



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Tolerancia térmica de novillos y novillas en pastoreo a las condiciones ambientales del trópico húmedo del sistema de cría y ceba



Panamá, 2012

**TOLERANCIA TÉRMICA DE NOVILLOS Y NOVILLAS
EN PASTOREO A LAS CONDICIONES
AMBIENTALES DEL TRÓPICO HÚMEDO DEL
SISTEMA DE CRÍA Y CEBA.**

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
Departamento de Ediciones y Publicaciones.

Panamá, 2009
20 p. ilustr.

ISBN: 978-9962-677-08-06



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Tolerancia Térmica de Novillos y Novillas en Pastoreo a las Condiciones Ambientales del Trópico Húmedo del Sistema de Cría y Ceba.

Pedro Guerra M.
José L. Bernal R.
Raúl H. De León G.
Roderick A. González M.
Julio Barrios

Panamá, 2012

Contenido

INTRODUCCIÓN	
Importancia de la tolerancia al calor.....	2
Localización del estudio.....	2
Ecosistema de Gualaca bajo (EGB).....	2
Grupos raciales evaluados.....	3
Sistema de pastoreo.....	3
Suplementación energética - proteica.....	3
Promotores de crecimiento y plan sanitario.....	3
Suplementación mineral.....	4
Información ambiental de interés.....	4
Importancia de la temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR).....	4
Importancia del THI.....	5
Característica e información de adaptabilidad de animales en pastoreo.....	5
Información de adaptabilidad de novillos en pastoreo.....	6
Información de adaptabilidad de novillas en pastoreo.....	6
BIBLIOGRAFÍA.....	9

TOLERANCIA TÉRMICA DE NOVILLOS Y NOVILLAS EN PASTOREO A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL TRÓPICO HÚMEDO DEL SISTEMA DE CRÍA Y CEBAS

Pedro Guerra M. ; José L. Bernal R. ; Raúl H. De León G. ;
Roderick A. González M. ; Julio Barrios

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cría y ceba de Panamá se desarrollan en el trópico húmedo y en pastoreo bajo condiciones de extrema deforestación. Estas condiciones producen estrés calórico (fuerzas externas al animal homeotérmico⁶ y endotérmico⁷ que actúan para desplazar la temperatura corporal de su estado en reposo), altera el comportamiento fisiológico (funciones celulares) y comportamiento del animal (reproducción y producción).

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 (i.e. baja producción de leche y baja ganancia de peso vivo). En países del trópico y sub trópico, dos estrategias se han estado utilizando para mejorar la eficiencia bioeconómica de estos sistemas de producción. Una 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.

El uso de razas genéticamente adaptadas (Senepol, Bonsmara, Carora y otras) 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 *et al.* 1990).

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).

¹M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

²M.V. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

³Ing. Agr. Zoot. Biotecnología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

⁴M.Sc. Producción Animal y Biotecnología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

⁵Ing. Zoot. Estudiante Graduado. Facultad de Ciencias Agropecuaria. Universidad de Panamá.

⁶Homeotérmico: animales con temperatura corporal constante y en un determinado nivel (36 a 40 °C), que es el óptimo para el conjunto de todas sus reacciones bioquímicas.

⁷Endotérmico: animales que produce calor interno por las distintas funciones orgánicas.

Esta publicación tiene como objetivo brindar información sobre tolerancia térmica a las condiciones ambientales del trópico húmedo de novillas y novillos desarrollados en pastoreo y brindar elementos para estimar pérdida calórica a través de mecanismos de termo-regulación de razas y cruces bovinos utilizados en los sistemas de cría y ceba en Panamá.

IMPORTANCIA DE LA TOLERANCIA AL CALOR

La tolerancia al calor, medida a través de la temperatura rectal bajo estrés calórico, es un carácter cuantitativo que posee una heredabilidad (proporción de la variación observada y medida que es atribuida a factores genéticos aditivos) entre 0.25 y 0.65 (Turner 1982; 1984). Este rango de heredabilidad indica que es mediana a altamente heredable y puede transmitirse de generación en generación. Además, la tolerancia térmica está ligada al gen para la longitud del pelo, la cual junto con el color del pelo son características muy importantes para la termorregulación. Además, las correlaciones genéticas (grado de asociación entre dos características desde el punto de vista genético) entre temperatura rectal y características como las medidas de fertilidad y crecimiento del ganado de carne tienen valores altos, pero negativos de -0.76 a -0.86, respectivamente. Esto significa que a medida que aumenta la temperatura rectal del animal se afectan los índices de fertilidad y la tasa de crecimiento diario.

La tolerancia térmica es parcialmente determinada por la habilidad del animal a aclimatarse a cambios de temperatura, entendiéndose que la aclimatación es una respuesta intermedia entre la tolerancia al calor y termorregulación. Además, los bovinos son animales homeotérmicos con temperatura corporal constante entre 37 y 40°C y a la vez son endotérmicos, los cuales dependen de la generación y regulación de la producción de calor interno como una consecuencia de estar vivo y tener conversiones metabólicas en sus células constituyentes.

Localización del estudio.

La fase de campo del estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca Carlos M. Ortega (EEG-CMO) del Centro de Investigación Agropecuaria de IDIAP ubicada en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí. La EEG-CMO 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; Materia Orgánica de 5%; P de 2 ppm y K de 35 a 40 ppm.

Ecosistema de Gualaca Bajo (EGB)

De acuerdo con la clasificación de Holdridge, el Ecosistema de Gualaca Bajo (EGB) está 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 EGB comprende el distrito de David, Dolega y Gualaca Bajo hasta una altura de 600 msnm. Los valores promedios (1999-2008) por época del año de precipitación, temperatura ambiental, humedad relativa y evaporación se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1. INFORMACIÓN CLIMÁTICA DEL ECOSISTEMA DE GUALACA BAJO.

Época del año	Precipitación, mm	Temperatura, °C	Humedad Relativa, %	Evaporación, mm
Baja Precipitación	227.4	31.1	68.2	190.3
Alta Precipitación	3983.6	28.5	84.7	110.2

Grupos raciales evaluados

Se utilizaron novillos con un rango de peso de 340 a 450 kg y novillas con rango de 205 a 300 kg respectivamente. Los grupos raciales de los novillos utilizados fueron: ***Bos taurus*** adaptados representados por el Criollo Guaymí (CRG); ***Bos indicus*** representados por el Brahman (BRH); cruce doble propósito (***Bos taurus*** doble propósito x ***Bos indicus***) representados por Simmental (X-SM); cruce cárnico (***Bos taurus*** carne x ***Bos indicus***) representados por Charoláis (X-CH); y cruce lechero (***Bos taurus*** leche x ***Bos indicus***) representados por Holstein (MHL). En las novillas se incluye una raza sintética (*Sintética* x ***Bos indicus***) representados por Senepol (X-Sen); además de BRH, X-CH y X-SM, pero no se incluye el CRG y MHL.

Sistema de pastoreo

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 entre 3 y 7 días de pastoreo por 21 a 28 días de descanso. La fertilización también varió de acuerdo al tipo de pastura con aplicaciones anuales de 60 a 40; 30 a 20 y 30 a 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en dos aplicaciones (mediados de julio y mediados de noviembre) y el fósforo y potasio se aplicaron después que se estabilizaron las lluvias (mediados de julio).

Suplementación energética – proteica

Para suplir los nutrientes diarios que la pastura no cubría y obtener una ganancia de peso vivo de acuerdo a la NRC (1982), se utilizó una mezcla líquida en el caso de los novillos (melaza, harina de pescado o soya y urea) y concentrado en las novillas (maíz, pica de arroz, pulidura de arroz y harina de soya). Se adicionaron 10 g/día/animal de lasalocid sódico al 4%.

Promotores de crecimiento y plan sanitario

Para acelerar el crecimiento y reducir el período de ceba, los novillos se implantaron con zeranol o una combinación de estrógeno + andrógeno al día 1 y día 60 de iniciado el estudio.

Los animales fueron desparasitados interna y externamente. Cada 30 días se bañaron con una solución ecto-parasiticida y cada 60 días, se desparasitaron internamente contra lombrices planas y redondas.

Suplementación mineral

A la mezcla líquida y suplemento concentrado, se le añadió dos onzas diarias por animal de una mezcla mineral con 12% de Ca, 8% de P y micro-minerales. Además, las novillas se les inyectaron soluciones minerales concentradas, vía subcutánea cada 60 días.

Información ambiental de interés

Para cada día que se tomó información en el animal se midió la temperatura ambiental (termómetro de bulbo seco) y humedad relativa 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 *et al.* 2000) y ganado de carne (Hammond *et al.* 1996).

$$\text{THI}(T,HR) = (1.8)T + 32 - (0.55)(0.55HR)(1.8T - 26)$$

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

Importancia de la temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR).

Estudios en Brasil indican que el rango de temperatura ambiental admisible para períodos de larga exposición de bovinos de carne en pastoreo es de 4 a 26 °C y la temperatura máxima admisible para períodos cortos de exposición es de 32 °C; además, la temperatura ambiental ideal para producción está entre 13 y 18 °C. Los valores de temperatura ambiental reportados en el Cuadro 1 están por encima del rango recomendado, principalmente durante la Época de Baja Precipitación (De Alencar Nããs 1989).

Un factor importante en la regulación de la temperatura corporal es la HR o Presión de Vapor del Ambiente⁸, ya que aunque existan temperaturas ambientales termo-neutrales, 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.

La importancia de la Presión de Vapor Ambiental radica en que solamente se podrá “evaporar” el sudor si la presión de vapor del sudor supera a la presión de vapor del ambiente. Aún con Humedad Relativa alta y baja temperatura ambiental, se da baja presión de vapor y se puede sudar más fácilmente que con temperaturas altas y baja Humedad Relativa. Además, la Humedad Relativa a una temperatura dada es una función directa de la Presión de Vapor Ambiental e inversa de la Presión de Vapor Saturado⁹.

⁸ Presión de vapor del ambiente: es la que se produce cuando las moléculas de agua se desprenden de la superficie y se convierte en moléculas de vapor que luego se mezclan y chocan con las moléculas del aire elevándose así la presión.

⁹ Presión de vapor saturado: es la presión adicional ejercida por las moléculas del vapor sobre sus alrededores en condiciones de saturación.

Importancia del THI

En la literatura se reporta que el estrés calórico está relacionado con el THI. De esta relación se establecieron tres categorías (rangos de THI) capaces de producir estrés calórico en el animal: ligero (THI 72-79); moderado (THI 80-89) y severo (THI 90-98). Estos valores de THI influyen significativamente sobre el comportamiento animal y varía inclusive dentro de las regiones. Los valores de THI se estimaron para cada fecha de toma de información y estuvieron en un rango de 78.7 a 83.1 de acuerdo a la época del año. Estos valores de THI indican que los animales estuvieron en condiciones de estrés calórico en categorías de ligero alto a moderado bajo.



Figura 1. Novillas y Novillos Experimentales en Pastoreo Previo a la Toma de Información.

Características e información de adaptabilidad de animales en pastoreo

A cada animal experimental en su momento de toma de datos se le anotó la siguiente información:

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

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.

Frecuencia cardiaca (FC): A través de un estetoscopio se contaron los latidos cardiacos en 15 segundos y se multiplicó por cuatro para obtener la frecuencia en un minuto.

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.

Temperatura de la superficie corporal (T_s): Con un termómetro digital colocado entre dos pliegues de la piel a la altura de las vértebras lumbares se determinó la temperatura superficial durante un minuto de tiempo con un termómetro de mercurio de vidrio.

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.

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

1. Para ganado Cebuano y Criollo: $A = 0.12W^{0.60}$

2. Para ganado Cruzado: $A = 0.15W^{0.56}$

Donde: A es el área (m²) y W es el peso corporal (kg).

Las características T_i , T_s , T_{amb} , GP y A son muy importantes para calcular la pérdida de calor a través de mecanismos de termo-regulación como convección, conducción, radiación y evaporación y establecer diferencias entre grupos raciales y por sexo del animal.

Información de adaptabilidad de novillos en pastoreo

De acuerdo al Cuadro 2, la mayor Área para disipar calor se encontró en los X-SM, siendo apenas 0.085 m² mayor que el BRH, pero con una diferencia de 13.4% comparados con los MHL. Por otra parte, los animales cruzados como Charoláis (X-CH) y Simmental (X-SM) registran la mayor temperatura superficial (Ts) y grosor de la piel (GP). Los X-CH sobresalieron en 0.344 °C a los X-SM en Ts, pero superando grandemente en 1.167 °C a los MHL. Además, los X-SM presentaron más gruesa piel (0.4 mm) que los X-CH; sin embargo, la diferencia en grosor de la piel fue mayor (0.5 mm) con respecto a los BRH, CRG y MHL, respectivamente.

Los MHL reportaron la más alta FC, siendo 7.8 y 5.9% más alta a la encontrada en los X-MSM y BRH, respectivamente. La diferencia entre CGR y X-CH con respecto a MHL no fue muy marcada (<2.0%). El grupo racial que más alta agitación (frecuencia respiratoria, FR) registró fue el MHL. La menor FR se observó en los BRH, siendo ésta 33.1% menor que la observada en los MHL. Las mayores temperaturas interna corporal (Ti) se detectaron en los MHL y X-SM, siendo, en promedio superior a la temperatura interna de los BRH (0.4 °C) y CRG (0.34 °C), pero sin diferenciarse de la encontrada en X-CH. La temperatura interna de los X-SM y X-CH no difieren de la encontrada en el CRG.

CUADRO 2. INFORMACIÓN DE ESTRÉS CALÓRICO Y ELEMENTOS PARA ESTIMAR VALORES DE LOS MECANISMOS DE TERMO-REGULACIÓN POR GRUPO RACIAL EN NOVILLOS.

Grupo Racial	Variables						
	T _i (°C)	FR insp/min	FC (lat/min)	LP (mm)	T _s (°C)	GP (mm)	Área (m ²)
BRH	39.5±0.1	44.7±3.0	74.3±2.9	6.2±0.5	31.7±0.2	7.1±0.4	7.1±0.1
CRG	39.6±0.1	48.7±3.5	77.4±3.3	7.8±0.5	31.7±0.7	7.1±1.4	6.6±0.2
X-CH	39.7±0.1	48.1±3.4	78.9±3.2	8.9±0.6	32.3±0.3	7.2±0.6	6.8±0.1
MHL	39.9±0.1	59.5±3.6	79.0±3.4	10.0±0.6	31.1±0.7	7.1±1.4	6.2±0.2
X-SM	39.9±0.2	48.0±6.7	72.8±6.2	9.1±1.1	31.9±0.4	7.6±0.8	7.2±0.2

Fuente: Guerra *et al.* 2008.

Basado en estos resultados, (Cuadro 2) los animales MHL son los más estresados, mientras que los BRH muestran mayor tolerancia al calor seguido por CRG. Los animales X-CH y X-SM muestran una tolerancia al calor, ya que combina la mitad de sus genes del BRH con la otra mitad de las razas Charoláis y Simmental, originarias de zonas templadas. Esto también se explica por el LP, siendo más largo en MHL seguido por X-SM y X-CH, aunque no difirieren, pero el LP del MHL difirió con respecto al BRH en 48.6% y en 21.5% con CRG.

La temperatura superficial (T_s) más alta se detectó en los novillos X-CH, lo que indica una mayor pérdida calórica por convección (es el flujo de calor entre dos cuerpos por el movimiento de masa de un fluido interventor, ya sea líquido o gas) y radiación (proceso por el cual se transfiere el calor en forma de ondas electromagnéticas). Esta pérdida calórica por convección y radiación están directamente relacionada con el área corporal y la temperatura superficial, por lo que los animales X-CH pierden más calor que el resto de los cruces y razas del Cuadro 2.

Por otro lado, mayor grosor de la piel está muy relacionado con el aislamiento de calor interno. La piel bovina no es buena conductora de calor (baja conductividad térmica) por lo que se denomina como aislador de calor. A mayor grosor de la piel, mayor sería el calor aislado internamente y estresaría más al animal. Aunque no fue reportado en este documento, los novillos X-SM son los que más calor aíslan internamente.

Información de adaptabilidad de novillas en pastoreo

Novillas entre 14 y 16 meses de edad, también fueron sometidas a estos estudios de tolerancia térmica (Cuadro 3). Sin embargo, novillas Criollas (CRG) y cruzadas Holstein-Brahman (MHL) no se consideraron en este trabajo. Las novillas X-SM presentaron la mayor temperatura interna (T_i), pero las X-SE fueron las que mejor disipan calor internos, principalmente por que el Senepol es una raza que ha sido seleccionada para tolerar calor. Pero por otra parte, las novillas X-SE fueron las de mayor FR o las que jadearon mucho más que las otras novillas en prueba. En general, todas las novillas cruzadas jadearon más que las novillas Brahman, indicando estos animales utilizan este mecanismo para disipar calor.

CUADRO 3. INFORMACIÓN DE ESTRÉS CALÓRICO Y ELEMENTOS PARA ESTIMAR VALORES DE LOS MECANISMOS DE TERMO-REGULACIÓN POR GRUPO RACIAL EN NOVILLAS.

Grupo Racial	Variables						
	T_i (°C)	FR (insp/min)	FC (lat/min)	LP (mm)	T_s (°C)	GP (mm)	Área (m ²)
BRH	39.5–0.1	44.7–3.0	74.5–1.8	9.6–0.3	36.68–0.09	7.2–0.3	3.48–0.06
X-CH	39.4–0.2	48.1–3.4	73.5–3.3	10.1–0.6	36.78–0.16	6.9–0.6	3.73–0.10
X-SE	39.2–0.3	59.5–3.6	71.1–4.2	9.2–0.9	36.68–0.23	7.7–0.8	3.73–0.14
X-SM	39.7–0.2	48.0–6.7	80.6–2.3	15.4–0.7	36.86–0.17	7.4–0.6	3.36–0.10

(a)Media error estándar de la media ($S_e = S^2/n$)

Fuente: Guerra *et al.* 2008

La frecuencia cardíaca (FC) fue mayor en las novillas X-SM y mucho menor en las X-SE si las comparamos con las novillas BRH (Cuadro 3). De las novillas estudiadas, las X-SM presentaron los valores más altos en el largo de pelo (LP), seguido por las X-CH. Animales adaptados al trópico húmedo deben ser de pelo corto tal como lo muestran las novillas X-SE y BRH. Este pelaje largo se asoció con menor temperatura superficial (T_s) comparada con la encontrada en las novillas X-SE y

X-CH. Esta T_s asociada con el GP y área corporal (A) permitirá mayor disipación de calor corporal a través de los mecanismos de termorregulación como convección¹⁰ y radiación¹¹.



Figura 2. Animales experimentales pastoreando durante la época de alta y baja precipitación

Algunos investigadores señalan que el indicador más común de tolerancia al calor del bovino es la temperatura rectal medida como temperatura interna (T_i). Nuestros BRH y CRG han mostrado adaptarse bien a nuestras condiciones ambientales y además, presentan valores similares al Romosinuano (Criollo Colombiano) y al sintético como el Senepol (T_i de 39.5 y 39.2 °C, respectivamente) evaluados en el sub trópico de Florida (Hammond *et al.* 1996). En nuestros resultados, ningún grupo racial superó los 40 °C, estando muy cerca el grupo de novillos MHL por su mayor encaste Holstein, el cual ha mostrado poca adaptabilidad a condiciones de estrés calórico. Por otro lado, Olson *et al.* (1997; 1998; 1999) 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 T_i debido a condición del pelo ralo pudiera ser de aproximadamente 0.5 °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. Años después, Robertshaw, citado por Hammond *et al.* (1996) sugirió que la FR puede ser una medida de jadeo y más apropiado indicador de estrés calórico que la T_i ; sin embargo, en el presente estudio hemos reportado ambas medidas hasta que se defina cual sería el mejor indicador de estrés calórico. Los valores del Cuadro 2 están entre los rangos de las investigaciones realizadas en el sub-trópico de Florida, USA a excepción del MHL y X-SM, pero aun así se consideran animales capaces de adaptarse a nuestras condiciones del trópico húmedo.

¹⁰ Convección: es el flujo de calor entre dos cuerpos por el movimiento de masa de un fluido interviniente, ya sea líquido o gas (Willmer *et al.* 2000)

¹¹ Radiación: es el proceso por el cual se transfiere calor en forma de ondas electromagnéticas (Tippens 1980)

RECONOCIMIENTO

Esta publicación está dedicada a la memoria de nuestros compañeros y amigos Javier González y Anel Delgado, (q.e.p.d.).

BIBLIOGRAFÍA

- BIANCA, W. 1963. Rectal temperature and respiratory rate as indicators of heat tolerance in cattle. *Journal of Agricultural Science*. 60:113-116
- DE ALENCAR NÃÃS, I. 1989. Principios de conforto térmico na produção animal. São Paulo, Brasil. Editora Icone. Coleção Brasil Agrícola. 183 p.
- GUERRA, P; Bernal. JL; DE LEON, R; GONZALEZ, RA; CARREÑO, A; GUERRA, O; BARRIOS, J. 2008. Determinación de la tolerancia térmica de novillas Brahman y sus cruces bajo pastoreo en el bosque húmedo tropical. *In* III Congreso Científico de Investigación – Innovación. (2008. Río Hato, Coclé). Memoria. David, PA. p. 90.
- GUERRA M, P; DE GRACIA G, MS; QUIEL B, RA; DE GRACIA, MM; DEL CID, I. 2004. Tolerancia térmica de animales Cebú y sus cruces en sistema de ceba en pastoreo, en el bosque húmedo tropical. Gualaca, Panamá. 1999-2004. *Ciencia Agropecuaria*. (17):75-106.
- HAMMOND, AC; OLSON, TA; CHASE, CC; BOWERS, EJ; RANDEL, RD; MURPHY, CN; VOGT, DW; 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, PJ; ARÉCHIGA, CF. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science*. 28(Supl. 2):36-50.
- MADALENA, FE; TEODORO, LR; LEMOS, AM. 1990. Evaluation of strategies for crossbreeding of dairy cattle in Brazil. *Journal of Dairy Science*. 73:1887-1901.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 1976. Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Setter C:31-76. Missouri, US, Department of Commerce. NOAA. National Weather Service Central region, Kansas City.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1982. Nutrient requirements of domestic animals. Nº4. Nutrient requirements of beef cattle. 7th Revised. Washington, D.C. US. Ed. National Academy of Sciences - NRC. 92 p.
- OLSON, TA. 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. Gainesville, US. *Animal Science*. University of Florida, 9 p.

- OLSON, TA; HAMMOND, AC; CHASE, CC. 1997. Evidence for the existence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in Senepol cattle. *Journal of Animal Science*. 75(Supl. 1):147.
- OLSON, TA; HAMMOND, AC; CHASE, CC. 1998. Evidence for the existence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in ***Bos taurus*** cattle. Tektran. USDA. ARS. (abstract).
- RAVAGNOLO, O; MISZTAL, I; HOOGENBOOM, RL. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science*. 83:2120-2125.
- TIPPENS, PE. 1980. Física, conceptos y aplicaciones. New York, USA. 3ª Edición. McGraw-Hill Company. 930 p.
- TURNER, HG. 1982. Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationship to fertility. *Animal Production*. 35:401-412.

Folleto Técnico

TOLERANCIA TÉRMICA DE NOVILLOS Y NOVILLAS
EN PASTOREO A LAS CONDICIONES
AMBIENTALES DEL TRÓPICO HÚMEDO
DEL SISTEMA DE CRÍA Y CEBA.

Es una publicación del



REVISORES TÉCNICOS

Manuel De Gracia, Ph.D.

Manuel H. Ruiloba, Ph.D.

Audino Melgar, Ing. Agro.

Carlos Saldaña, M.Sc.

Rodrigo Morales, M.Sc.

José Lezcano, M.Sc.

Ricardo Jiménez, M.Sc.

Leonardo Marcelino, M.Sc.

Gladys González D., M.Sc.

Emigdio Rodríguez, M.Sc.

REVISORES TÉCNICOS

Jorge O. Aued H, PhD

Manuel De Gracia, Ph.D

EDICIÓN

Magdalena Justavino, M.Sc.

Neysa Garrido, M.Sc.

DIAGRAMACIÓN

Raúl H. De León G., Ing. Agr.

Gregoria Hurtado

FOTOGRAFÍAS

Archivos del IDIAP

IMPRESIÓN

Departamento de Publicaciones

Nivel Central, Panamá

Primera edición: 100 ejemplares - 2009

Reimpresión: 50 ejemplares - 2010

Reimpresión: 50 ejemplares - 2011

Reimpresión: 25 ejemplares - 2012

