

CARACTERISTICAS ADAPTATIVAS DE LOS CEBUINOS

Luis Jair Gómez G.*, MVZ, M.S.

INTRODUCCION

La vida es un proceso que surgió de la materia inerte y que en último caso se debe a ella. Es así como los organismos vivos en sus manifestaciones biológicas, interactúan con todos los demás organismos vivos y con todos los elementos físicos que los rodean. Al analizar, entonces, la naturaleza, es necesario tener presente que al separar algunos de sus elementos para estudiarla pueden producirse distorsiones del proceso que se investiga y se podría llegar así a conclusiones erradas.

La complejidad del fenómeno ecológico es tal, que apenas empieza a moverse a niveles muy específicos y parciales, llegando a crear la idea, entre el público, que esto solo tiene que ver con aspectos de contaminación ambiental.

Entre algunos tratadistas, por el contrario, la extraordinaria amplitud de esta ciencia en ciernes, ha provocado expresiones como aquella citada por Robertshaw (26) de que la fisiología ambiental es el "estudio de lo imposible". Esta frase seguramente hiperbólica, revela de todas

maneras la emvergadura del problema y explica en alguna medida, el por qué se mueve actualmente a niveles tan especulativos, extraídos del empirismo y racionalizados *a posteriori*, que parte de una observación cuidadosa del comportamiento de los seres vivos en donde muy pobremente la teoría precede a la observación y en que apenas empieza a morderse con cierta dificultad el racionalismo, para ajustarnos a la teoría de Bachelard (1).

La fisiología ambiental no se ocupa pues, solamente, de los fenómenos de termorregulación, presión, mecanismos defensivos, etc., sino que se plantea el problema de las interrelaciones animal-medio ambiente en todas sus manifestaciones y en forma multilateral.

II. FUENTES DE ENERGIA ANIMAL

Los animales ganan energía por tres vías diferentes a saber: químicamente por el proceso metabólico; mecánicamente por acción de fuerzas físicas sobre sus cuerpos y térmicamente por intercambio de calor con el medio ambiente que lo rodea.

A partir de estos elementos se estructura la ecuación de la carga energética para el cuerpo del animal, como sigue:

* Exprofesor titular. Univ. Nacional de Medellín.

$$S = M + W + K + R + C + E$$

Donde:

- S Calor almacenado en el cuerpo
- M Calor metabólico
- W Calor por trabajo
- K Calor por conducción
- R Calor por radiación
- C Calor por convección
- E Calor por evaporación

A partir de la fórmula podemos desarrollar los elementos que hacen posible al cebú, mantener su homotermia en las condiciones del trópico.

Se debe mencionar en primer lugar, que las unidades de todas las ratas de transferencias de energía de la ecuación anterior se dan en unidades de intercambio por metro cuadrado de superficie corporal. Esto es: el intercambio de energía esta influenciado directamente por el área de superficie. Es así como bajo condiciones de mucha menor temperatura ambiental que corporal, es deseable una mayor área de superficie y a la inversa (esto es hablando de la piel como simple cobertura física más que de un órgano funcional). Esta es precisamente, una de las dificultades para calcular la ganancia de energía calórica radainte, la cual depende directamente de la cantidad de rayos calóricos que llegan al animal y de la cantidad de superficie corporal que está expuesta a ellos. Sin embargo el cálculo de la superficie, sobre todo para algunos casos específicos, es difícil y en ocasiones casi imposible. Por ejemplo para calcular la rata de transferencia de calor por conducción, caso en el cual la rata de transferencia depende del área de superficie corporal que contacta con la otra

superficie. Otro cálculo es el área de superficie expuesta al sol. Bajo estas circunstancias las fórmulas físicas diseñadas no tienen en muchos casos aplicación práctica.

2.1. *Calor Metabólico:* Es necesario de acuerdo con Webster (30), dejar sentado que es un mecanismo que no suele operar muy rápidamente bajo condiciones de temperaturas ambientales, fuera del límite termoneutral. Es pues, un mecanismo de adaptación lento, que generalmente opera en ganado mediante ajustes con consumo alimenticio y sistemas de aislamiento térmico, sin que necesariamente haya cambios más o menos estables en la rata metabólica termoneutral, ni en la rata metabólica basal.

En cuanto al aspecto metabólico, los cebuínos parecen tener algunas características que les permite una mejor posibilidad de adaptación a las condiciones del trópico no árido.

El balance térmico del animal depende fundamentalmente de dos factores: de un lado, de su producción de calor y del otro de la capacidad de disipación del calor sobrante.

En cuanto a la producción metabólica de calor (calor químico) se sabe que el cebú produce mucho menos calor total que el resto de vacunos (30) (El promedio general en vacunos es de 80 - 100 Kcal/m²/hr.).

Como reacción inmediata a condiciones de altas temperaturas ambientales, los animales disminuyen su consumo alimenticio, buscando así disminuir su producción de calor metabólico y disminuyendo su temperatura corporal.

El *Bos indicus* a diferencia con el *Bos taurus* solo disminuye su consumo alimenticio a temperaturas que sobrepasan los 30°C. Se ha encontrado, según cita Pirchner (23), que a temperaturas ambientales iguales o superiores a 27°C., los Shorthorns, los Holstein y los Jersey consumen menos alimento que a 10°C., los Pardo Suizo consumen igual cantidad, mientras los cebués consumen aún más que a 10°C. Se entiende que frente a una disminución del consumo alimenticio se sigue una disminución en la producción y además una mayor sensibilidad a todo tipo de noxas. En cuanto a incremento de temperatura, se encontró en el laboratorio de fisiología ambiental de la Universidad de Missouri, que las vacas lactantes Jersey y Holstein empiezan a aumentar su temperatura corporal cuando apenas sobrepasan los 20°C., mientras que los Brahman no empiezan a aumentarla sino después de que la temperatura ambiental alcanza los 35°C. En el caso de animales no lactantes, la reacción sólo se presenta cuando se alcanzan los 38°C.

Además de este aspecto del consumo alimenticio, se debe mencionar el aspecto de eficiencia. Hentges y Howes (9) encontraron que los cebuños digieren 4,40/o más la proteína cruda que los Herefords. Destacan además los investigadores como los *Bos indicus*, digieren más proteína cruda y otros nutrientes y consumen más cantidad de materia seca en condiciones de bajos niveles de nutrición, como es el caso común en el medio tropical, donde abundan los pastos leñosos y períodos de baja disponibilidad de forrajes. Es de advertir que a resultados similares han llegado varios investigadores.

Conviene mencionar además, por lo menos dos aspectos adicionales en lo que hace relación a las particularidades del metabolismo de los cebuños, en comparación con los taurinos. Una es la mayor capacidad de mantener un nivel normal de consumo alimenticio, en condiciones de baja disponibilidad de agua. Aparentemente esta capacidad se explica, al menos parcialmente, por la economía de agua de los cebuños al disminuir la excreción tanto fecal como urinaria de agua, fenómenos este asociado, según Phillips (22), a un ligero incremento de la eficiencia alimenticia.

La otra particularidad metabólica es el mantenimiento de un metabolismo normal de nitrógeno (N), medido por el patrón de excreción del nitrógeno urinario, bajo condiciones de pastoreo en pastos fibrosos, con bajo contenido proteico. Además, cuando se suplementa N por encima de las necesidades para el mantenimiento, se incrementa, aparentemente, el nivel sérico de compuestos nitrogenados, linealmente con la ingestión de N. (14).

Se han descrito, en conocimiento del autor, dos fenómenos fisiológicos, que al menos en parte, contribuyen a explicar estas particularidades metabólicas del cebú. Howes y col. (10) demostraron una menor y más lenta captación de Iodo por la tiroides en Brahman que en Hereford, mantenidos en iguales condiciones ambientales; lo que indicaría, según los investigadores, una tiroides menos activa. Por su parte Quaterman y otros (25) encontraron un punto de congelación y un contenido de materia seca mucho mayor, en el material del intestino grueso y las heces en cebuños que en *Bos taurus*, lo

que asocian los autores con la mayor economía de agua de los primeros.

Se han señalado además algunos aspectos de comportamiento, que se podrían ubicar dentro de fenómenos particulares que caracterizan a los cebuínos, como grupo bovino adaptado a las condiciones propias del trópico. En primer lugar, que frente a condiciones de muy alta temperatura ambiental (40°C.) los cebuínos beben más agua que los taurinos, sin que se aumente la eliminación de la misma por vía urinaria o fecal (29). Esta circunstancia le da mayores reservas para la sudoración, fenómeno que se explicará más adelante. También se ha señalado por algunos observadores, que los cebuínos comen menos en cada ocasión que pastan, pero pastan con mayor frecuencia; lo que permite especular que este fenómeno determina una menor permanencia del forraje en el tracto digestivo. Este aspecto, aunado al anteriormente citado respecto al metabolismo de los compuestos nitrogenados, que implica en realidad una mayor capacidad de aprovechamiento de las fuentes de proteína o de nitrógeno no proteico, serían entonces otras de las características que favorecen las posibilidades de sobrevivencia del cebú en ambientes desfavorables para los taurinos.

2.2 Calor por Trabajo. Aunque no es el caso de plantearnos las implicaciones que el trabajo tiene como originador de calor, ya que estamos considerando al animal como fuente de carne o leche, que es lo más común en nuestro medio, si debe señalarse la capacidad que para recorrer grandes distancias en busca de comida o bebida, tienen los cebuínos. Los trabajos de Moran (18) y de Payne y Hutchi-

son (21) muestran claramente que bajo condiciones de intenso ejercicio, los cebuínos pueden controlar perfectamente su temperatura, mientras las razas europeas se resienten rápidamente. Se ha considerado tradicionalmente que el largo de las extremidades favorece este buen comportamiento de los cebuínos en condiciones de poca disponibilidad de pasto y agua. Se debe señalar sin embargo, que en buena medida esta ventaja morfológica se ha perdido en el Brahman, aunque parece existir actualmente un gran afán en recuperar esta particularidad mediante cruces con razas indúes procedentes del Brasil; circunstancia que es posible, desde el punto de vista de la Asociación Estodounidense del Brahman, sin que se afecte el carácter de pureza racial para efectos de los libros de registro.

Muy recientemente se ha venido planteando una interesante hipótesis sobre selección natural por eficiencia energética y su relación entre nivel de actividad y mortalidad (24). Ligando las dos características anteriores; un metabolismo bajo con gran deficiencia en el aprovechamiento energético, y una gran capacidad de pastoreo, aún bajo condiciones de baja disponibilidad de agua, con la sobrevivencia de los cebuínos superior en tales condiciones a la de otros vacunos; parece que se estuviera frente a un hecho que puede dar pie a la hipótesis de Priede y Fry. En efecto, la experiencia muestra como la capacidad de recuperación de los cebuínos, medida en términos de niveles de fertilidad, es muy superior frente a los taurinos, por mejoramiento de las condiciones de manejo y alimentación.

2.3. Calor por Conducción. Cuando tiene lugar la transferencia de calor por

conducción en seres vivos, ella ocurre generalmente en materiales no homogéneos. Mitchell (17) antea que el hombre, bajo condiciones normales de vida y trabajo y en los otros animales que mantengan su cuerpo no pegado a la superficie del suelo, el calor conductivo juega un papel muy pequeño en la transferencia de calor con el ambiente.

2.4. *Calor por Radiación.* La transferencia de calor radiante, es aquella que ocurre por intercambio de energía electromagnética. La energía radiante que participa en la carga de energía animal cubre un rango de longitudes de onda de 0,2 - 80 μm . En general se clasifican estas longitudes de onda en dos categorías importantes, desde el punto de vista de la fisiología animal; de un lado, la región de longitudes de onda corta (longit. de onda $< 2-3 \mu\text{m}$) y una región de longitudes de onda larga (long. de onda $> 2-3 \mu\text{m}$). Esta división obedece simplemente a la diferencia en las propiedades ópticas de la capa de pelo del animal en las dos regiones.

En cuanto hace relación a la disposición del calor, se debe anotar que la radiación que emana del animal cae íntegramente dentro de la región de larga longitud de onda (infrarroja); sin embargo este aspecto juega un papel poco importante.

En cuanto a absorción de energía radiante, es realmente importante en los trópicos áridos y semiáridos y en los trópicos húmedos, durante los días despejados en los que las radiaciones no son interferidas por la nubosidad. Finch (5) demostró como la radiación de larga longitud de onda impone una mayor carga

calórica al animal que la radiación por longitud de onda corta.

Si bien, la primera no penetra la dermis, si puede ser absorbida en parte por la capa de pelo en mayor o menor grado, dependiendo del color de esta, de la posición con respecto a la fuente calórica y de la superficie expuesta a la radiación. Los colores claros absorben alrededor del 50% de la energía radiante y los oscuros cerca del 100 %, llegando a 100% cuando el color es negro. En este sentido no queda duda que los colores claros: blanco, cenizo, pajizo, amarillo claro, etc. en el pelo, son los ideales para animales que viven en los trópicos, expuestos a intensa radiación solar.

El animal mismo presenta modificaciones en su color y en las características de pelo, como respuesta adaptativa a las condiciones climáticas; de ahí que desde el punto de vista que se trata, el color claro; ojalá blanco, corto, sedoso, sea el ideal para las condiciones de alta radiación calórica ambiental. Se debe anotar además, que según Turner (28) el tipo de capa de pelo en sus características físicas, incluido el color, es un carácter altamente heredable.

En lo que hace relación con radiaciones de longitud de onda corta, principalmente las que caen dentro de las radiaciones ultravioleta, tienen la característica de atravesar solamente la epidermis, en contraste con las radiaciones visibles y las infrarrojas, que pueden atravesar también la dermis y aún otros tejidos subyacentes.

Las radiaciones ultravioleta presentan la inconveniencia de su capacidad para provocar intensos cambios en las células de la

epidermis, que conducen a procesos irritativos cuya magnitud depende del grado de exposición y de la intensidad de las radiaciones. En este sentido a mayor altura dentro de la zona tropical, mayor es la proporción de radiaciones ultravioletas y en consecuencia, mayor es el peligro de dermatitis. De ahí que se considere que la mayor combinación para las condiciones del trópico sea un pelo corto, suave y claro sobre una piel oscura que resista las radiaciones ultravioleta (2).

2.5. *Calor por Convección:* La transferencia de calor por convección entre los animales y su entorno aéreo o acuático, ocurre permanentemente y ha recibido ultimamente un gran impulso en los estudios fisiológicos, principalmente

con base en la gran cantidad de investigación que sobre la transferencia convectiva de calor, se ha realizado por su importancia en ingeniería. Sin embargo, la investigación en fisiología, parece tener dos niveles: un gran interés y progreso en conocimientos para aplicación a la industrialización de la explotación de aquellas especies susceptibles de mantenerse en recintos cerrados, con microambientes artificiales y controlados, tal como las aves y en menor escala los cerdos; de otro lado una investigación menos intensa en especies domésticas de mayor tamaño.

En cuanto a la importancia fisiológica de este mecanismo físico como medio de disipación del calor, considera Mitchell (17) que es de menor, o despreciable im-

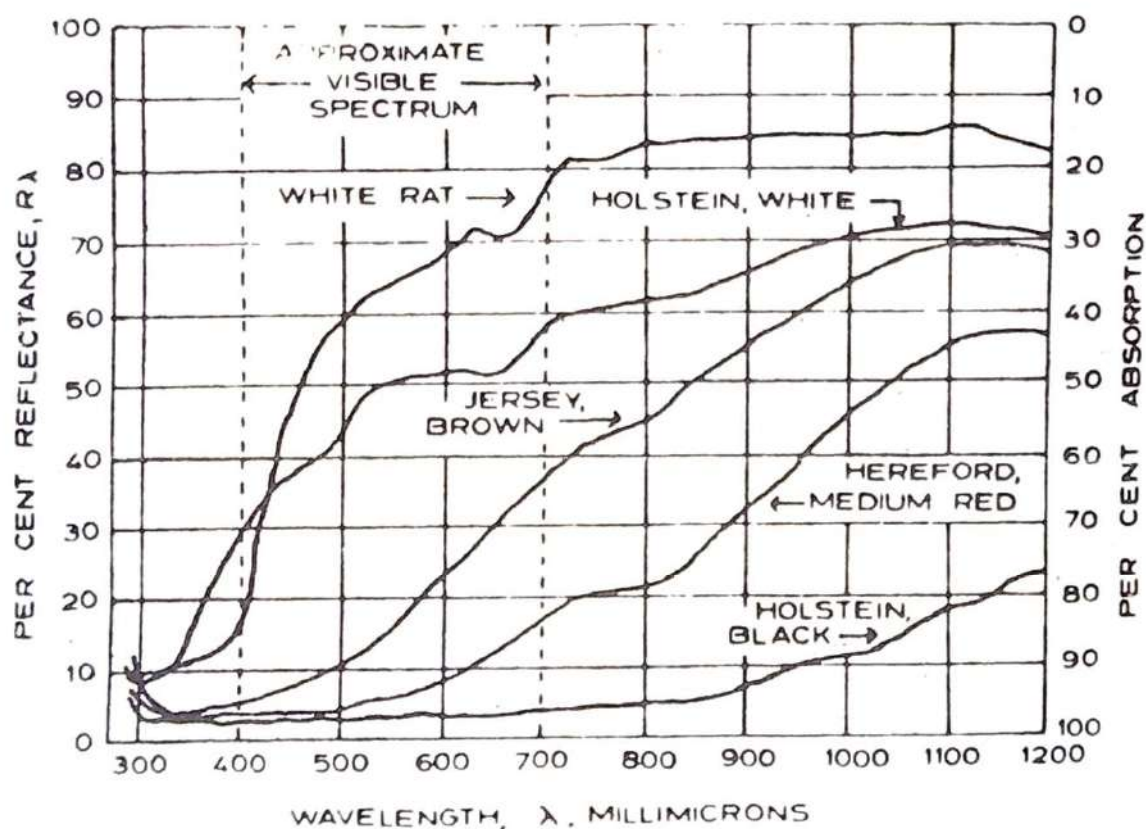


FIG. 1. Reflectancia de la capa de pelo de diferentes animales (Tomado de Stewart y Brody, 1954)

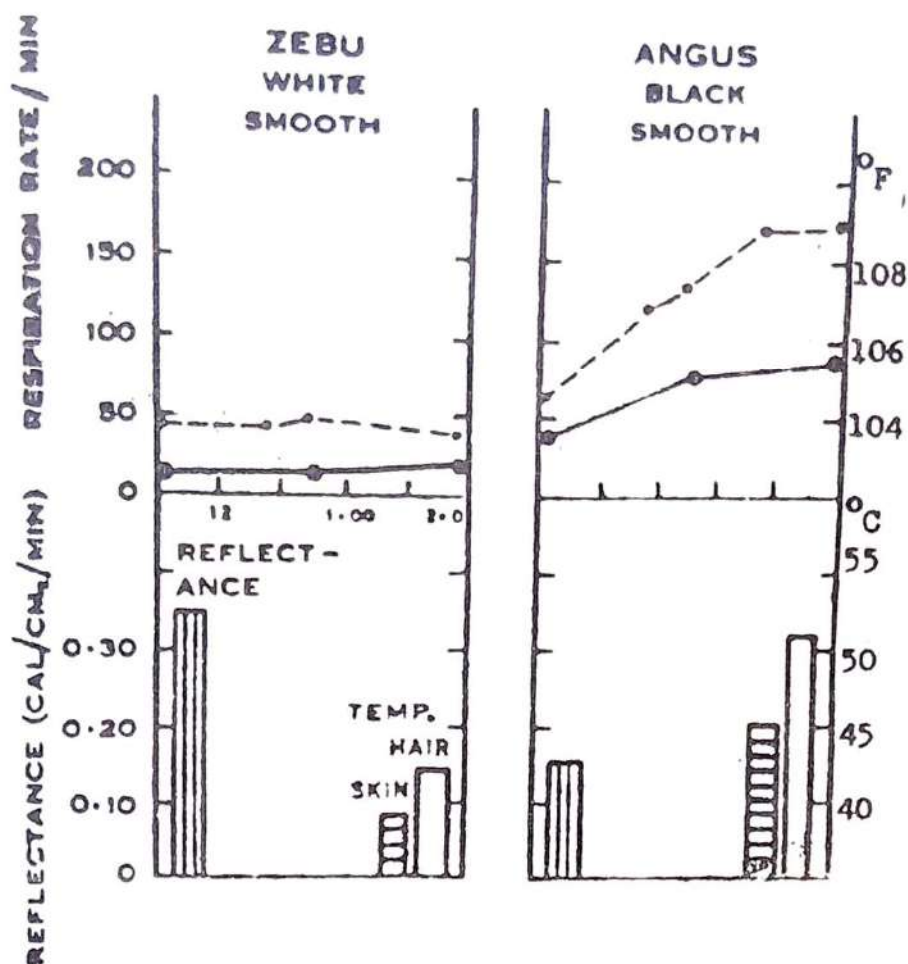


FIG. 2. Rata respiratoria, reflectancia, temperatura rectal, temperatura de la piel y temperatura del pelo del ganado expuesto al brillo solar a temperatura del aire de 33°C de bulbo húmedo. La línea discontinua es respiración; la línea continua es temperatura rectal. (Tomado de Macfarlane, 1958)

portancia. Se consideró hace algún tiempo que la transferencia de calor por convección podría ser de algún valor en el caso de convección respiratoria; sin embargo, la magnitud de los cálculos que se han hecho por varios investigadores, parecen haber demostrado suficientemente, que el intercambio calórico en la vía respiratoria ocurre predominantemente a través de la evaporación y no de la convección. No obstante, vale la pena tener en cuenta las investigaciones de Findlay y colaboradores en el Instituto Hannah (6),

a nivel histológico y que fueron confirmadas por Johnson y Webster (12) a nivel de campo, las cuales señalan cómo la arquitectura angiográfica de la piel de los bovinos, permite el desarrollo de mecanismos de convección, que ayudan a disipar el calor en condiciones de alta temperatura ambiental.

Este fenómeno es especialmente valioso en cebuínos, dada la abundancia y tamaño de pliegues cutáneos, tamaño de las orejas en la mayoría de ellos y densidad

de la capa de pelo. Esta circunstancia parece explicar por qué Johnson y Webster (12) demostraron cómo el aumento de temperatura en la piel de las extremidades, incluyendo las orejas y en la piel del tórax (costillar), en condiciones de alta temperatura ambiental, subió más tarde y a una temperatura ambiental mayor en los cebuínos que en los taurinos, llevándolos a concluir que los cebuínos tienen su zona de control vasomotor de intercambio calórico a una mayor temperatura ambiental que los taurinos.

Convendría señalar, aunque de manera tangencial, que bajo condiciones de climas fríos, el movimiento del aire, al aumentar el intercambio calórico por convección, puede fácilmente provocar un "stress" por frío. En casos de climas cálidos, cuando el calor del aire es un poco menor que el del animal, puede favorecer algo la disipación del calor, pero no parece ser un elemento de importancia destacada.

2.6. Calor por Evaporación: Para analizar este punto se debe empezar por dejar establecidos dos principios importantes:

a) El calor de vaporización del agua es desusadamente alto. Expresado como calor específico de vaporización, este valor es de 540 cal/gm, en su punto de ebullición y aún mayor a temperaturas más bajas (4).

b) Probablemente a consecuencia del fenómeno anterior, puede afirmarse que bajo el efecto de altas temperaturas ambientales el mecanismo fisiológico de mayor eficiencia para la disipación de la carga calórica, es la evaporación.

Teniendo en cuenta estos dos elementos, podemos comprender claramente la gran importancia que tendría el conocimiento de las características fisiológicas relacionadas con los sistemas de evaporación.

Son dos las funciones fisiológicas principalmente relacionadas con la evaporación: la respiración y la sudoración. De estas dos vías de evapotranspiración, se ha reconocido a la segunda, como considerablemente más importante que la vía respiratoria (23).

En cuanto a la evaporación por la vía respiratoria, varias son las investigaciones que han mostrado cómo este fenómeno ocurren principalmente, sino únicamente, a nivel de las vías aéreas superiores. De ahí se explica la estructura de esta parte del tracto respiratorio, en el cual existe una amplia irrigación y transpiración de las mucosas lo que permite un adecuado intercambio calórico por evaporación, así lo han demostrado las investigaciones de Findlay (6). Sin embargo, no se tiene conocimiento de ninguna diferencia importante entre cebuínos y taurinos en cuanto a este aspecto.

Cuando se consideraba que la rata respiratoria era un buen índice de tolerancia al calor en vacunos, se pudieron encontrar diferencias importantes entre cebuínos y taurinos en favor de los primeros, bajo condiciones de altas temperaturas ambientales, tales como los trabajos de Findlay (6), Johnson y Webster (12), Stewart y Brody (27), para mencionar sólo algunos. Sin embargo más recientemente, ha aparecido claro el concepto de que la sudoración y la rata respiratoria parecen complementarias en el sentido de

que la pérdida de calor por la vía del tracto respiratorio, se hace necesaria cuando la vía del de evaporación cutánea llega a ser insuficiente (23).

Se sigue de lo anterior que en términos de tolerancia al calor en bovinos, la característica más importante es su evaporación cutánea, cuya mayor posibilidad y capacidad fisiológica radica fundamentalmente, en las características de las glándulas sudoríparas.

Los trabajos de Nay y Hayman (19); Findlay (6); Pan (20) y Hafez *et al.* (8), para no citar sino algunos, demuestran diversas diferencias importantes entre taurinos y cebuínos: la población de glándulas sudoríparas es mucho mayor en los cebuínos que en los taurinos (1 1/2 veces); los cebuínos tienen glándulas sudoríparas 2 1/2 veces más grandes que los taurinos; el volumen medio total de las glándulas sudoríparas de la región del costillar fué de $23,1 \times 10^6 \text{ mm}^3$ en cebú, mientras en ganado europeo fué de sólo $10,1 \times 10^6 \text{ mm}^3$; las glándulas sudoríparas del cebú están localizadas más cerca a la superficie de la piel, que en el *Bos taurus*; las glándulas sudoríparas del *Bos indicus* son en forma de espiral estrecho; las glándulas sudoríparas del *Bos indicus* parecen ser más funcionales que las del *Bos taurus*.

Dadas estas diferencias que favorecen ampliamente a los cebuínos, se entiende fácilmente que el valor de la mayor área de superficie en relación al peso corporal, que presenta el *Bos indicus* en relación al *Bos taurus*, radica fundamentalmente en la funcionalidad de la piel y no en su tamaño en sí.

Existe además, un último mecanismo que habría que considerar parte del es-

quema que hemos venido desarrollando ya que en realidad es un potenciador de todos los mecanismos de disipación anteriormente enumerados: es el fenómeno de la hipertermia, entendida esta, como un verdadero mecanismo de compensación y no como una alteración.

Se debe puntualizar en primer lugar que este fenómeno apenas recientemente se ha reconocido en cebuínos (3), y que algunas experiencias de campo, no sistemáticas, parecen darle plena validez. De ser así, este mecanismo facilitaría grandemente la capacidad de disipación de calor, aumentando de manera significativa el gradiente de temperatura, y favoreciendo en esta forma, que los mecanismos físicos operen más ampliamente, descargando un poco el trabajo de los mecanismos puramente fisiológicos.

Esta característica podría explicar los resultados contradictorios entre la resistencia fisiológica y la resistencia zootécnica a las altas temperaturas ambientales, reportadas por Guimaraens y Alphonsus (7), al comparar Pardo Suizo con Gyr; siendo el primero fisiológicamente superior al segundo y este zootécnicamente superior al primero, sobre la base de la temperatura rectal (fisiología) y la producción de leche (zootecnia).

No sobraría mencionar otra particularidad fisiológica reportada por Howes *et al.* (11) que hace relación a la mayor cantidad de células sanguíneas rojas y blancas en el Brahman, comparado con el Hereford, lo mismo que mayor cantidad de hemoglobina. Esta diferencia daría también una gran ventaja a los cebuínos en términos de sobrevivencia en condiciones ambientales desfavorables, ya que per-

mite una mayor oxigenación de los tejidos.

Para terminar quisiera referirme a los resultados reportados por Kibler y Yeck (15), con el ánimo de resumir lo expuesto. Estos investigadores encontraron que a 26.8°C, como temperatura constante, la disipación promedia del calor metabólico, por vaporización total, fué de 46^o/o en Brahman; 52^o/o en Santa Gertrudis y 53^o/o en Shorthorn y de estos porcentajes, el 8^o/o en Brahman, el 11^o/o en Santa Gertrudis y el 17^o/o en Shorthorn, fue-

ron disipados por vaporización respiratoria.

Se ve claro que el Brahman, además de tener que disipar menos calor, porque produce menos por metabolismo y absorbe menos por radiación, debido a su capa de pelo claro, lo disipó más eficientemente y esto redundó en un mayor peso adulto. Esta ventaja en disipación se debe seguramente a su mayor capacidad de evaporación cutánea, como lo demostraron los mismos autores al comparar varias razas.

BIBLIOGRAFIA

1. Bachelard, G. 1940. La filosofía del No. Trad. por N. Fiorito Amorrotu Edit. Buenos Aires
2. Bonsma, J.C. 1949. Breeding cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environments. J. Agric. Sci., 39: 204
3. Borut, A Y A. Shokolnik, 1974. Physiological adaptations to the desert environment. In "Environmental Physiology". Edit. by D. Robertshaw. Butterworths. London, 185
4. Conn, E.E. y P.K. Stumpf. 1967. Outlines of Biochemistry 2nd. ed. John Wiley & Sons Inc. N.Y.
5. Finch, V.A. 1972. The effects of solar radiation on temperature regulation and heat balance in two east african antelopes, the eland and the hartebeest. Am. J. Physiol., 222: 1374
6. Findlay, J.D. 1961. Cattle and climate. The eight middleton memorial lecture. Agric. Progr., 36: 7
7. Guimaranes, C. de y M. Alphonsus. 1966. Arches. Esc. sup. Vet. Est Minas Gerais, 16: 19 Citado por Findlay J.D. 1968 Climatologic Data Needed to Specify Climatic Stress. En "FAO (1968) Report of the second meeting of the FAO Expert Panel on Animal breeding an climatology. Roma. P. 22
8. Hafez, E.S.E., A.L. Badreldin y M. M. Shafei. 1955. Skin structure of Egyptian buffaloes and cattle with particular reference to sweat glands. J. Agric. Sci., 46: 19
9. Hentges, J.F., Jr., y J.R. Howes. 1963. Digestibility of feed Brahman and Herefords. In "Crossbreeding beef cattle". Ed. b y T. J. Cunha, M. Koger and A.C. Warnick. Univ. Florida Press. Gainesville, P. 148
10. Howes, J.R., J.P. Feaster y J.F. Henges, Jr. 1962. Comparison of the thyroid release of I-131 by hereford and Brahman cattle maintained under identical environmental conditions. J. Anim. Sci., 21: 210.
11. Howes, J.R., J.F. Hentges, Jr., A.C. Warnick y T.J. Cunha. 1957. A. Comparison of the blood composition and physiology in Brahman and British cattle. J. Anim. Sci., 16: 1020 (Abstr.)
12. Johnson, K.G. y M.E. D. Webster 1967. Extremity skin Temperature in British and Zebu Cross Cattle. J. Agric. Sci. 69: 1
13. Karue, C.N., J.L. Evans y A.D. Tillman 1972. Metabolism of nitrogen in Boran and in Hereford-Boran crossbred steers. J. Anim. Sci. 35: 1025

14. Karue, C.N., J.L. Evans y A.D. Tillman 1973. Voluntary intake of dry matter by African Zebu cattle. Quality of feed and the reference base. *J. Anim. Sci.*, 36: 1081
15. Kibler, H.H. y R.G. Yeck. 1959. Vaporization rates and heat tolerance in growing Shorthorn, Brahman and Santa Gertrudis calves raised at constant 50° and 80°F., temperatures. *Mo. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 701: 44
16. Macfarlane, W.V. 1958. Experimental approaches to the functions of tropical livestock. *Arid Zone Research, UNESCO*, 11: 227
17. Mitchell, D. 1974. Physical basis of thermoregulation. In "Environmental Physiology. Ed. by D. Robersshaw. Butterworths. London. P. 1
18. Moran, J.B. 1973. Heat tolerance of Brahman cross, buffalo, banteng and as a result of exercise. *Aust. J. Agric. Res.*, 24: 775.
19. Nay, T. y R. H. Hayman. 1956. Sweat glands in zebu (*Bos indicus*) and european (*Bos taurus*) cattle. I. Sieze of individual glands, the denseness of their population and their depth below the skin surface. *Aust. J. Agric. Res.*, 7: 89
20. Pan, Y.S. 1963. Quantitative and morphological variation of sweat glands, skin thickness and skin shrinkage over various body regions of Sahiwal zebu and Jersey cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, 14: 425
21. Payne, W.J.A. y H.G. Hutchison 1963. Water metabolism of cattle in East Africa. I. The problem and the experimental procedure. *J. Agric. Sci.*, 61: 255
22. Phillips, G.D. 1960. The relationship between water and food intakes of European and Zebu type steers. *J. Agric. Sci.* 54: 231
23. Pirchner, F. 1968. Problems with regard to breeding for resistance against climatic stress. En "Report of the second meeting of the FAO expert panel on animal breeding and climatology. FAO. Roma p. 82
24. Priede, I.G. 1977. Natural selection for energetic efficiency and the relationship between activity level and mortality. *Nature*, 267: 610
25. Quarterman, J., G.D. Phillips y G.H. Lampkin. 1957. A difference in the physiology of the large intestine between European and Indigenous cattle in the tropics. *Nature*, 179:467.
26. Robersshaw, D. 1974. Preface to "Enviromental Physiology" Butterworths, London.
27. Stewart, R.E. y S. Brody 1954. Effect of radiation intensity on hair and skin temperatures and on respiration rates of Holstein, Jerseys and Brahman cattle at air temperatures of 45°, 70° and 80°F., *Mo. Agric. Exp. Sta. Res. Bull.*, 561: 36
28. Turner, H.G. 1956. Genetics and tropical adjustment in cattle. Symposium on Mand and animals in the tropics. Univ. Queensland. Proc. p. 104
29. Vercoe, J.E. y J.E. Frisch. 1970. The effect of increased rectal temperature on nitrogen metabolism in Brahman cross and Shorthorn X Hereford steers fed on a low nitrogen roughage. *Aust. J. Agric. Res.*, 21: 857
30. Webster, A.J.F. 1974. Adaption to cold. In "Environmental Physiology" Ed. by D. Robertshaw. Butterworhts. London. p. 71