineal, lineal-cuadrática y cuadrática) sin intercepto con la variable independiente THI (Draper y Smith, 1981; Steel y Torrie, 1980). El mejor modelo de regresión para estimar y predecir se seleccionó de acuerdo a criterios como: significancia del modelo, significancia de los parámetros de la regresión, coeficiente de determinación, coeficiente de variación y distribución de los residuales. El nivel mínimo de significancia (α) para las correlaciones fue al 10%, mientras

que para los coeficientes de regresión fue al 5%. Los modelos de regresión evaluados fueron:

$$Y_{ij} = \beta_1(THI) + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Lineal})$$

$$Y_{ij} = \beta_1(THI) + \beta_2'(THI)^2 + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Lineal-Cuadrático})$$

$$Y_{ij} = \beta_2'(THI)^2 + \varepsilon_{ij} \quad (\text{Cuadrático})$$

Donde: β_1 y β_2' son los coeficientes parciales lineales y cuadráticos de la ecuación de regresión, respectivamente y ε_{ij} es el error aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a De Alencar Nääs (1989), el rango de temperatura ambiental admisible para periodos de larga exposición de bovinos de carne en pastoreo es de 4 a 26°C y la temperatura máxima admisible para periodos cortos de exposición es de 32°C; además, la temperatura ambiental ideal para producción está entre 13 a 18 °C. West (1994) ha informado que en ganado de leche, por cada 0.56°C de aumento en la temperatura corporal, el consumo de alimento se reduce de 1.4 a 1.8 kg. Los valores de temperatura ambiental reportados en el presente estudio (Cuadro 1 y 2) están por encima del rango recomendado, principalmente durante la EBP. Beede y Collier (1986) sostienen que un factor importante en la regulación de la temperatura corporal es la HR, ya que aunque existan temperaturas ambien-

tales termoneutrales, si la HR es alta (>80%) se puede producir tanto estrés calórico como cuando existan temperaturas ambientales altas y HR bajas. Al elevarse la HR, se reduciría la tasa de evaporación tanto por sudoración como a través del árbol respiratorio, lo que dificultaría la disipación de calor en el cuerpo y produciría un aumento de la temperatura corporal (West, 1994). Los valores de THI de acuerdo a las fechas de toma de información, a la temperatura ambiental y humedad relativa se presentan en el Cuadro 2.

Caballero Chacón y col. (1995) indican que en el estrés calórico se consideran tres etapas: ligero (THI 72-79); moderado (THI 80-89) y severo (THI 90-98). El rango de THI a excepción del 17 de septiembre de 1998, estuvo en la zona de estrés calórico moderado (THI entre 81.1988 a 83.0405), variando más en función de la temperatura que de la

humedad relativa. El menor valor de THI correspondió a un día en la EAP con la más baja T (Cuadro 2) e intermedia HR, mientras que el mayor valor ocurrió en la EAP, pero con alta T y baja HR. De acuerdo, a Ravagnolo y Misztal (2002) estos valores de THI influyen significativamente sobre la producción de leche y varía inclusive dentro de las regiones. Estos autores encontraron que los valores del nivel umbral de THI para producción de leche de vacas Holstein, en la parte norte y sur de Georgia (USA) fueron 72 y 76, respectivamente. Sin embargo, los valores de THI representativos del ecosistema de Gualaca Bajo están por encima de estos niveles umbrales, pero valores muy similares de THI (63 a 85) fueron reportados por Hammond y col. (1996) de un estudio realizado sobre tolerancia al calor en el subtrópico de Florida con novillas Brahman, Angus, Hereford, Romosinuano, Senepol y cruces de HxS y SxH.

CUADRO 2. THI O ÍNDICE DE TEMPERATURA (T) Y HUMEDAD RELATIVA (HR) POR FECHA DE MUESTREO EN EL ECOSISTEMA DE GUALACA BAJO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE GUALACA, IDIAP).

Fecha	HR, %	T, °C	THI
16-sep-98	85.0	28.9	81.8734
17-sep-98	85.0	27.0	78.7335
06-abr-99	73.2	30.3	82.3332
27-dic-99	85.9	29.0	82.1682
30-mar-00	72.3	30.3	82.1919
26-ago-00	83.5	28.9	81.6587
26-oct-00	87.9	28.8	82.1203
17-ago-01	84.9	28.5	81.1988
01-jul-04	82.9	29.8	83.0405

Las medias ajustadas y errores estándar de las variables área corporal (A), temperatura de la superficie corporal (T_s), grosor de la piel (GP) y temperatura emitida a 5 cm (T_{5cm}) por grupo racial se presentan en el Cuadro 3.

La mayor A se encontró en los MSM, siendo apenas 0.085 m² mayor que el BRH, pero con una diferencia de 13.4% compararlos con los MHL (Cuadro 3). Por otra parte, los animales cruzados con Charolais (MCH) y con Simmental (MSM) registraron la mayor T y GP. Los MCH sobresalieron en 0.344°C a los MSM en T_s , pero superando grandemente en 1.167°C a los MHL. Además, los MSM presentaron más gruesa GP (0.408 mm) que los MCH; sin embargo, la diferencia en GP fue mayor (0.542 mm) con respecto a los BRH. La transferencia de calor a 5 cm de la superficie del animal (T_{5cm}), también fue mayor en los MSM, pero se observó que entre BRH y CRG así

como entre MCH y MHL, los valores fueron muy similares.

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la Frecuencia Cardíaca (FC), Frecuencia Respiratoria (FR), Temperatura Rectal (TR) y Largo del Pelo (LP) se detallan en el Cuadro 4. El índice THI como covarianza resultó significativo ($P<0.05$) para FC y TR, pero no tuvo efecto alguno sobre FR y LP ($P>0.05$).

La diferencia entre las épocas del año (EA) fue muy notable ($P<0.01$) en las cuatro características (Cuadro 4), mientras que las diferencias promedios entre los grupos raciales (GR) difirieron significativamente entre sí con respecto a FR y TR ($P<0.05$), pero con alta significancia en LP ($P<0.01$); sin embargo, la diferencia entre GR no afectó a FC ($P>0.05$). En ninguna de estas cuatro características se encontró interacción entre la época del

CUADRO 3. AREA CORPORAL (A), TEMPERATURA CORPORAL SUPERFICIAL (T_s), GROSOR DE LA PIEL (GP), TEMPERATURA EMITIDA A 5 cm (T_{5cm}) POR GRUPO RACIAL.

Grupo Racial	Variables			
	A (m ²)	T_s (°C)	GP (mm)	T_{5cm} (°C)
Brahman, BRH	7.088±0.097	31.673±0.204	7.091±0.418	30.282±0.264
Criollo Guaymí, CRG	6.636±0.151	31.680±0.676	7.110±1.386	30.290±0.874
½ Charolais, MCH	6.821±0.131	32.267±0.276	7.225±0.566	29.500±0.873
½ Holstein, MHL	6.211±0.151	31.100±0.676	7.100±1.386	29.800±0.874
½ Simmental, MSM	7.173±0.180	31.933±0.390	7.633±0.800	30.400±0.505

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR), FRECUENCIA CARDÍACA (FC), TEMPERATURA RECTAL.

F de V	CM					
	gl	FC	FR	TR	gl	LP
THI	1	1182.2*	44.6ns	1.215*	1	13.25ns
Epoca del año, EA	1	1696.5**	5507.4**	9.536**	1	45.70**
Grupo Racial, GR	4	142.0ns	807.9*	0.752*	4	56.56**
EA*GR	4	219.5ns	389.0ns	0.322ns	4	8.80ns
Error	169	272.6	311.5	0.292	135	7.45
CV, %		20.8	23.6	1.400		33.30

ns = No hubo diferencia significativa ($P>0.05$)

* Diferencia significativa ($P<0.05$).

** Diferencia altamente significativa ($P<0.01$).

año y los grupos raciales ($P>0.05$), por lo que establecemos que ambas variables actuaron independientemente.

Los coeficientes de variación (CV) para FR y LP resultaron ligeramente altos; sin embargo, la literatura no reporta la variación encontrada en estos tipos de estudio, pero consideramos que el CV puede ser alto por la alta variabilidad genética debida a efectos heterocíclicos dentro de cada grupo racial.

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre los grupos raciales, los MHL reportaron la más alta FC, siendo 7.8% y 5.9% más alta a la encontrada en los MSM y BRH, respectivamente (Cuadro 5). La diferencia entre CGR y MCH con respecto a MHL no fue muy marcada ($<2.0\%$). El GR que más alta agitación (FR) registró fue el MHL, difiriendo ($P<0.05$) del resto de los grupos, los cuales a su vez no difirieron entre sí ($P>0.05$). La

menor FR se observó en los BRH, siendo ésta 33.1% menor que la observada en los MHL ($P<0.05$). Las mayores temperaturas interna corporal (TR) se detectaron en los MHL y MSM ($P>0.05$), siendo, en promedio superior ($P<0.05$) a la TR de los BRH (0.4°C) y CRG (0.34°C), pero sin diferenciarse ($P>0.05$) de la encontrada en MCH. La TR de los MSM y MCH no difieren ($P>0.05$) de la encontrada en el CRG.

Basado en estos resultados, los animales MHL son los más estresados, mientras que los BRH muestran mayor tolerancia al calor seguido por CRG (Cuadro 5). Los animales MCH y MSM muestran una tolerancia al calor intermedio, ya que combina la mitad de sus genes del BRH con la otra mitad de las razas Charolais y Simmental, originarias de zonas templadas. Esto también se explica por el LP, siendo más largo en MHL seguido por MSM y MCH, aunque no difirieron entre sí

CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA PARA FC, FR, TR Y LP POR GRUPO RACIAL.

Características	Grupos Raciales				
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
FC, latidos/min.	74.31±2.85a	77.44±3.27a	78.91±3.15 a	78.97±3.37 a	72.81±6.23 a
FR, insp./min.	44.67±3.04 b	48.73±3.50 b	48.10±3.36 b	59.48±3.60 a	47.98±6.66 b
TR, °C	39.52±0.09 b	39.58±0.11 b	39.65±0.10 ab	39.93±0.11 a	39.91±0.20 ab
LP, mm	6.15±0.48 c	7.83±0.54 b	8.91±0.55 ab	10.01±0.59 a	9.13±1.05 ab

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0.05$).

($P>0.05$), pero el LP del MHL difirió ($P<0.05$) con respecto al BRH en 48.6% y en 21.5% con CRG.

La época del año influyó mucho en las características FC, FR, TR y LP dentro de los grupos raciales, pero no en todos. Menores valores de FC, FR, TR y LP (Cuadro 6) se registraron en la EBP comparado con aquellos encontrados en la EAP ($P<0.05$), para todos los grupos genéticos. Las mayores diferencias en EBP con respecto a EAP para FC, FR y TR se detectaron en animales MHL con 16.98 latidos/min, 27.57 inspiraciones/min y 0.92°C, respectivamente. Por otro lado, los animales MCH presentaron 3.34 mm más largo el pelo (LP) durante la EAP.

Hammond y col. (1996) señalan que el indicador más común de tolerancia al calor del bovino es la temperatura interna corporal medida como TR. Estos investigadores encontraron que los BRH mostraron adaptarse bien al verano del sub-trópico de Florida ($TR=39.6^{\circ}C$) bajo condiciones de pastoreo, pero los anima-

les *Bos taurus* como Romo-sinuano (Criollo Colombiano) y Senepol presentaron menores TR (39.5 y 39.2°C, respectivamente). Por otra parte, los BRH tuvieron menor TR que razas *Bos taurus* de zonas templadas como Angus (40.4°C) y Hereford (40.2°C). En nuestros resultados, ningún grupo racial superó los 40°C, estando muy cerca el grupo MHL por su mayor encaste Holstein, el cual ha mostrado poca adaptabilidad a condiciones de estrés calórico (Ravagnolo y Misztal, 2000, 2002; Ravagnolo y col., 2000; Turner 1982, 1984). TR muy similar al Romosinuano se encontró en el CRG (Criollo Panameño) y BRH, lo cual nos indica la habilidad que tienen estos grupos raciales de mantener la TR cerca de 39.0°C durante las condiciones climáticas del estudio. Además, los MCH también mostraron esta habilidad, pero los MSM estuvieron más estresados. En Puerto Rico, rangos de TR y FR más bajos (39.1 a 39.3°C y 37.3 a 44.2 inspiraciones/min) también han sido reportados en novillas por Olson

CUADRO 6. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA FC, FR, TR Y LP POR GRUPO RACIAL Y ÉPOCA DEL AÑO.

Grupo Racial / Época del año	FC Latidos/min	FR Insp./min	TR °C	LP mm
Brahman, BRH				
EAP	81.29 ± 2.21 a	50.94 ± 2.36 a	39.72±0.07 a	6.43±0.42 a
EBP	67.33 ± 5.24 b	38.41 ± 7.33 b	39.31±0.23 b	5.86±0.87 a
Criollo Guaymí, CRG				
EAP	80.81 ± 3.62 a	56.37 ± 3.87 a	39.81±0.12 a	8.76±0.61 a
EBP	74.07 ± 7.30 a	41.09 ± 7.56 b	39.35±0.29 b	6.89±0.92 a
½ Charolais, MCH				
EAP	80.48 ± 3.40 a	51.20 ± 3.64 a	39.99±0.11 a	10.58±0.67 a
EBP	77.33 ± 5.24 a	45.01 ± 5.61 a	39.31±0.17 b	7.24±0.87 b
>½ Holstein, MHL				
EAP	87.46 ± 3.46 a	73.27 ± 3.70 a	40.39±0.11 a	10.21±0.72 a
EBP	70.48 ± 5.86 b	45.70 ± 6.28 b	39.47±0.19 b	9.82±0.98 a
½ Simmental, MSM				
EAP	74.89 ± 4.27 a	57.72 ± 4.57 a	40.37±0.14 a	9.99±0.82 a
EBP	70.73 ±11.69 a	38.25 ±12.50 a	39.46±0.42 b	8.28±1.94 a

Medias dentro de la misma celda y con la misma letra no difieren entre sí al (P>0.05).

EAP = Época de alta precipitación.

EBP = Época de baja precipitación.

(1999), al compararlos con animales Holstein (39.4 a 40.0°C y 64.6 a 83.6 inspiraciones/min) aún cuando la temperatura ambiental aumentó de 28.6 a 31.1°C.

Hammond (1993) y Hammond y col. (1996), al comprar en Florida entre épocas de diferentes años (verano vs otoño), encontraron que novillas y vacas BRH mantenían TR similares con rangos entre 39.4 a 39.6°C, mientras que los Romosinuano y Senepol bajaron la TR en 0.5 y 0.2°C al cambiar de verano a otoño y los Angus y Senepol en 0.9 y 1.0°C, respectivamente. En el presente estudio, las TR más bajas se encontraron durante la EBP, aun cuando se reportaron altas temperaturas ambientales, pero baja humedad. Además, los MHL y MSM llegaron a superar los 40°C durante la EAP, siendo mayormente afectados por la humedad relativa (>83%) y la temperatura ambiental (>27.0°C). En el estudio de Hammond y col. (1996), la TR y HR durante el verano fue de 32.8°C y 64.5%, respectivamente.

Estudio realizado por Ferrer y col. (1982) en Cuba con ¾ Holstein y 5/8 Holstein también encontraron que la TR fue menor en la época seca (39.52 ± 0.37 y 39.64 ± 0.39 °C, respectivamente) que en la época lluviosa (39.71 ± 0.33 y 39.77 ± 0.33 °C, respectivamente). Estos valores de TR en la época seca son bastante similares al encontrado en este estudio con los MHL, pero

se diferencian hasta por 0.68°C en la época lluviosa. Por otra parte, estudios realizados en New Zeland por Jonhson y col. (1958) citados por Folk y col. (1998) encontraron que el bovino (*Bos taurus*) es muy sensible a la temperatura ambiental; así, la TR comenzó a aumentar desde una temperatura ambiental de 25°C, para cuando la temperatura ambiental alcanzó los 30°C, la TR fue de 39.1°C y cuando alcanzó los 40°C, la TR fue de 41.3°C.

Bianca (1963) reportó que existe una alta variación entre individuos con respecto a la asociación entre tolerancia al calor y jadeo en el ganado bovino. Robertshaw (1987), citado por Hammond y col. (1996), sugirió que la FR puede ser una medida de jadeo y más apropiado indicador de estrés calórico que la TR; sin embargo, en el presente estudio se reportan ambas medidas y se defina cuál sería el mejor indicador de estrés calórico. De acuerdo con los resultados de Hammond y col. (1996), los BRH reportaron 36 y 30 inspiraciones/min en verano e invierno, respectivamente; mientras que en este estudio los BRH registraron mayores valores durante EAP y EBP.

Por otro lado, *Bos indicus* adaptados como el Romosinuano y Senepol registraron 55 y 57 inspiraciones/min en verano, siendo similar al CRG, pero en la EAP; mientras que en invierno se detectaron valores de 39 y 37 inspiraciones/min, para ambos grupos, cerca-

nos a la FR encontrada en CRG en EBP. Los Angus y Hereford tuvieron FR de 69 y 64 inspiraciones/min en verano, muy por debajo de la FR de los MHL en la EAP, pero FR de 51 y 45 inspiraciones/min en invierno, cercana a la FR de los MHL en EBP. Turner (1980) atribuye la más baja FR en los BRH a diferencias en ciertas variables hematológicas como concentración de cortisol plasmático y número de eritrocitos. En los BRH, este autor encontró valores más altos en comparación con algunas razas *Bos taurus* británicas y una mayor capacidad transportadora de oxígeno. Además, reportes de la literatura y nuestros resultados indican que el BRH tiene la característica de presentar baja FR independientemente de la época del año.

En el trabajo de Ferrer y col. (1982), la FR también fue mayor en la época lluviosa, pero el valor encontrado en los MHL fue muy superior a las 47.49 ± 6.53 y 48.21 ± 7.37 inspiraciones/min de los $\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{5}{8}$ Holstein, respectivamente. Además, estos grupos en la época seca presentaron FR de 45.68 ± 7.10 y 44.59 ± 7.83 inspiraciones/min, respectivamente, siendo la FR de los MHL similar al de los $\frac{3}{4}$ Holstein.

Con respecto a LP, Ferrer y col. (1982) también encontraron que los animales $\frac{3}{4}$ Holstein y $\frac{5}{8}$ Holstein presentaron LP más cortos en la época seca que en la época lluviosa (12.70 ± 2.48 vs 20.12 ± 2.79 ; y 18.89 ± 2.53 vs

14.21 ± 3.33 , respectivamente). Olson y col. (1998) han evidenciado la existencia de un gen mayor que influye sobre la presencia de la capa con pelo ralo y tolerancia al calor en animales *Bos taurus* como el Senepol. Además han señalado que la reducción potencial en la TR debido a condición del pelo ralo pudiera ser de aproximadamente 0.5°C .

El THI funcionó como covariable (Cuadro 7) en características como Q_{r} , Q_{c} y Q_{r} ($P < 0.01$), pero no fue así en Q_{e} ($P > 0.05$). Además, la diferencia entre épocas del año (EA) no resultó significativa ($P > 0.05$) en Q_{r} , pero significativa ($P < 0.05$) en Q_{e} y altamente significativa en Q_{c} y Q_{r} ($P < 0.01$). Las diferencias entre los grupos raciales (GR) resultaron altamente significativas ($P > 0.01$) en todas las variables de termo regulación (Cuadro 7). Similarmente, al ANAVA del Cuadro 4, no existió interacción entre las épocas del año y los grupos raciales ($P > 0.05$). Por otra parte, todos los CV estuvieron por debajo del 16%, lo cual es considerado muy aceptable.

La mayor pérdida de calor por conducción (Q_{c}) se observó en animales BRH (Cuadro 8) con muy poca diferencia ($P > 0.05$) con MSM ($0.0006 \text{ Kcal/m}^2\text{-s}$), pero una marcada diferencia ($P < 0.05$) con CRG ($0.0012 \text{ Kcal/m}^2\text{-s}$); con MCH ($0.0023 \text{ Kcal/m}^2\text{-s}$) y con MHL ($0.0008 \text{ Kcal/m}^2\text{-s}$). Basado en estos resultados, el BRH y MSM liberan más calor a través de la conducción térmica, mientras que el MCH utiliza menos este

mecanismo con una diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto al resto de los grupos raciales. Esta mayor Q_k del BRH se asocia a un menor grosor de la piel (GP) y LP; además de la segunda mayor área corporal (A) con respecto a los otros grupos. Sin embargo, el MCH es de intermedio GP y LP, pero mayor A.

Los animales MCH fueron los que mostraron mayor pérdida de calor por convección (Q_c) superando ($P < 0.05$) en 0.0072, 0.0039 y 0.0031 Kcal/m²·s a MHL, CRG y BRH, respectivamente (Cuadro 8). Además, los MSM apenas difirieron de los MCH en 0.0013 Kcal/m²·s ($P > 0.05$), pero liberaron más calor por convección ($P < 0.05$) que los BRH y CRG en 0.0018 y 0.0026 Kcal/m²·s, respectivamente; sin embargo, entre estos dos grupos raciales no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$). La

mayor liberación de calor por convección en los MCH se atribuye a la mayor T_s e intermedia A, mientras que los MSM presentaron la segunda mayor pérdida de calor por convección por su T_s , y mayor A.

Todos los grupos raciales mostraron diferencias ($P < 0.05$) entre sí al emitir calor a 5 cm de la superficie corporal (Q_5). Los animales MCH liberaron mayor cantidad de calor que los BRH, CRG, MHL y MSM en 45.9, 31.6, 24.9 y 16.3%, respectivamente (Cuadro 8). Esta mayor liberación de Q_5 en los MCH, también, se relaciona con la mayor T y A, pero menor T_{scm} con respecto al resto del grupo. Los animales con menor Q_5 fueron los BRH por la menor diferencia entre T_s y T_{scm} .

Con una marcada diferencia ($P < 0.05$), los animales MSM emitieron mayor Q_r que el resto de los grupos raciales (Cuadro 8), superando a los MCH, MHL y BRH en 1.218, 1.671 y 1.977 Kcal/

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PÉRDIDAS CALÓRICAS POR CONDUCCIÓN (Q_k), CONVECCIÓN (Q_c), EMISIÓN DE CALOR (Q_5) Y RADIACIÓN CALÓRICA (Q_r).

F de V	gl	CM			
		Q_k	Q_c	Q_5	Q_r
THI	1	2.33x10 ⁻⁵ *	1.21x10 ⁻³ **	0.3646 ns	177.9108 **
Epoca del año, EA	1	5.00x10 ⁻⁶ ns	5.84x10 ⁻⁴ **	0.5007 *	120.4316 **
Grupo Racial, GR	4	2.065x10 ⁻⁵ **	1.36x10 ⁻⁴ **	18.8636 **	9.9712 **
EA*GR	4	6.60x10 ⁻⁶ ns	3.36x10 ⁻⁶ ns	0.1524 ns	2.6106 ns
Error	144	4.34x10 ⁻⁶	3.04x10 ⁻⁶	0.1229	0.6993
CV, %		13.60	15.70	10.3000	15.8000

** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$). ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

* Diferencia significativa ($P < 0.05$).

m², respectivamente. Los animales CRG también difirieron (P<0.05) en 0.588 y 0.894 Kcal/m² de los MHL y BRH, respectivamente. Sin embargo, no hubo diferencias (P>0.05) entre MSM y CRG (1.083 Kcal/m²). La mayor Q_r en los MSM también se atribuye a la segunda mayor T_a y mayor A y GP.

De los mecanismos más importante que utiliza el bovino para liberar calor, los animales BRH utilizan más la conducción térmica seguido por la convección térmica; mientras que los animales MCH utilizan más la convección y en segundo, la radiación térmica. Los animales MSM liberan calor a través de los tres mecanismos, pero se inclina más por la radiación térmica. Los CRG y MHL no son tan eficientes en estos mecanismos de liberación de calor comparado con los otros grupos genéticos, pero los CRG utilizan más la radiación térmica y los MHL la conducción.

En los cinco grupos raciales no existió diferencias (P>0.05) entre EAP y EBP para la variable Q_k (Cuadro 9). Sólo los BRH registraron mayores va-

lores de Q_k durante EBP, pero la diferencia entre épocas fue de 0.0008 Kcal/m²·s. La mayor diferencia entre épocas se observó en los MHL (0.0017 Kcal/m²·s), seguida por los MCH (0.0013 Kcal/m²·s). Además, los BRH liberaron más Q_k en las dos épocas en comparación con los otros grupos raciales.

Por el contrario, para Q_c existieron diferencias marcadas (P<0.05) entre EAP y EBP en los cinco grupos raciales (Cuadro 9). Además, de acuerdo con los resultados hay más liberación de calor a través de la conducción durante EAP en los grupos raciales estudiados. La mayor Q_c en EAP y EBP se registraron en animales MCH, con diferencias altamente significativas (0.0064 Kcal/m²·s) entre ambas épocas. Sin embargo, esta diferencia fue menor en animales MHL (0.0042 Kcal/m²·s), siendo el grupo racial de menor pérdida de Q_c en ambas épocas.

La mayor emisión de calor (Q_c) ocurrió en EBP (Cuadro 9), encontrándose los mayores valores en MCH, pero una diferencia entre EAP y EBP de apenas

CUADRO 8. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA (Q_k), (Q_c), (Q_v) Y (Q_r) POR GRUPO RACIAL.

Características	Grupos Raciales				
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
Q _k , Kcal/m ² ·s	0.0162±0.0004a	0.0150±0.0004 b	0.0139±0.0004 c	0.0154±0.0004 b	0.0158±0.0008 ab
Q _c , Kcal/m ² ·s	0.0087±0.0003 b	0.0089±0.0004 b	0.0128±0.0003a	0.0056±0.0004 c	0.0115±0.0005 a
Q _v , Kcal/m ² ·s	2.227 ±0.052 e	2.815 ±0.064 d	4.119 ±0.058 a	3.094 ±0.065 c	3.448 ±0.060 b
Q _r , Kcal/m ² ·s	3.489 ±0.145 c	4.383 ±0.151 ab	4.248 ±0.138 b	3.795 ±0.156 c	5.466 ±0.270 a

Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P>0.05).

1 Kcal/m²·°C = 1.163 W/m²·°C.

CUADRO 9. MEDIAS AJUSTADAS Y ERRORES ESTÁNDARES DE LA MEDIA PARA (Q_k), (Q_j), (Q_c) Y (Q_r) POR GRUPO RACIAL Y ÉPOCA DEL AÑO.

Grupo Racial / Época del año	Q _k Kcal/m ² ·s	Q _c Kcal/m ² ·s	Q _j Kcal/m ² ·s	Q _r Kcal/m ² ·s
Brahman, BRH				
EAP	0.0158±0.0003 a	0.0125±0.0003 a	2.117±0.043 a	4.246±0.103 a
EBP	0.0166±0.0007 a	0.0069±0.0006 b	2.337±0.096 b	2.732±0.227 b
Críollo Guaymi, CRG				
EAP	0.0152±0.0006 a	0.0116±0.0005 a	2.753±0.082 a	5.508±0.194 a
EBP	0.0149±0.0007 a	0.0063±0.0006 b	2.948±0.101 a	3.257±0.239 b
½ Cherolais, MCH				
EAP	0.0145±0.0004 a	0.0155±0.0004 a	4.115±0.065 a	5.127±0.154 a
EBP	0.0132±0.0007 a	0.0091±0.0006 b	4.123±0.096 a	3.368±0.227 b
>½ Holstein, MHL				
EAP	0.0162±0.0005 a	0.0077±0.0004 a	3.120±0.079 a	5.296±0.188 a
EBP	0.0145±0.0007 a	0.0035±0.0006 b	3.067±0.107 a	2.295±0.253 b
½ Simmental, MSM				
EAP	0.0156±0.0005 a	0.0144±0.0004 a	3.254±0.079 a	6.545±0.185 a
EBP	0.0155±0.0147 a	0.0087±0.0012 b	3.643±0.213 b	4.387±0.506 b

Medias de la misma letra no difieren entre sí (P>0.05).

EAP = Época de Alta Precipitación.

EBP = Época de Baja Precipitación.

0.008 Kcal/m² ($P > 0.05$). La mayor diferencia ($P < 0.05$) de Q_e entre EAP y EBP se observó en animales BRH (0.220 Kcal/m²) y MSM (0.389 Kcal/m²). Para el resto de los grupos raciales, las diferencias no fueron significativas.

La pérdida de calor por radiación (Q_r) fue significativamente ($P < 0.05$) mayor en EAP en los cinco grupos raciales. La mayor diferencia ($P < 0.05$) entre EAP y EBP se registró en animales MHL (3.001 Kcal/m²), seguida por los CRG (2.251 Kcal/m²); sin embargo, la menor diferencia ($P < 0.05$) se detectó en los BRH (1.514 Kcal/m²).

Tomando en cuenta el conjunto de datos, independientemente de los signos y la significancia, los coeficientes de correlación (Pearson) fueron de bajo a mediano grado de asociación (Cuadro 10). La TR es una característica fisiológica del animal que influye significativamente sobre FC, FR, Q_k y Q_c . La correlación con FC y Q_k fueron de mediana asociación ($P < 0.05$), mientras que con FR, LP y Q_c la relación fue baja ($P < 0.05$). Solamente FR estuvo asociado con Q_r y Q_c y también se observó en todos los grupos genéticos (excepto en MHL) variando su significancia entre $P < 0.05$ a $P < 0.01$. Además, Q_c presentó una baja correlación con Q_r ($P < 0.05$), pero muy alta con Q_r ($P < 0.01$). Esta alta asociación entre Q_c y Q_r se mantuvo alta en todos los grupos raciales.

En todos los grupos raciales, la TR está muy relacionada con el mecanismo de pérdida calórica a través de la conducción (Q_k) y es el único mecanismo que está muy influenciado ($P < 0.01$) en los BRH y MSM (Cuadro 10). En los CRG, la TR se asocia con todos mecanismos de eliminación de calor, pero en los MHL y MCH, ésta no está relacionada con Q_c .

Solamente en los CRG se detectó una relación altamente significativa entre TR y LP. Sin embargo, estudio de Afifi y col. (1979), citado por Berbigier (1989), incide una correlación de 0.124 ($P < 0.01$) entre TR y LP en ganado Holstein. En los BRH, la TR también estuvo asociada con FR ($P < 0.01$); mientras, que en los CRG ésta se asoció con FR ($P < 0.05$). Por otro lado, en los MCH, la TR no se relacionó con FC y FR, pero en los MHL sí existió esta relación ($P < 0.05$). Finalmente, en los MSM, la TR sólo se asoció ($P < 0.10$) con FR.

Considerando (Cuadro 10) todos los grupos raciales, la FC se relacionó ($P < 0.10$) solamente con Q_k , pero FR, además, lo hizo con Q_r ($P < 0.05$). En los BRH, CRG y MCH, la FC no estuvo asociada con LP y los indicadores de los mecanismos de liberación de calor ($P > 0.10$); sin embargo, en los MHL, FC se relacionó con Q_k ($P < 0.001$) y en los MSM con LP ($P < 0.001$). En otro sentido, la FR estuvo muy relacionada con los cuatro indicadores de liberación de calor ($P < 0.05$), pero en los BRH, ésta

CUADRO 10. CORRELACIONES DE PEARSON ENTRE FC, FR, TR, LP, Q_k, Q_c, Q_s, Q_b POR GRUPO RACIAL.

Item	Correlaciones de Pearson						
	FR	TR	LP	Q _k	Q _c	Q _s	Q _b
General:							
FC	0.1863**	0.2939**	-0.0819ns	0.1765*	0.0269ns	0.0713ns	0.0367ns
FR	-	0.4082**	-0.0714ns	0.3138**	0.3845**	0.0137ns	0.3979**
TR	-	-	0.2251**	0.5589**	0.2653**	0.0865ns	0.2772ns
LP	-	-	-	-0.1364ns	-0.0059ns	0.1842ns	0.0212ns
Q _k	-	-	-	-	0.1510ns	0.0025ns	0.2020*
Q _c	-	-	-	-	-	0.1958**	0.9953***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.2349**
BRH:							
FC	0.0881ns	0.4259***	-0.2005ns	0.2190ns	0.0238ns	0.0490ns	0.0383ns
FR	-	0.1133ns	-0.3374***	0.1693ns	0.4802***	0.1600ns	0.5067***
TR	-	-	-0.0177ns	0.5214***	0.0241ns	0.0987ns	0.0387ns
LP	-	-	-	-0.0085ns	0.0144ns	0.0282ns	0.0121ns
Q _k	-	-	-	-	0.0601ns	0.8965***	0.1221ns
Q _c	-	-	-	-	-	0.0555ns	0.9962***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.1196ns
CRG:							
FC	0.1668ns	0.2360ns	0.2208ns	0.0011ns	0.2841ns	-0.0241ns	0.2548ns
FR	-	0.4143**	0.0860ns	0.4633**	0.4448**	0.4645**	0.5039***
TR	-	-	0.4866***	0.6948***	0.4956***	0.3728*	0.5173***
LP	-	-	-	-0.1628ns	0.0792ns	-0.1959ns	0.0608ns
Q _k	-	-	-	-	0.1516ns	0.9243***	0.2230ns
Q _c	-	-	-	-	-	-0.0426ns	0.9953***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.0357ns
MCH:							
FC	-0.1701ns	0.0613ns	-0.1469ns	0.0925ns	-0.2680ns	0.0743ns	-0.2514ns
FR	-	0.1547ns	-0.7740ns	0.3381**	0.5555***	0.3151*	0.5536***
TR	-	-	0.1715ns	0.6749***	0.4069**	-0.0619ns	0.4023**
LP	-	-	-	0.1092ns	0.4053**	-0.0331ns	0.4014**
Q _k	-	-	-	-	0.5487***	0.6926***	0.5793***
Q _c	-	-	-	-	-	0.3399**	0.9987***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.3861**
MHL:							
FC	0.5097***	0.5405***	-0.1872ns	0.5254***	0.2581ns	0.3010ns	0.3016ns
FR	-	0.6164***	-0.2978ns	0.4016**	0.2903ns	0.1765ns	0.3347*
TR	-	-	0.1341ns	0.6821***	0.3519*	0.2475ns	0.3863*
LP	-	-	-	-0.1558ns	-0.1680ns	-0.0349ns	-0.1704ns
Q _k	-	-	-	-	0.1712ns	0.8748***	0.2352ns
Q _c	-	-	-	-	-	-0.0076ns	0.9961***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.0528ns
MSM:							
FC	0.1985ns	0.0674ns	-0.6722***	-0.0265ns	-0.0785ns	-0.1376ns	-0.0874ns
FR	-	0.4464*	-0.3750ns	0.5071**	0.7746***	0.2204ns	0.7767***
TR	-	-	-0.634ns	0.8104***	0.3505ns	-0.0159ns	0.3559ns
LP	-	-	-	-0.2627ns	-0.0555ns	-0.4395ns	-0.0625ns
Q _k	-	-	-	-	0.4259*	0.5716***	0.4515*
Q _c	-	-	-	-	-	0.2167ns	0.9992***
Q _s	-	-	-	-	-	-	0.2531ns

ns = no hubo diferencia significativa

** Diferencia significativa (P<0.05)

* Diferencia significativa (P<0.10)

*** Diferencia altamente significativa (P<0.01)

se asoció con Q_c y Q_r en los MCH con Q_o , Q_e y Q_r en los MHL con Q_k y Q_r y en los MSM con Q_k , Q_c y Q_r .

Los MHL mostraron la tasa (β_{fc}) más alta de FC por unidad de THI (1.00843 latido/min) superando a los MSM en 9.3%, mientras que los animales MCH, BRH y CRG presentaron tasas intermedias (Figura 1). Además, los MHL también registraron la mayor tasa (β_{fr}) de FR por unidad de THI, siendo 26.86% mayor que el promedio de las tasas de los BRH y MCH (0.59718 inspiración/min). Los MSM y CRG tienen β_{fr} intermedia con 0.14388 y 0.17753 inspiración/min menos que los MHL (Figura 2).

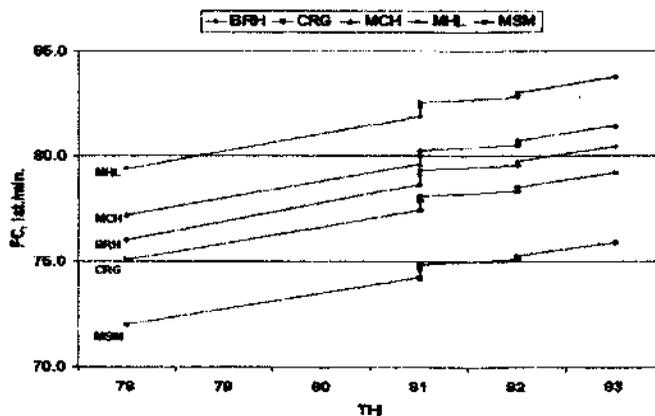
Los animales MHL fueron los que aumentaron más su TR a medida que aumentaba el THI (0.49189°C por unidad THI). Sin embargo, la diferencia entre las tasas de cambio (β_{tr}) con respecto a los MSM fue apenas 0.3% (Figura 3), pero con respecto al promedio de los MCH y BRH fue de 1.60%.

Los animales BRH presentaron el mayor cambio de conducción calórica (Q_k) por unidad de THI (β_{ok}), pero la diferencia de este β_{ok} y del promedio de los MSM y MHL fue de 1.8% (Figura 5). Los animales MCH fueron los de menor β_{ok} (10.3%) comparado con los BRH y de menor tendencia de Q_k observada a medida que aumentaba THI. Por otro lado, la tasa de emisión calórica (β_{oe}) medida a 5 cm de la superficie del ani-

mal (Figura 6) fue mayor en los MCH y siendo superior a las β_{oe} 's de los MSM (31.0%) y MHL (35.2%), pero muy superior a la β_{oe} de los animales BRH (54.9%).

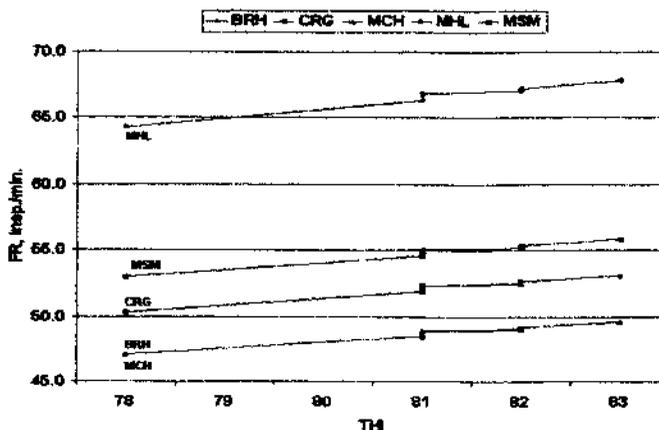
Las Figuras 7 y 8 presentan las tendencias cuadráticas de Q_c y Q_r en función del THI. Los MSM mostraron mayores pérdidas calóricas por convección (Figura 7), pero éstas disminuyeron drásticamente cuando el THI pasó de 81 debido a la menor contribución del β_{oc} y β_{or} en comparación con los MCH que mostraron mayor β_{oc} (5.1%) y β_{or} (4.7%). Los grupos raciales BRH y CRG presentaron tendencias intermedias a perder calor por convección (Q_c), pero los MHL fueron los de menor tendencia. En otro sentido, los MSM tuvieron la mayor tendencia a perder calor por radiación (Q_r), superando en 19.2% y 50.4% al β_{or} de los MHL y BRH, respectivamente; mientras superó que en 18.5% y 50.8% al β_{or} de los mismos grupos raciales.

Basados en la TR, FR (jadeo) y FC, los animales MHL son los mayormente afectados por el ambiente del bosque húmedo tropical del ecosistema de Gualaca Bajo, lo cual, los limitan tremendamente para sistemas de cría y ceba en basados en pastoreo. Los MSM y MCH son cruces que se adaptan regularmente a estos sistemas de producción, ya que los mecanismos de liberación de calor a través de Q_k , Q_c y Q_r son realizados con buena eficiencia entre



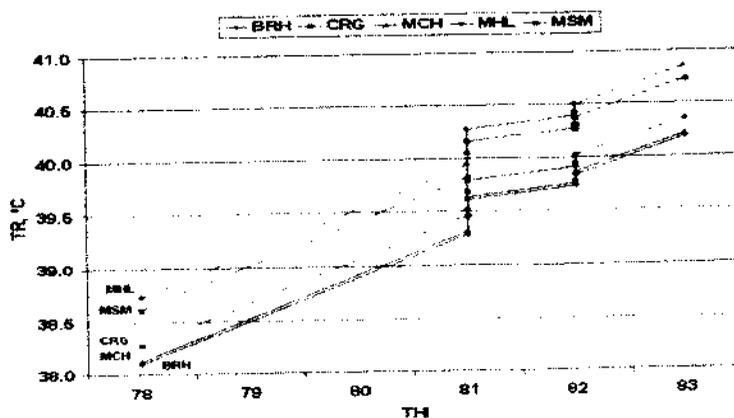
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
β_{FC}	0.96884	0.95384	0.98058	1.00843	0.91471
E. E.	0.02351	0.03209	0.03845	0.04317	0.04599
R^2	0.963	0.966	0.950	0.945	0.959

FIGURA 1. FRECUENCIA CARDÍACA POR GRUPO RACIAL Y THI.



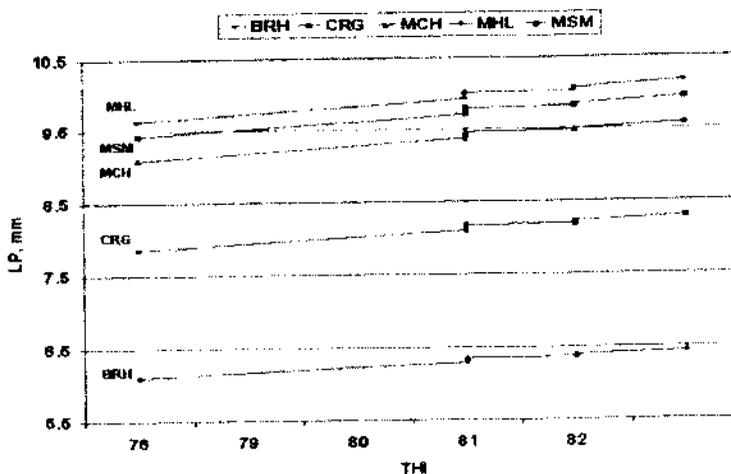
	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
β_{FR}	0.96884	0.95384	0.98058	1.00843	0.91471
E. E.	0.02351	0.03209	0.03845	0.04317	0.04599
R^2	0.963	0.966	0.950	0.945	0.959

FIGURA 2. FRECUENCIA RESPIRATORIA POR GRUPO RACIAL Y THI.



	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
β_{TR}	0.48386	0.48603	0.48420	0.49189	0.49046
E.E.	0.00081	0.00200	0.00113	0.00216	0.00218
R^2	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999

FIGURA 3. TEMPERATURA RECTAL POR GRUPO RACIAL Y THI.



	BRH	CRG	MCH	MHL	MSM
β_{LP}	0.07749	0.06982	0.11545	0.12235	0.11969
E.E.	0.00300	0.00774	0.00687	0.00748	0.01287
R^2	0.928	0.846	0.912	0.917	0.872

FIGURA 4. LARGO DEL PELO POR GRUPO RACIAL Y THI.

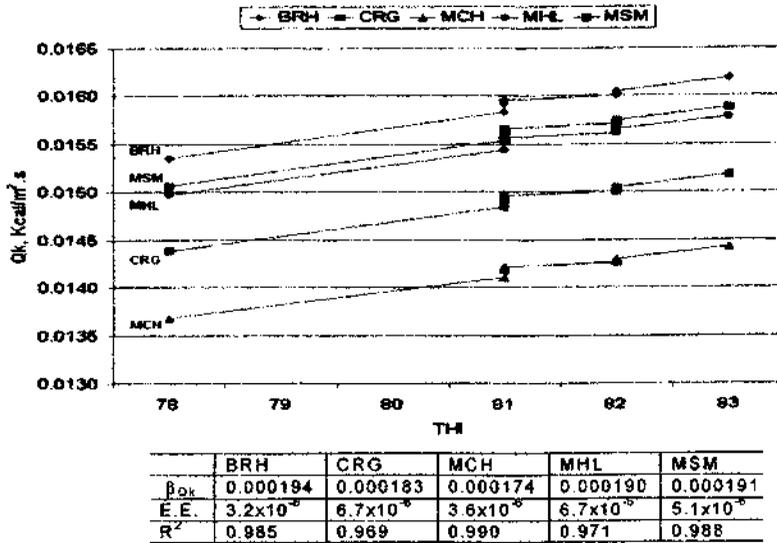


FIGURA 5. CONDUCCIÓN CALÓRICA POR GRUPO RACIAL Y THI.

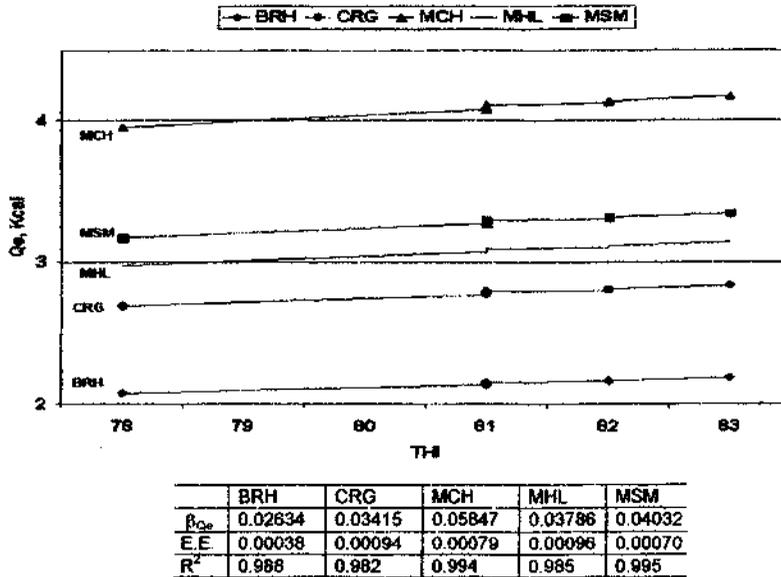


FIGURA 6. EMISIÓN CALÓRICA POR GRUPO RACIAL Y THI.

los MSM, mientras que los MCH lo hacen a través de Q_c . Los BRH liberan más calor a través de Q_k , lo que permite que su TR y FR sean de las más bajas y muestren muy buena adaptabilidad a los sistemas de producción en pastoreo. Los CRG mostraron adaptabilidad moderada, con TR aun por debajo de los cruces BRH con *Bos taurus*. Los resultados presentados por de Guerra y Quiel (2002) indican que sus comportamientos productivos no son afectados por las condiciones ambientales del trópico húmedo premontano. Por otra parte, los BRH y CRG son bastante similares en utilizar estos mecanismos, pero hay que considerar que los BRH fueron desarrollados genéticamente a partir de razas *Bos indicus* adaptadas a condiciones tropicales, mientras de los CRG son animales *Bos taurus* con más de 500 años de adaptación a las condiciones de Panamá (Guerra e Iglesias, 1995).

La mayor tolerancia al calor permite que el animal dedique más tiempo pastoreando durante los periodos de estrés calórico y puede ser más productivo como resultado de un mayor consumo de alimento bajo condiciones de pastoreo. De acuerdo a Berbigier (1989), el bovino es una especie muy sensitiva al calor y a pesar de las costosas modificaciones de su ambiente para reducir el estrés calórico, continúa siendo un pobre transformador de alimento en carne. Finalmente, el pastoreo sigue siendo la fuente más barata

para que el bovino adquiera su fibra, de allí que las estrategias de mejoramiento genético a seguir sería el cruzamiento de razas locales con razas puras y sintéticas adaptadas sin destruir su tolerancia al calor y la selección a partir de animales dentro de grupos raciales que muestren mayor tolerancia al calor.

CONCLUSIONES

De acuerdo, a las condiciones de un bosque tropical húmedo en que se realizó el presente estudio, se derivan las siguientes conclusiones:

- ❖ Las condiciones de temperatura y humedad relativa del ecosistema de Gualaca Bajo lo ubicaron dentro de la etapa de estrés calórico moderado.
- ❖ Existen diferencias notables en la tolerancia al calor entre los grupos raciales.
- ❖ Animales de alto encaste con Holstein mostraron menor tolerancia al calor.
- ❖ Las diferencias más notables se observaron en casi todas las variables de respuesta excepto la frecuencia cardíaca.
- ❖ Las épocas del año también influyeron sobre las variables de respuesta excepto la transferencia de calor por conducción (Q_k).

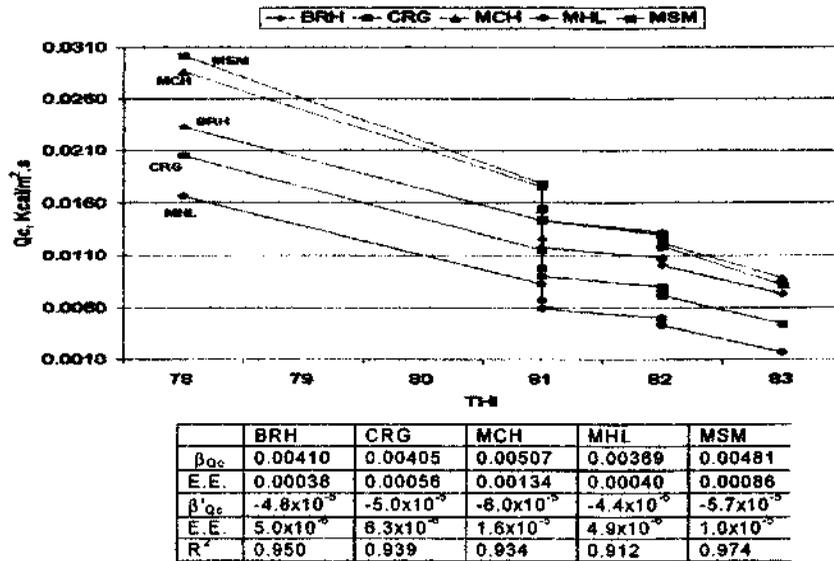


FIGURA 7. CONVECCIÓN CALÓRICA POR GRUPO RACIAL Y THI.

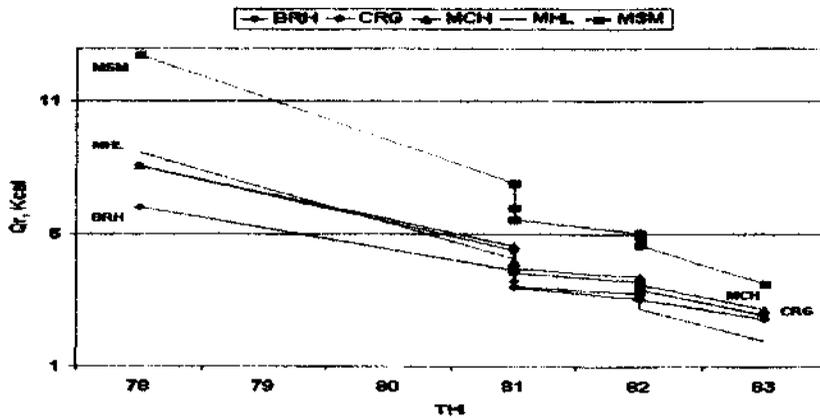


FIGURA 8. RADIACIÓN CALÓRICA POR GRUPO RACIAL Y THI.

- ✦ Los grupos raciales y las épocas del año actuaron de forma independiente.

AGRADECIMIENTO

Los autores extiende un cordial agradecimiento a los siguientes investigadores que de una u otra forma nos brindaron una colaboración desinteresada: M.V. Ginnette Rodríguez, M.Sc. Salomón Abrego, M.Sc. Filiberto Frago, M.Sc. Jorge Girón.

BIBLIOGRAFÍA

- AMES, D.R.; RAY, P.E. 1983. Environmental manipulation to improve animal productivity. *Journal of Animal Scienc* 57 (Supplement 2): 209-220.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science* 62: 543-548.
- BERBIGIER, P. 1989. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: cattle, sheep and goats, pigs. *In* Memorias del 1º Ciclo Internacional de Palestras sobre Bioclimatología Animal. Ed. J.R. Mateus. Paranhos da Costa. Botucatu, FMVZ/UNESP, 1986. Jaboticabal, FUNEP, 1989. Brasil. 130 p.
- BIANCA, W. 1963. Rectal temperatura and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. *Journal of Agricultural Science* 60: 113-116.
- CABALLERO CHACÓN, S.C.; OCAMPO, L.; SUMANO LÓPEZ, H. 1995. El uso de la somatropina bovina recombinante (STBr) durante el estrés calórico en el ganado bovino. *Técnica Pecuaria en México* 33 (3): 168-178.
- DE ALENCAR NÃÃS, I. 1989. Princípios de conforto térmico na produção animal. Ed. Icone. Coleção Brasil Agrícola. São Paulo, Brasil. 183 p.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. 1981. Applied regression analysis. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 709 p.
- FERRER, R.; ESPINOZA, J. ; MORAIS, M. 1982. Resistencia de terneras mestizas Holstein x Cebú en clima cálido húmedo. II. Tolerancia al calor y pelaje. *Revista de Sa-lud Animal* 4 (1): 83-99.

- FINCH, V.A. 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science* 62: 531-542.
- FOLK, E.; RIEDESALE, M.; THRIFT, D.L. 1998. Response to hot environment. *In Principles of integrative environmental physiology*. Austin & Winfield Publishers. San Francisco, USA. pp. 283-323.
- GUERRA M., P.; IGLESIAS A. 1995. Ganado bovino criollo de Panamá. IDIAP. CIA Occidental. Gualaca, Chiriquí. Hoja Divulgativa.
- GUERRA M., P.; QUIEL, R. 2002. Programa de mejoramiento genético para hatos Cebú en sistemas de Cría y Ceba. *En Seminario Internacional de Reproducción y Mejoramiento Genético en Bovino*. JICA-FCA-UP-PROMEGA. 18 al 20 de septiembre de 2002. 35 p.
- HAMMOND, A.C. 1993. Evaluation of the Senepol breed: heat tolerance and grazing activity. *In 42nd Annual Florida Beef Cattle Short Course Proceeding*. University of Florida, Gainesville, Fl. USDA. ARS. USA. pp. 103-112.
- HAMMOND, A.C.; OLSON, T.A.; CHASE, C.C.; BOWERS, E.J.; RANDEL, R.D.; MURPHY, C.N.; VOGT, D.W.; TEWOLDE, A. 1996. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. *Journal of Animal Science* 74: 295-303.
- HANSEN, P.J.; ARÉCHIGA, C.F. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science* 28 (Supplement 2): 36-50.
- HARVEY, W. 1975. Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA Report. ARS H-4. Washington, USA. 75 p.
- MACKINNON, G.; MEYER, K.; HETZEL, D.J.S. 1991. Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. *Livestock Production Science* 27: 105-122.
- MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, L.R.; BARBOSA, R.T.; MONTEIRO, J.B.N. 1990. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. *Journal of Dairy Science* 73: 1872-1886.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1976. Nutrient requirements of domestic animals. N° 4. Nutrient

- requirements of beef cattle. 5th Rev. Ed. National Academy of Sciences - NRC. Washington, D.C. USA. 92 p.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 1976. Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Setter C:31-76. US Department of Commerce. NOAA. National Weather Service Central region, Kansas City, Missouri.
- OLSON, T.A.; HAMMOND, A.C.; CHASE, C.C. 1997. Evidence for the existence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in Senepol cattle. *Journal of Animal Science* 75 (Supplement 1): 147.
- OLSON, T.A.; HAMMOND, A.C.; CHASE, C.C. 1998. Evidence for the existence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. Tektran. USDA. ARS. (abstract).
- OLSON, T. A. 1999. Control genético de la tolerancia al calor en ganado bovino: Evidencia de la existencia de un gen mayor que afecta la longitud del pelo y la tolerancia al calor en ganado *Bos taurus*. Conferencia Internacional de Ganadería. Animal Science. University of Florida, Gainesville, USA. 9 p.
- QUIROZ, R.; QUIEL, J.J. 1989. Sistemas de producción de bovinos de doble propósito en Panamá. En *Memorias de la VIII Reunión General de RISPAL*. M.E. Ruiz y A. Vargas (eds.). IICA-CATIE-INIAA. San José, Costa Rica. pp. 55-64.
- RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science* 83: 2120-2125.
- RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I. 2002. Studies on genetic of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis. *Journal of Dairy Science* 85: 1586-1589.
- SEARLE, R. 1971. *Linear models*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 532 p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*. 2nd ed. McGraw Hill Company. New York, USA. 631 p.
- TIPPENS, P.E. 1980. *Física, conceptos y aplicaciones*. 3a ed. McGraw-Hill Company. New York, USA. 930 p.

- TURNER, H.G. 1982.** Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationship to fertility. *Animal Production* 35: 401-412.
- TURNER, H.G. 1984.** Variation in rectal temperature of cattle in a tropical environment and its relationship to growth rate. *Animal Production* 38: 417-427.
- WEST, J.W. 1994.** Interactions of energy and bovine somatotropin with heat stress. *Journal of Dairy Science* 77: 2091-2096.
- WILLMER, P.; STONE, G.; JOHNSTON, I. 2000.** *Environmental physiology of animals: Temperature and its effects.* Blackwell Science Ltd. Maryland, USA. pp. 192-245.