

Simposio Senepol, Santa Cruz, Islas Vírgenes 8-10 de noviembre, 2002

Impacto de las diferencias en la capa de pelo sobre la temperatura rectal, temperatura de la piel y ritmo respiratorio de cruces Holstein x Senepol en Florida, EEUU.

T.A. Olson ^{*,a}, M. Avila-Chytil ^{*}, C.C. Chase, Jr. [†], P.J. Hansen ^{*}, and S.W. Coleman [†].

^{*}University of Florida, Gainesville, FL 32611; Agricultural Research Service, USDA,

[†]Subtropical Agricultural Research Service, Brooksville, FL 34601

Resumen

El efecto de tipo de pelo en la temperatura rectal, temperatura de la piel, ritmo de respiración y consumo de alimento en confinamiento de cruces de ganado $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol fue estudiado en el verano del 2000 en dos lugares en Florida. El tipo de pelo fue clasificado subjetivamente como 1) *slick*, muy corto, suave y brillante y, 2) normal, similar al del ganado de pura sangre Holstein de la misma edad. Las diferencias visuales del pelo fueron cuantificadas al recopilar muestras de pelo. Las muestras de pelo fueron pesadas y los animales de pelo *slick* tuvieron un promedio de 11.47 mg/cm² contrario a 17.82 mg/cm² para los animales de pelo normal. El peso de las muestras de pelo fue menor (P<0.05) en las áreas negras comparado con las áreas blancas en los animales manchados. La temperatura rectal de los animales clasificados como *slick* fue 0.34° C (P<0.05) más baja que la de los animales de pelo normal. Igualmente, la temperatura de la piel de los animales *slick* fue 0.49° C (P<0.05) más baja que la de los animales con pelo normal, mientras que el ritmo respiratorio de los animales *slick* fue de 12.4 (P<0.05) inspiraciones por minuto menos que el de los animales de pelo normal. El impacto de tipo de pelo en la alimentación no fue significativo, posiblemente porque los animales no fueron alimentados bajo situaciones de estrés por calor. Diferencias mayores en las temperaturas rectales son esperadas en el ganado que lacta y pastorea bajo un alto grado de estrés por calor en lugares carentes de sombra.

Introducción

Se estima que el 75% del ganado ordeñado en los trópicos de América Latina son animales de doble propósito (Vaccaro et al, 1994). Dicho ganado tiene que adaptarse a las condiciones locales porque la mayoría de los productores en esas áreas no tienen los recursos económicos para aliviar el estrés por calor con abanicos, regaderas, sombra artificial, etc. como existen en las áreas del sur de los Estados Unidos. En los trópicos de América el ganado de doble propósito usualmente produce en base al pastoreo con forraje y teniendo sombra natural de árboles como única protección del clima. En los Estados Unidos se han hecho varias mejoras en el manejo y las facilidades diseñadas para reducir el impacto del estrés por calor en vacas lecheras. A pesar de estos avances, alta mortalidad embrionaria y bajos índices de preñez durante los períodos de temperaturas ambientales elevadas continúan creando problemas. Durante períodos de estrés por calor, se pueden observar índices de preñez tan bajos como 15% debido a dificultades en el

^aCorresponding author: Department of Animal Sciences, P.O. Box 110910, University of Florida, Gainesville, FL 32611-0910; Phone: (352) 392-2367, Fax (352) 392-7652, email:olson@animal.ufl.edu

intercambio calórico con el ambiente y aumento en la mortalidad embrionaria (Hansen and Aréchiga, 1999).

La mayoría de las razas de ganado usadas mundialmente fueron desarrolladas en zonas de temperaturas templadas y seleccionadas para producción en ese ambiente, lo cual posiblemente ha resultado en animales más sensitivos al estrés por calor en los ambientes tropicales.

Por otro lado, los criadores de ganado en las regiones tropicales no han sido exitosos en el mejoramiento de las razas de ganado nativas para lograr niveles adecuados de producción de leche. Por tal razón, el desarrollo de vacas lecheras de origen *Bos taurus* que sean más resistentes al estrés por calor es ventajoso para el trópico.

El ganado Senepol ha demostrado ser tolerante a las altas temperaturas y humedad en Florida, condiciones bajo las cuales el ganado Holstein usualmente sufre. Estudios hechos en Florida (Hammond and Olson, 1994; Hammond et al., 1996, 1998), Puerto Rico y Venezuela (Lucena and Olson, 2000) han demostrado que razas de ganado con piel de pelo corto y suave, poseen buena tolerancia al calor, manteniendo temperaturas rectales de hasta 0.50° C más bajas que las de razas de climas templados, no adaptadas al trópico. Olson et al. (2003) también han demostrado que el pelo corto del Senepol, designado como *slick*, es controlado por un solo gen dominante. Varias razas criollas o de influencia criolla de América Central y del Sur, incluyendo la Reyna de Nicaragua, el Criollo Limonero y la Carora de Venezuela, el Chino Santandereano, el Blanco Orejinegro y el Romosinuano de Colombia poseen el tipo de pelo producido por el gen para pelo *slick*.

En el presente estudio, la interacción ambiente-animal durante estrés termal fue cuantificada a través de medidas del ambiente (temperaturas del ambiente con bulbo seco y bulbo negro y humedad relativa) y respuestas fisiológicas de los animales (temperatura rectal, temperatura de la piel, ritmo de respiración). Las diferencias fisiológicas entre animales de composición genética similar pero distinta capa de pelo: corto y brillante (*slick*) o pelo normal tipo Holstein, fueron evaluadas. El objetivo del estudio consistió en caracterizar las diferencias en la respuesta al estrés por calor de animales cruzas Holstein x Senepol con capa de pelo *slick* y normal.

Materiales y Métodos

Los datos para este estudio fueron recopilados de 30 novillas y toros cruzas Senepol x Holstein. La composición racial del ganado incluía nueve animales F₁ Senepol x Holstein y 21 $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol. El $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol fue producido de dos vacas F₁ Senepol x Holstein via transferencia de embriones, progenies de dos toros Holstein registrados. Los datos para el primer experimento fueron recopilados desde agosto de 1999 a junio del 2000 en el Centro de Investigación en Agricultura Subtropical (STARS; 28° 37' N latitud, 82° 22' W longitud) localizado cerca de Brooksville, Florida. Un segundo experimento fue realizado en la Unidad de Investigación en Bovinos para Carne (BRU; 82° 17' W latitud, 29° 45' N longitud) de la Universidad de Florida, localizado 12 millas al noreste de Gainesville, Florida, EEUU.

En el primer experimento, las temperaturas rectales (RT) fueron registradas mensualmente comenzando en agosto de 1999 y terminando en junio del 2000, para un total de 11 fechas de medición, utilizando un termómetro microprocesador. Los datos del ritmo de respiración (RR) fueron recopilados en el mismo momento, contabilizando el número de inspiraciones en base a los movimientos de los flancos del animal durante un tiempo específico medido con un cronómetro y expresado por minuto (BPM). La humedad relativa (RH) del aire fue calculado usando un sicrómetro manual. Termómetros con bulbo negro fueron situados en lugares de sol y

de sombra para registrar la temperatura ambiente (BGT), que en este caso debido a la coloración del bulbo, incluye los efectos de la radiación solar y movimiento del aire sobre la misma. La temperatura ambiente (AT) fue registrada con un termómetro regular con bulbo seco, localizado en un área adyacente adonde se tomaron las medidas en los animales. Un índice de humedad-temperatura (THI) fue calculado para estimar la carga calórica que afectaba a los animales, en base a la fórmula siguiente: $THI = .8AT + RH \times [(AT - 14.3) + 46.3]$, donde RH es expresado en decimales.

En el STARS, el ganado apacentó durante el año de estudio en pastos mejorados, con predominancia de la gramínea Bahía (*Paspalum notatum*), con suplementación durante el invierno. Debido a que la primavera del 2000 fue extremadamente seca, la suplementación se continuó hasta el mes de mayo. En el BRU, el ganado utilizado, $\frac{3}{4}$ Holstein: $\frac{1}{4}$ Senepol, fue separado en grupos por sexo que se alimentaron en corrales con comederos individuales. Estos corrales tenían parte de los comederos bajo sombra, aunque el área no era lo suficientemente amplia para albergar a todos los animales a la misma vez. Los corrales donde se mantuvieron los animales antes de las mediciones tenían sombra natural y el inmovilizador donde se tomaron las mismas tenía techo. Cada comedero estaba equipado con un portón tipo Calan (American Calan, Inc., Northwood, NH.), que un animal en específico abría mediante un transmisor suspendido del cuello. Esto permitía que se cuantificara el alimento consumido por animal como la diferencia entre los pesos del alimento ofrecido y el dejado en el comedero. La dieta contenía 25% de cáscara de semilla de algodón, 24% cascarilla de soja, 20% heno de alfalfa, 14% maíz molido, 12% pulpa cítrica, 4% harina de soja y minerales. Al comienzo del estudio se ofreció diariamente a los animales un 2% de su peso vivo, aproximadamente, de esta dieta en base seca. Gradualmente se aumentó el ofrecimiento en la medida que consumían consistentemente todo el alimento provisto.

La capa de pelo fue evaluada visualmente y clasificada en dos categorías: *slick*, corto y brillante, típico de la raza Senepol, o normal, similar a la de Holstein. Estudios previos (Olson et al., 2003) indicaron que una clasificación subjetiva en categorías adicionales basada en el largo/cantidad de pelo no era necesaria. La capa de pelo fue también cuantificada en base al peso de muestras tomadas de cada animal. Las muestras se obtuvieron de un área de 57 cm² en el lado derecho del lomo, 12 cm debajo de la espina dorsal, utilizando tijeras de esquilar eléctricas. Muestras de pelo de las áreas blancas y negras del ganado manchado fueron tomadas por separado. La misma localización de las áreas muestreadas en el primer experimento fue utilizada para medir la temperatura de la piel en el segundo experimento descrito más adelante, mediante un termómetro infrarrojo. En este caso, las áreas se afeitaron para registrar la temperatura de la piel sin interferencias del pelo. Dichas áreas fueron afeitadas al menos, una vez por semana. Los termómetros infrarrojos han sido poco usados en estudios con animales pero son utilizados comúnmente para medir la temperatura del oído en medicina humana (Stavem et al, 1997). Las temperaturas de la piel son raramente reportadas en la literatura sobre animales (Goodwin, 1998); sin embargo, en el presente estudio se consideró de utilidad la identificación de las diferencias en esta variable entre animales de pelo *slick* y normal.

El segundo experimento fue realizado durante el verano del 2000 (14 de julio al 27 de agosto). Este período de tiempo fue escogido porque se esperaba que las condiciones ambientales proveyeran el estrés por calor necesario para cumplir con los objetivos del estudio. El ganado tuvo un período de adaptación de una semana antes de que se recolectaran los datos. Estos se obtuvieron de 2:00 pm a 3:00 pm, de martes a sábado. La información de las

condiciones ambientales fueron obtenida de la misma manera que en el primer experimento. Las temperaturas de bulbo negro de áreas soleadas fueron clasificadas en cuatro clases (BGTC), a saber: BGTC 1, menos de 40.0° C; BGTC 2, entre 40.0 y 44.9° C; BGTC 3, entre 45.0 y 50.0° C y BGTC 4, más de 50.0° C. Estas clases fueron establecidas para que cada una tuviera un número similar de observaciones.

Todos los datos fueron analizados usando el procedimiento de Modelos Lineales (GLM) del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Los efectos del sexo del animal no fueron significativos ($P < 0.01$) en los análisis iniciales, por lo que esta variable no fue incluida en el modelo final. Los datos de temperatura rectal (RT) del primer experimento fueron analizados utilizando el tipo de pelo como único efecto independiente y cada mes fue evaluado como un conjunto separado de datos. Los análisis de RT, temperatura de la piel (ST) e inspiraciones por minuto (BPM) del segundo experimento fueron realizados con el modelo de medidas repetidas (Littell et al, 1998) del procedimiento GLM de SAS. Los promedios por mínimos cuadrados fueron estimados para cada variable dependiente. El modelo final para el análisis de estos datos incluyó los efectos fijos de pelo (H), clases de temperatura con termómetro de bulbo negro (BGTC) y la interacción entre ellos (H x BGTC).

Resultados y Discusión

Experimento 1: Las variables ambientales fueron obtenidas al mismo tiempo que la información fisiológica de los animales. La temperatura ambiente más alta del primer experimento en STARS ocurrió el día de medición del mes de junio del 2000 y fue de 35.5° C. El mismo día el índice THI llegó a 103 y la humedad relativa fue de 44%. La temperatura ambiente (AT) más baja fue de 21° C en la medición de febrero del mismo año y el THI de ese día fue el más bajo (73) de todo el estudio. El índice de humedad-temperatura (THI) es usado como indicador de estrés, tanto en humanos como en ganado (McDowell, 1972).

La información ambiental, incluyendo el THI, no afectó los datos fisiológicos de los animales tomados durante el primer experimento en STARS. Este resultado se evidenció al calcular las correlaciones entre THI y RT que no fueron significativas entre animales de pelo normal y *slick* (-0.10, $P > 0.76$ y -0.35, $P > 0.29$, respectivamente). Estas correlaciones bajas entre el tiempo y los datos fisiológicos en STARS pueden ser consecuencia de que los datos fisiológicos fueron tomados sólo una vez al mes, sin considerar las condiciones ambientales de los días previos. Debido a que las variaciones climáticas, tales como los picos de las ondas de calor, pueden afectar a los animales por varios días (Valtorta, 1999), no se descarta que este factor sea responsable de las correlaciones bajas entre THI y RT en los datos de STARS. Todos los cercados utilizados en STARS incluían sombra y esto pudo haber contribuido a evitar cualquier carga excesiva de calor. Además, el inmovilizador donde fueron tomadas las mediciones tenía techo y el corral donde permanecía el ganado antes de que se tomaran las mismas incluía áreas de sombra que debieron también haber ayudado a aliviar cualquier estrés ambiental extremo. Las temperaturas rectales de los animales de pelo *slick* fueron más bajas durante el mes de septiembre (normal = 39.7, *slick* = 39.4° C; $P < 0.05$) y octubre (normal = 39.8, *slick* = 39.3° C; $P < 0.05$), mientras que la diferencia no fue significativa desde noviembre a junio (normal = 39.9; *slick* = 39.7° C; $P < 0.31$), en el experimento de un año en STARS. Estos resultados no fueron particularmente sorprendentes, ya que la ventaja del pelo corto debe manifestarse durante los tiempos de calor. Frisch (1981) reportó que en ausencia del estrés por calor no hubo ventaja de productividad de los animales con mayor tolerancia al calor. El hecho

de que los animales de pelo normal pudieron mantener una RT similar a la de los animales de pelo *slick* durante temperaturas templadas sugiere que su productividad no debe ser diferente en estas condiciones. El promedio de aumento diario de peso durante el año entero no diferió entre *slick* y el ganado de pelo normal (1384 vs.1345 aumento/día; $P < 0.10$). Esto es comparable con lo observado por Olson et al. (2003) en cruces de ganado Angus y Charolais de pelo *slick* y normal en la misma localidad.

Experimento 2: Las condiciones ambientales durante este experimento realizado en el BRU estuvieron bastante severas, considerando que el promedio de temperatura ambiente en el momento de las mediciones fue de 32.7° C y el promedio de THI de 99.7. El día de medición, 9 de agosto de 2000, ocurrieron los valores más altos de AT (36° C), THI (107) y de BGT en áreas sin sombra (56.5° C). Bajo estas condiciones, el ganado con pelo *slick* tuvo temperatura rectal (38.9 vs. 39.3° C; $P < 0.05$), temperatura de la piel (37.5 vs. 38.0° C; $P < 0.05$) y ritmo respiratorio (56.6 vs. 69.0 BPM; $P < 0.05$) más bajos que el ganado con pelo normal (Tablas 1 y 2).

Table 1. Medidas de temperaturas rectal (RT) y de la piel (ST) en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein $\frac{1}{4}$ Senepol en Florida, por tipo de pelo.

Tipo de pelo	Días de medición	No.	RT, °C	ST, °C
<i>Slick</i>	24	8	38.99	37.49
Normal	24	8	39.32	38.03
Diferencia			-0.33*	-0.49*

* Promedios en la columna difieren, $P < 0.05$

Tabla 2. Medidas de ritmo respiratorio (BPM) en ganado $\frac{3}{4}$ Holstein $\frac{1}{4}$ Senepol en Florida, por tipo de pelo.

Tipo de pelo	Días de medición	No.	BPM
<i>Slick</i>	24	7	56.61
Normal	24	8	69.02
Diferencia			-12.4*

* Promedios difieren, $P < 0.05$

Los animales de pelo *slick* mantuvieron RT más bajas ($P < 0.05$) que los animales de pelo normal (38.9 vs.39.3° C; Tabla 1). Las diferencias en RT entre los animales de pelo *slick* y los de pelo normal no diferió entre clases de temperatura (BGTC) y la ventaja de RT más baja en los animales de pelo *slick* sobre los de pelo normal fue consistente entre las clases. Dicha diferencia en RT a favor de los animales de pelo *slick* sobre los de pelo normal fue de 0.4° C, que en

primera instancia puede parecer poco importante. Sin embargo, la temperatura del ganado puede variar sólo de 38.5° C (normal) a 42.7° C (cuando ocurre la muerte), para un margen de sólo 4.2° C (Brody, 1948). Es por esto que la ventaja de los animales de pelo *slick* es responsable por casi el 10% de esta posible variación. En adición, ha sido reportado que pequeñas variaciones en RT pueden afectar procesos complejos, productivos y reproductivos (Brody, 1948). Diferencias entre 0.1 y 0.4° C en las temperaturas timpánicas diurnas de ganado aclimatado y no aclimatado han sido reportadas por Hahn et al.(1999). Por esto, la proporción de la ventaja en RT bajo cargas termales altas de los animales con pelo *slick* sobre sus medios hermanos y hermanos contemporáneos con pelo normal es importante y puede ser responsable de diferencias notorias en productividad bajo condiciones de estrés calórico. Resultó muy interesante el hecho de que las RT no respondieron al aumento en BGTC. Es posible que ello se deba a que la RT reacciona lentamente a los cambios en la carga calórica ambiental (Curtis, 1981) o porque, incrementando el ritmo respiratorio, los animales del estudio pudieron eliminar parte del calor corporal asociado con el incremento en BGT.

En el experimento en BRU, las mediciones de la temperatura de la piel también revelaron diferencias entre los animales de pelo *slick* y normal, siendo 0.5° C más baja ($P < 0.05$) en los con pelo *slick* (37.5 vs. 38.0° C). Dentro de cada tipo de pelo, la ST de los animales varió más de 1° C ($P < 0.01$) con las clases de BGTC de 1 a 4. En la clase 1, la ST fue de 36.9 y 37.4° C para animales de pelo *slick* y normal, mientras que en la BGTC 4, más cálida, la ST fue de 38.0 y 38.5° C, respectivamente. Estos valores eran de esperar ya que la BGT al igual que la piel de los animales son afectadas directamente por la radiación solar.

La piel es parte de la capa externa de los animales en contacto con los factores estresantes del ambiente, donde la radiación solar es uno de los más importantes. La temperatura de la piel puede tener un impacto substancial en varios procesos que afectan el flujo de energía entre el animal y el ambiente. Los receptores externos de temperatura se encuentran en la capa que rodea al cuerpo animal y que amortigua los intercambios termales con los alrededores. Robertshaw (1985) mencionó que la piel varía en su habilidad de intercambiar calor. Por ejemplo, la piel de las patas es más efectiva en esta acción que la piel del cuerpo en si. Los estudios futuros que analicen ST de diferentes áreas del cuerpo aumentarán el conocimiento de la utilidad relativa de esta medición comparada con la RT como indicador de estrés por calor.

El ritmo respiratorio (BPM) de los animales de pelo *slick* fue más lento ($P < 0.05$) que el de los animales de pelo normal (56.6 vs. 69.0 insp./min., Tabla 2). Las diferencias fueron similares en cada clase de BGTC. El ritmo de respiración aumentó, sin embargo, de manera inconsistente tanto en los animales de pelo normal como en los de pelo *slick* a medida que el THI varió de 91 a 107. Otros autores han reportado que vacas lactantes comienzan a sufrir de estrés por calor a un nivel de THI de 72, pero tal observación no fue evidente en nuestro análisis, quizás porque el THI estuvo sustancialmente más alto que 72 durante todos los días del experimento. Por otro lado, la ausencia de un nivel mínimo de reacción cercano a 72 pudo deberse a la ausencia de animales no lactantes en el presente estudio. Los animales de pelo normal y pelo *slick* elevaron ($P < 0.01$) su ritmo de respiración al aumentar el BGTC de 1 a 4 (normal: 64.0 a 77.1, *slick*: 53.4 a 64.9 insp./min.), pero el incremento en el BPM de los animales de pelo normal apareció ser más pronunciado comparado con el del ganado de pelo *slick* (Figura 1). No hay una explicación aparente para explicar porqué no aumentó el BPM de los animales de pelo *slick* de BGTC 1 a BGTC 2, (53.4 vs. 52.2; $P < 0.61$). El jadeo con la boca abierta no fue observado a la hora de las mediciones (2:30 pm), a pesar de que los animales tenían ritmos respiratorios altos y las

temperaturas ambientales en el BRU también fueron muy altas en algunos días.

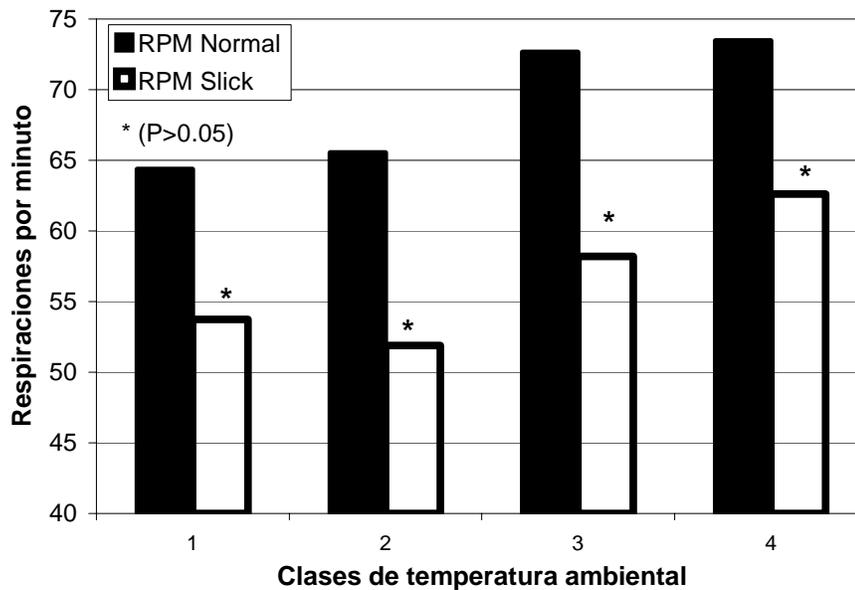


Figura 1. Respiraciones por minuto (BPM) de animales $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Senepol con pelo *slick* (barras abiertas) vs. pelo normal (barras solidas), por clases de temperatura ambiente.

Los ritmos de respiración de los animales de cada tipo de pelo fueron comparados durante los días de THI más alto (107) y más bajo (91). Los animales de pelo normal respondieron a esta variación con los ritmos de respiración más altos y más bajos en esos días (78 y 60.5 insp./min.; $P < 0.10$), respectivamente. Los ritmos respiratorios de los animales *slick* reaccionaron similarmente a esas variantes ambientales (61 vs. 47 insp./min. a 107 y 91 THI, respectivamente; $P < 0.05$). Los resultados fueron muy similares cuando se relacionaron con las clases de BGTC. El ritmo de respiración del ganado con pelo *slick* varió de 52 en BGTC 2 a 64.9 insp./min. en BGTC 4; igualmente, en el caso de los animales con pelo normal, el ritmo de respiración aumentó de 65.5 en BGTC 2 a 77.1 insp./min. en BGTC 4 ($P < 0.01$). La Figura 1 ilustra la relación del ritmo de respiración con BGTC. La diferencia en el ritmo respiratorio entre los animales de pelo *slick* y normal fue similar a la reportada por Brown-Brandl et al. (2001) en el ritmo de respiración de animales igualmente adaptados, colocados bajo sombra y al sol durante un verano caluroso. Aquella es también comparable a las diferencias observadas entre cruces Cebuínos (adaptados) y *Bos taurus* no adaptados. Mc Dowell (1972) reportó que el ganado adaptado, que es menos afectado por cargas calóricas altas y que puede mantener ritmos de respiración más lento, produce más eficientemente y requiere menos energía metabólica.

Los resultados establecen que los animales de pelo *slick* pudieron mantener valores de RT más bajos mientras respiraban más lentamente en todos los niveles de BGT. Ello puede significar que dichos animales podrían tener un mecanismo más eficiente para mantener la homeostasis. Además, es destacable que el ritmo de respiración de los animales de pelo *slick* en la clase BGTC más alta (64.9 insp./min.) fue muy similar al de los animales de pelo normal en la

clase de BGTC más baja (64.0 insp./min.; Figura 1). Nienaber et al. (1999) reportaron que el ritmo de respiración alcanza ciertos niveles máximos e inmediatamente después comienza el jadeo con la boca abierta. Los datos del presente estudio sugieren que los animales con pelo *slick* podrán resistir niveles de estrés calórico considerablemente más altos antes de comenzar a jadear con la boca abierta.

Los animales *slick* y de pelo normal fueron identificados visualmente y se cuantificaron las diferencias en el peso del pelo en ciertas áreas de la piel. Los de pelo *slick* tuvieron menos peso de pelo por área de la piel que los animales de pelo normal: 11.47 vs. 17.82 mg/cm² (P<0.05; Tabla 2). Los animales *slick* también parecían tener una capa de pelo más brillante y lustrosa al compararse con su hermanos y medios hermanos con pelo normal del experimento 2 en BRU. El peso del pelo cortado tanto de las áreas blancas como de las negras de los animales manchados fue medido, ya que visualmente parecía que las áreas blancas tenían pelo más largo. Al respecto, el peso del pelo blanco y negro cortado de un mismo animal indicó que el pelo negro por área de piel pesó menos (P<0.05) que el pelo blanco: 11.02 vs. 18.28 mg/cm² (Tabla 3). Esta diferencia entre pelo negro y blanco fue muy similar a la reportada anteriormente sobre la densidad del pelo entre los animales de pelo *slick* y normal. Las manchas blancas y negras también tenían un color de piel diferente en la base ya que las áreas blancas tenían piel rosada y en las negras era de este mismo color, como en los animales Holsteins de raza. Algunas de las preguntas que surgen debido a estos resultados son: "¿cómo influencia el gen que controla el patrón de mancha en el pelo a la longitud del mismo?" y "¿Afecta la mayor cantidad de pelo blanco en las áreas del mismo color en animales *slick* la tolerancia al calor?".

Uno de los objetivos del experimento fue determinar diferencias posibles en el consumo de alimento de los animales *slick* y de pelo normal bajo estrés de calor. El consumo de alimento afecta críticamente la productividad de los animales. La diferencia en el consumo de alimento en BRU fue significativa (P<0.07) ya que los animales *slick* consumieron más (*slick* = 27.0, normal = 26.7 g de alimento/g peso vivo/día). Estos resultados pudieron ser más dramáticos si el ganado se hubiese alimentado *ad libitum* en el experimento 2. La variación en el consumo de

Table 3. Peso promedio de pelo por área, según tipo de pelo y color¹.

Rasgo	N	Pelo	Promedio	SEM ²	P
Tipo de pelo	5	<i>Slick</i>	11.47	0.0162	P < 0.05
	8	Normal	17.82	0.0149	
Color de pelo*	13	Negro	11.02	0.0150	P < 0.05
		Blanco	18.28	0.0150	

¹ Promedios en mg/cm².

² Error estándar del promedio

* De 16 animales en el experimentos 2, tres no se midieron por la ausencia de manchas de color blanco y negro.

alimento causado por el estrés ocurre normalmente cuando la homeostasis es interrumpida (Hahn, 1999). La diferencia en el consumo de alimento entre los animales de pelo *slick*, más

tolerantes al calor y sus contemporáneos de pelo normal hubiese sido mayor en condiciones de temperaturas más severas. En este sentido, la comparación del consumo de alimento entre vacas adultas de pelo normal y pelo *slick* durante la lactancia también podría ser de utilidad. Las vacas que están lactando tienden a producir dos veces más calor que las vacas del mismo tamaño que no lo están (Worstell y Brody, 1953).

Investigaciones futuras podrán aclarar más exhaustivamente la importancia de las características de la capa de pelo en los mecanismos de disipación de calor y las diferencias que se aprecian con los animales de pelo *slick*. También, el efecto del rasgo de pelo *slick* sobre la susceptibilidad a las garrapatas debiera ser investigado, dado el impacto negativo que tiene este ectoparásito en la producción del ganado vacuno en los lugares tropicales y subtropicales del mundo. Hay informes de América del Sur y de Australia que sugieren que el ganado con pelo *slick* sería más resistente a las garrapatas. La investigación en variables tales como la densidad del pelo y la de glándulas sudoríparas en los animales de pelo *slick* podría contribuir a identificar una gama de características propias del ganado con dicha capa de pelo. La diferencia entre el peso y densidad del pelo blanco y el negro en el ganado tipo Holstein requiere más estudio para evaluar su influencia potencial en cuanto al estrés por calor. Nuestros datos indican que la resistencia al estrés podría ser mejorada con facilidad al incorporar el gen de pelo *slick* en razas no adaptadas al trópico. La oportunidad para el mejoramiento de la productividad a través del uso del gen de pelo *slick* es mayor en animales exigentes metabólicamente y bajo condiciones de calor severas, como es el caso del ganado de doble propósito y vacas lecheras de alta producción en regiones tropicales y subtropicales.

Literatura Citada

- Brody, S. 1948. I. Physiological backgrounds. Res. Bul. 423. Exp. Sta., U. of Missouri, Columbia, MO.
- Brown-Brandl, R. A., R. A. Eigenberg, G. L. Hahn, and J. A. Nienaber 2001. Correlations of respiration rate, core body temperatures, and ambient temperatures for shaded and non-shaded cattle. In: Proc. 6th International Livestock & Environment Symposium, Louisville, Kentucky. pp. 15-23.
- Curtis, S. E. 1981. Environmental management in animal agriculture. Animal Environmental Services. Maromet, IL.
- Frisch, J. E. 1981. Changes occurring in cattle as a consequence of selection for growth rate in a stressful environment. J. Agric. Sci. 96:23-38.
- Goodwin, S.D. 1998. Comparison of body temperatures of goats, horses, and sheep measured with a tympanic infrared thermometer, an implantable microchip transponder, and a rectal thermometer. Contemp. Topics in Lab. Anim. Sci. 37:51- 55.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Anim. Sci. Vol. 77 (Suppl. 2):10-20.
- Hammond, A.C. and T.A. Olson. 1994. Rectal temperature and grazing time in selected beef

- cattle breeds under tropical summer conditions in subtropical Florida. *Trop. Agric. (Trinidad)* Vol. 71 (No. 2):128-134.
- Hammond, A.C., T.A. Olson, C.C. Chase, Jr., E.J. Bowers, R.D. Randel, C.N. Murphy, D.W. Vogt, and A. Tewolde. 1996. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. *J. Anim. Sci.* 74:295-303.
- Hammond, A.C., C.C. Chase, Jr., E.J. Bowers, T.A. Olson, and R.D. Randel. 1998. Heat tolerance in Tuli-, Senepol-, and Brahman-sired Angus heifers in Florida. *J. Anim. Sci.* 76:1568-1577.
- Hansen, P.J. and C.F. Aréchiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Dairy Sci.* Vol.82 (Suppl. 2):36-50.
- Littell, R., P. Henry, y C. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* 76:1216-1231.
- Lucena, C., and T. A. Olson. 2000. Effect of hair coat type on rectal temperatures, milk production and calving interval in Holstein X Carora crossbred cows. In: Proc. 10th Congreso Venezolano de Zootecnia, Guanare, Venezuela. p. 84.
- McDowell, R.E. 1972. Improvement of livestock in warm climates. W.H. Freeman & Co. San Francisco, CA.
- Nienaber, J. A., G. L. Hahn, and R. A. Eigenberg. 1999. Quantifying livestock responses for heat stress management: a review. *Int. J. Biometeorol.* 42:183-188.
- Olson, T.A., C. Lucena, C.C. Chase, Jr., and A.C. Hammond. 2003. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* (under review).
- Robertshaw, D. 1985 Heat lost of cattle. In: Yousef, M.K. (Ed.). *Stress physiology in livestock*, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 55-66.
- Stavem, K., H. Saxholm, and N. Smith-Erichsen. 1997. Accuracy of infrared ear thermometry in adult patients. *Intens. Care Med.* 23(1): 100- 105.
- Vaccaro, L., Vaccaro, R., Verde, O., Mejias, H., Rios, L., and E. Romero. 1994. Harmonizing genetic type and environmental level in dual-purpose cattle herds in Latin America. *World Review Animal* 77. p.12.
- Valtorta, S. E., P. E. Leva, M. R. Gallardo, L. V. Fornasero, M. A. Veles and M. S. Garcia. 1997. Milk production: responses to high temperature. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(Supl. 1):399-401.

Worstell, D. M., and S. Brody. 1953. Comparative physiological reactions of European and Indian cattle to changing temperature. Research bulletin 515 U. of Missouri, Columbia, Missouri.