



Reseña

Estrés calórico en búfalos de agua, una revisión. I. Efectos del clima en Cuba y particularidades morfológicas de la piel

Heat stress in water buffaloes, a review. I. Effects of the climate in Cuba and morphological particularities of the skin

Alina Mitat Valdés ^{*ID}, Adela Labrada Velázquez ^{**ID}, Héctor Pérez Esteban ^{**ID}

*Asesora independiente, Cuba.

**Universidad Agraria de La Habana (UNAH), La Habana, Cuba.

Correspondencia: isamani51@gmail.com

Recibido: Octubre, 2024; Aceptado: Octubre, 2024; Publicado: Noviembre, 2024.

RESUMEN

Antecedentes: De los múltiples efectos ambientales que inciden sobre los animales, los relacionados con el clima ocupan un lugar predominante, debido al carácter cambiante del mismo y a las características fisiológicas de cada especie, para enfrentarlas. Dentro de esta problemática, las sensaciones térmicas son unas de las principales que representan la influencia del clima en la producción animal. Los búfalos de agua son animales resistentes a diferentes ambientes, no obstante, se encuentran bajo estrés cuando se exponen a la radiación solar directa o en días en los que la temperatura ambiente es alta. **Objetivos.** Describir las características del clima en Cuba y las peculiaridades anatómicas, que provocan estrés por calor (EC) en los búfalos. **Desarrollo:** Se informa la perspectiva del clima para los próximos años, su impacto en la producción y las particularidades morfológicas de la piel de la piel que influyen en la presentación del EC en los búfalos de agua en Cuba. **Conclusiones:** El búfalo de agua es un animal resistente con particularidades anatomofisiológicas propias de la especie que lo hace sensible al EC por el impacto combinado de la elevada temperatura ambiente y la humedad relativa.

Palabras clave: búfalos, clima, estrés calórico, piel, particularidades morfológicas de la piel (Fuente: AIMS)

ABSTRACT

Background: Of the multiple environmental effects that affect animals, those related to climate occupy a predominant place, due to its changing nature and the physiological characteristics of each species, to face them. Within this problem, thermal sensations are one of the main ones that represent the influence of climate on animal production. Water buffaloes are animals resistant to different environments, however, they are under stress when exposed to direct solar radiation or on

Como citar (APA) Estrés calórico en búfalos de agua, una revisión. I. Efectos del clima en Cuba y particularidades morfológicas de la piel. (2024). *Revista De Producción Animal*, 36(2). <https://apm.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e157>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

days when the ambient temperature is high. **Objectives.** Describe the characteristics of the climate in Cuba and the anatomical peculiarities that cause heat stress (HS) in buffaloes. **Development:** The climate perspective for the coming years is reported, its impact on production and the morphological characteristics of the skin that influence the presentation of HS in water buffaloes in Cuba. **Conclusions:** The water buffalo is a resistant animal with anatomophysiological particularities specific to the species that makes it sensitive to EC due to the combined impact of high ambient temperature and relative humidity.

Keywords: buffaloes, climate, heat stress, skin, morphological particularities of the skin (*Source: AIMS*)

INTRODUCCIÓN

La especie bubalina fue la segunda en producción de alimentos en Cuba. Al finalizar el año 2022 se obtuvieron 6 millones 984 mil litros de leche y 2 mil 104,5 toneladas de carne en pie. Con este objetivo se dispuso de un total de 553 instalaciones. De ellas, 257 lecherías (MINAG, 2023). La mayoría de esas unidades se diseñaron para bovinos altamente especializados, con características para sistemas de altos insumos, en suelos de muy baja calidad agrícola y poca sombra en los potreros. En la actualidad estas instalaciones no brindan las condiciones que satisfagan las necesidades fisiológicas y eviten el impacto del estrés calórico (EC) para la crianza del búfalo

El interés creciente en esta especie, conlleva al tránsito hacia sistemas de producción más sostenibles, cambio que representa un desafío debido a la complejidad de los agroecosistemas, especialmente en aquellos lugares, donde la sostenibilidad agroecológica aún no se logra por completo (Navas, 2023), como es el caso de la ganadería cubana.

El EC es uno de los mayores desafíos que enfrenta la industria ganadera en las condiciones del trópico. El aumento de la temperatura ambiente (TA) y la humedad relativa (HR) compromete la producción animal con consecuencias económicas devastadoras (Chauhan *et al.*, 2021). La crianza del búfalo de agua bajo condiciones extremas de TA y HR conduce al EC que evidencia la incapacidad para la respuesta del sistema termorregulador en esta especie (Rai *et al.*, 2023; Tomar *et al.*, 2024).

Debido a los cambios en el clima y el reconocimiento de la ocurrencia del EC en los bubalinos, se plantea a nivel internacional, la necesidad de la gestión científica para lograr la eficiencia productiva óptima en la cría de búfalos (Arunpandian *et al.*, 2021). Como revisiones de la literatura se publicarán una serie de artículos que detallarán otros aspectos de los efectos del EC en la especie.

El objetivo de esta revisión es describir las características del clima en Cuba y las peculiaridades anatómicas, que provocan estrés por calor (EC) en los búfalos

DESARROLLO

Variables climáticas: una fuente para predecir el estrés calórico en los animales

Los factores ambientales que influyen en el desempeño de los animales son: TA y HR, elevada, radiación, precipitación, presión atmosférica, baja velocidad del viento y sus interacciones (Krishnan *et al.*, 2023). En las regiones tropicales y subtropicales, los veranos prolongados se

caracterizan por altas TA y HR, lo que produce EC en los animales (Wankar *et al.*, 2021; Nasr, 2022).

Impacto del cambio climático en Cuba

El impacto del cambio climático sobre la ganadería afecta de forma directa el bienestar, la salud, la reproducción y la productividad de los animales y de forma indirecta, por la baja disponibilidad de alimentos, en su bienestar, salud, reproducción y productividad, e indirectamente a través de la disponibilidad de alimentos (del Prado *et al.*, 2020).

La Primera Contribución Nacionalmente Determinada (Actualizada), señaló que el clima cubano transita de su condición de tropical húmedo a tropical seco, con temperaturas promedio superiores a los 30°C, aproximadamente 1000 mm de lluvia promedio anual y 70 días con precipitaciones, condiciones que propiciarán el desplazamiento de los paisajes secos de la región oriental hacia otras zonas del país. La temperatura del aire continuará incrementándose, que puede llegar a 4,5°C. El mayor calentamiento se producirá principalmente en el período más cálido del año, señal que será más evidente a medida que avance el tiempo (Cubano, 2020).

Fonseca Rivera *et al.* (2024), informaron que la temperatura media anual durante el año 2023 (Figura 1), fue la tercera más alta desde 1951, con un valor que superó a la media histórica del período 1961-1990 (25,6°C) en 1,38°C.

El acumulado promedio de lluvias (248,6 mm), representó una anomalía estandarizada de 1,28. El periodo lluvioso (mayo-octubre 2023), concluyó con un gran contraste en su comportamiento entre la mitad occidental que clasificó como moderadamente seco (promedio de -169,9 mm) y oriental del país, que fue en extremo húmedo (Fonseca Rivera *et al.*, 2024).

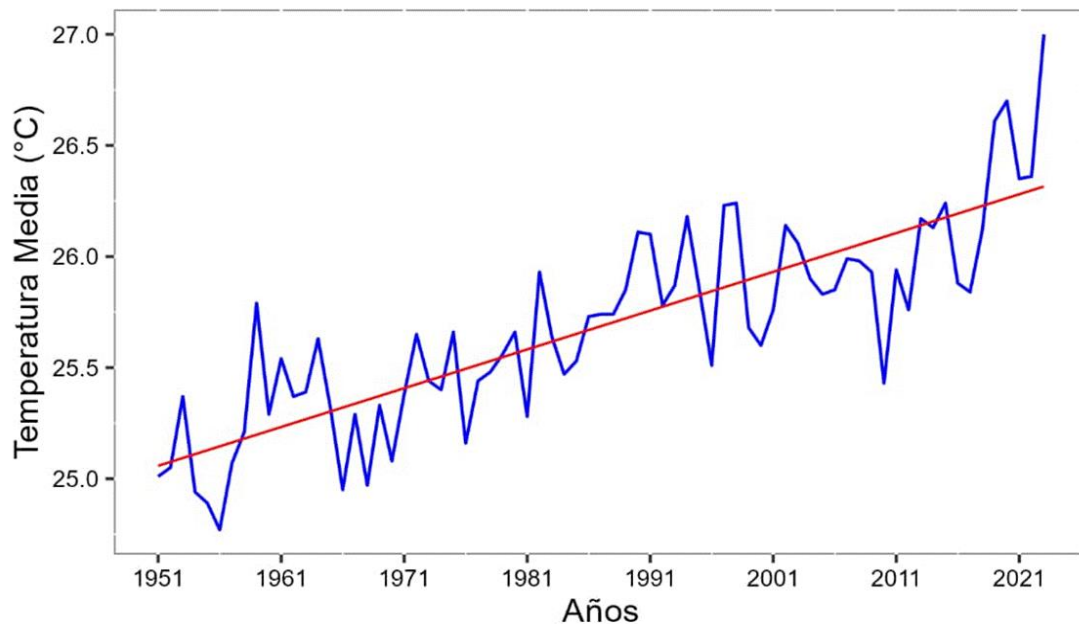


Figura 1. Temperatura media anual en Cuba durante el período 1951-2022, la línea roja representa la tendencia lineal (Fonseca Rivera *et al.*, 2024).

Estrés por calor en el búfalo

El EC se define como un conjunto de condiciones que surgen de la sobreexposición a los factores ambientales mencionados anteriormente, donde el animal es incapaz de disipar una cantidad suficiente de calor para mantener su homeotermia, conspira contra el bienestar animal y conduce a pérdidas económicas resultantes de la reducción del rendimiento reproductivo, la productividad y la salud (Mafruchati *et al.*, 2023).

Cuando los búfalos son expuestos a la radiación solar directa muestran signos de gran falta de confort, con cambios de sus funciones biológicas y productivas (Purohit *et al.*, 2020), mayor susceptibilidad a las enfermedades y en casos extremos, mayor mortalidad (Godde *et al.*, 2021; Wankar *et al.*, 2021).

Las formas en que un animal responderá al estrés térmico y el punto en el que comienzan a producirse pérdidas en la producción, varían ampliamente y dependen de la especie, raza, edad, potencial genético, estado fisiológico, estado nutricional, talla del animal y exposición previa, las razas e individuos de altos rendimientos productivos, son más susceptibles (Godde *et al.*, 2021).

Adaptabilidad, zona termoneutral del búfalo de agua y valores del índice de temperatura y humedad

Los búfalos de agua, animales homeotermos, son tolerantes al calor (Costa *et al.*, 2020) y se adaptan bien a los climas cálidos y húmedos en los que pueden soportar temperaturas superiores a los 46°C (Marai y Haebe, 2010), no obstante, dadas sus particularidades anatómicas y fisiológicas son más susceptibles al estrés calórico (Purohit *et al.*, 2020).

La temperatura ambiental en el que el cuerpo de un animal está en equilibrio, es decir, ni gana ni pierde calor, se denomina “Zona Termoneutral” (ZTN). Para alcanzar la máxima productividad, los animales necesitan estar dentro de esta (Rai *et al.*, 2022), cuando la TA la excede, se expone al ganado a condiciones de EC (Mishra, 2021).

Para los búfalos de agua, la ZTN se ubicó entre 13,0 y 24°C, con HR entre 55 y 65%, la temperatura corporal de los bubalinos es de 37,8°C a 38,0°C (Marai y Haebe, 2010). No obstante, cuando excede los 37,5°C a 39°C, se desencadenan respuestas fisiológicas y conductuales para restaurar la termoneutralidad y prevenir las consecuencias del EC (Zhang *et al.*, 2020).

Para ello, utilizan algunos ajustes fisiológicos y de comportamiento que ayudan a conservar la temperatura corporal, especialmente cuando se encuentran fuera de su ZTN (Pereira *et al.*, 2020). En Trinidad y Tobago, la temperatura media de la piel del costado y del dorso de hembras Buffalypso, que dieron origen al rebaño cubano, fue de 34,50±0,23°C y 34,64±0,19°C, respectivamente (Dunn *et al.*, 2013).

En el contexto pecuario, se desarrollaron algunos índices para determinar las influencias resultantes de los sistemas de producción, como el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), que representa la intensidad de la carga de calor (Kalyan *et al.*, 2022).

Dadas las particularidades anatómicas de los búfalos, Umar *et al.* (2021) sugirieron que el ITH fuese recalibrado para medir el EC, por lo que propusieron que según los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos que registraron, serían: ITH 68-72 estrés por calor leve, ITH 73-76 estrés moderado e $ITH \geq 77$ para estrés por calor severo, con alteración extrema de la homeostasis, al respecto Sharmam *et al.*, (2024), consideraron que el ITH óptimo para el bienestar bubalino estaría en 74,37.

No todas las razas de búfalos manifiestan igual potencial adaptativo, los animales autóctonos son los más resistentes debido a su capacidad para afrontar y mantener la productividad en entornos hostiles. Saravanakumar y Thiagarajan (1992), encontraron que búfalos Murrah presentaron menor índice de tolerancia al calor (74,52) en comparación con los Surti (76,90) y un grupo no racial (82,47), quienes resultaron ser los más tolerantes.

En Filipinas, Maylem *et al.* (2023), al analizar la adaptabilidad de los búfalos nativos en comparación con las razas importadas de Italia, Brasil y Bulgaria, observaron que durante la época de temperaturas ambientales extremas, los animales autóctonos presentaron menos variabilidad fisiológica con una diferencia significativa ($p < 0,001$) en la frecuencia del pulso, no así en la temperatura rectal ($p > 0,001$), en cuanto a la expresión del gen HSP70 fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en las razas importadas, por lo que los autores defendieron la participación de los búfalos nativos, como una prioridad, para el mejoramiento genético del rebaño nacional, con el objetivo de incrementar la producción, aun cuando otras razas importadas se habían adaptado al clima tropical filipino en menor medida.

Particularidades morfológicas de la piel de los búfalos

Capa de piel y pelos

A diferencia del ganado *Bos taurus* o *Bos indicus*, la piel de los búfalos tiene características que pueden representar ventajas/desventajas en ciertos climas. En esta especie se produce una intensa respuesta fisiológica a la radiación solar directa y su estructura tiene un papel clave en su termorregulación, debido al sistema nervioso simpático (incluidos los termorreceptores), que percibe y transmite estímulos al área preóptica (Mota-Rojas *et al.*, 2021a).

Los rasgos anatómicos de la piel que provocan esas respuestas fisiológicas son: color negro, espesor de la epidermis, densidad del pelo y menor número de glándulas sudoríparas y sebáceas (Bhakat, 2020), en la Figura 2 se representan las principales diferencias de la piel de búfalos y vacunos.

Color negro de la piel: Tienen una alta concentración de melanina en las células basales de la piel y el pelo. En búfalos de agua de Taiwán los promedios fueron de $0,407 \pm 0,306 \mu\text{g}/\text{mg}$ y $2,734 \pm 2,409 \mu\text{g}/\text{mg}$, respectivamente, que absorbe el calor lo que provoca el incremento de la temperatura corporal (Pi-Hua *et al.*, 2009). Ibrahim y Hussin (2018) expresaron que los melanocitos son de mayor diámetro ($10\text{-}10,5 \mu\text{m} \pm 0,2$), que en los vacunos ($8\text{-}8,5 \mu\text{m} \pm 0,1$).

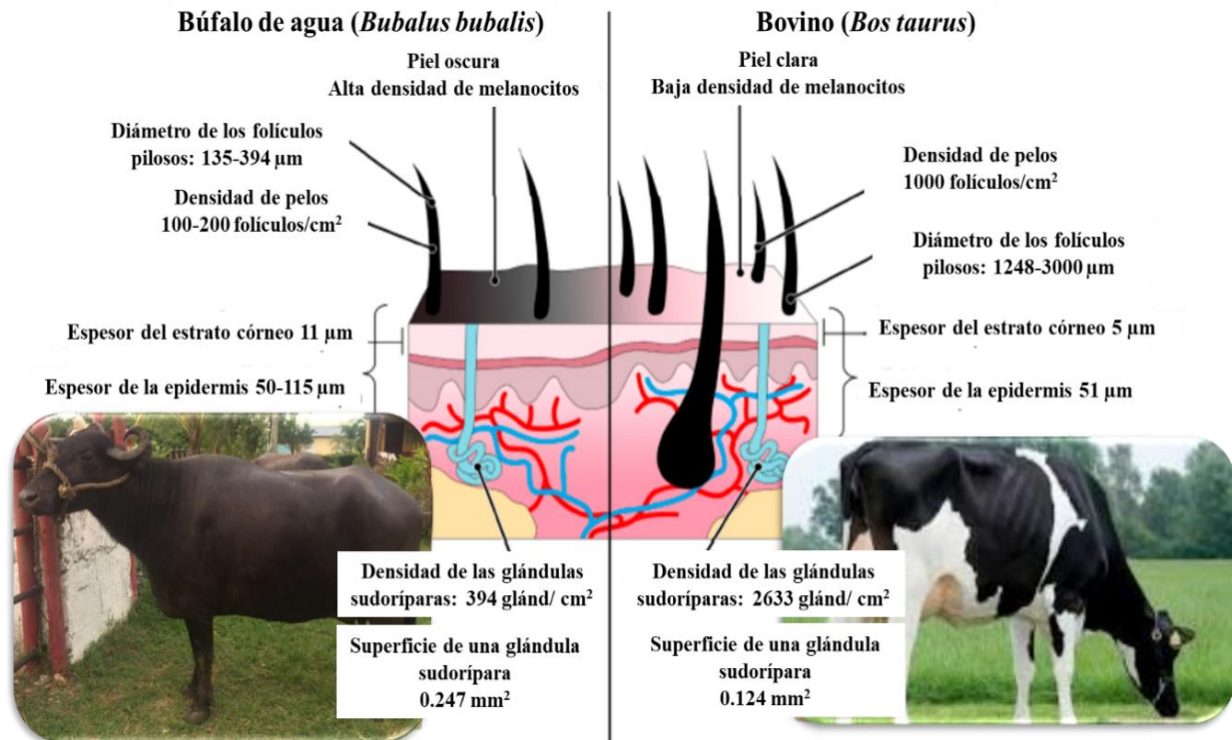


Figura 2. Diferencias en la estructura de la piel de bubalinos y bovinos (Mota-Rojas *et al.*, 2023).

En las regiones tropicales, si bien el color negro de la piel los protege, al atrapar los rayos ultravioletas impidiendo que penetren a través de la dermis hasta capas de tejidos más internos, también los hace más susceptibles al EC, porque la piel y el pelaje de color oscuro absorben concentraciones más altas de radiación ultravioleta (Marai y Habeeb, 2010; Bertoni *et al.*, 2019ab).

Grosor de la piel: En los búfalos, los promedios del grosor de la piel, la epidermis principal, la epidermis papilomatosa y el estrato córneo fue 6,5 mm, 50, 115 y 11 µ respectivamente, mientras que, en los vacunos, las medidas de estas variables fueron 4,3 mm, 51 y 5 µ en el mismo orden (Hafez *et al.*, 1955). El-Shafey *et al.* (2017), manifestaron que el grosor de la epidermis, la epidermis papilomatosa y las capas reticulares de búfalos egipcios, fueron 178,06 µm, 831,86 µm y 3304,9 µm respectivamente. En hembras Murrah, el grosor de la piel fue de 6,03±1,16 mm (Vilela *et al.*, 2022).

El espesor de la piel no es igual en todas las razas bubalinas, Saravanakumar y Thiagarajan (1992), en animales Murrah, Surti y búfalos no raciales, expresaron que fue de 8.0740, 8.9185 y 8.6650 mm, mientras que las epidermis midieron 144.06, 117.74 y 144.11 µm, respectivamente. Según Muralidharan, y Ramesh (2005), en animales de la raza Murrah, las capas de la dermis, papilar y reticular fueron mayores que en búfalos mestizos de esta raza, con medidas de 1,18±0,06 mm y 4,91±0,06 mm, en comparación con 1,15±0,03 mm y 3,74±0,06 mm para los animales cruzados.

Cantidad de folículos pilosos, pelaje escaso: Según la de edad, se observaron diferencias en el número de folículos pilosos por cm²/de piel, en un embrión de cinco meses (10560), una cría al

nacer (1248) y un búfalo adulto (400), cada folículo piloso se acompañó de dos grandes glándulas sebáceas lobuladas en los bubalinos (Hafez *et al.*, 1955).

A diferencia del género *Bos* que tiene aproximadamente 1000 pelos/cm², los búfalos de agua presentan entre 100 y 200 pelos/cm² (Upadhyay y Chaiyabutr, 2017), la densidad de pelo, en hembras Murrah fue de $2,0 \pm 0,26$ mm² (Vilela *et al.*, 2022). La cantidad promedio de folículos pilosos en los búfalos, fue de 135-145 folículos/cm², menor que en los animales Cebú en los que se observaron 3000 folículos/cm², esta característica facilita la disipación del calor, pero reduce la capa de pelaje reflectante en la epidermis y los hacen más susceptibles a las radiaciones visibles e infrarrojas, que se absorben y transmiten más, debido al color negro de la epidermis (Mota-Rojas *et al.*, 2021a).

Shafie y Omran (2018) informaron que bucerros en dos condiciones térmicas artificiales diferentes (A: 40°C) y (B: 25°C), tuvieron una cantidad total de pelos/por cm² de 449,50 y 915,00, respectivamente, esta disminución del número de pelos bajo EC de 457,5/cm² se produjo para distribuir fácilmente el calor y disminuir la carga de temperatura más alta.

Glándulas anexas

Glándulas sudoríparas: Marai y Haebe (2010) mencionaron que los búfalos tienen un mecanismo de evaporación menos eficiente para disipar el calor debido a su reducida capacidad de sudoración, por lo que son susceptibles a sufrir estrés térmico, para lograr disipar el calor recibido y regular su temperatura, inician diferentes respuestas conductuales, como la búsqueda de sombra o la inmersión en el agua o en charcos.

El número de glándulas sudoríparas por cm² de piel fue de 394 en los búfalos y 2633 en los bovinos, esto se debe a que están altamente correlacionadas con el número de folículos pilosos (García *et al.*, 2022), por esta razón, la pérdida de calor a través de la piel es mayor en las vacas y por respiración en los búfalos (Aggarwal y Upadhyay, 2013).

Las dimensiones de las glándulas sudoríparas en los búfalos son el doble de tamaño que, en el ganado vacuno, (0,247 cm² y 0,124 cm² respectivamente) posiblemente compensando la falta de glándulas funcionales (Upadhyay, y Chaiyabutr, 2017). La longitud, circunferencia y superficie de estas glándulas en los bubalinos fue de 0,58; 0,47 y 0,276 mm², y en bovinos de 0,47; 0,26 y 0,124 mm². La superficie glandular en los búfalos fue de 1,07cm²/de piel y 3,08 cm²/de piel en ganado vacuno.

La tasa de sudoración se puede modificar según la temperatura ambiental, como demostró un estudio en el que búfalos Mediterráneos que estaban expuestos al EC, la incrementaron (grupo control: 320,18 g/m²/h; grupo estrés por calor: 493,13 g/m²/h) (Pereira *et al.*, 2020).

La comparación de los números medios de glándulas sudoríparas entre Murrah, Surti y búfalos no raciales, brindó cifras de 254,3; 163,9 y 224,5/cm² de área de la piel y difirieron significativamente. Raghav *et al.* (2022) informaron que fueron significativamente mayor ($p < 0,05$) en búfalos ($123 \pm 3,15$ µm) y más pequeñas en los caprinos ($50,33 \pm 2,85$ µm). Según Vilela *et al.*, (2022) el tejido activo de las glándulas sudoríparas de búfalas Murrah adultas, fue de $1,57 \pm 0,38$ %.

Glándulas sebáceas: El búfalo de agua, presenta glándulas sebáceas bien desarrolladas, con mayor actividad que en el ganado vacuno (Shafie y El-Khair, 1970). El sebo secretado, es una sustancia grasa que emerge en la superficie de la piel y la cubre como un lubricante, haciéndola resbaladiza para el agua y el barro.

A su vez, al licuarse durante el calor, se vuelve más brillante e irradia muchos de los rayos solares lo que provoca la eliminación del exceso de calor en los búfalos. Igualmente, el producto de las glándulas sebáceas junto con la capa superior gruesa y cornea de la piel, previenen la absorción del agua y los solutos, lo que proporciona protección a los animales de los posibles efectos dañinos de compuestos químicos que puedan estar presente en el agua (Marai y Habeeb, 2010).

El número de glándulas sebáceas/mm² fue menor en los búfalos (2,47/mm²) que en los bovinos (5,13/mm²) (Ibrahim y Hussin, 2018), pero con un suministro más rico de vasos sanguíneos y capilares (Shafie, y El-Khair, 1970).

Raghav *et al.* (2022), expresaron que el diámetro de las glándulas sebáceas fue significativamente mayor ($p < 0,05$), en los búfalos ($109,83 \pm 6,14 \mu\text{m}$) que en los caprinos ($61,16 \pm 2,42 \mu\text{m}$) y que el número de estas glándulas/mm² fue menor en bubalinos ($0,76 \pm 0,05$) que en los equinos ($3,10 \pm 0,24$), mientras que Vilela *et al.*, (2022) informaron que el tejido activo de las glándulas sebáceas en hembras Murrah fue de $1,08 \pm 0,39\%$.

El calentamiento global es un desafío actual para los sistemas ganaderos en Cuba y el resto del mundo, en el que se incluye la cría del búfalo, por lo que es necesario mantener en las unidades de producción y según las características de cada especie, los indicadores climáticos, como la TA, HR, iluminación y ventilación, ya que se estima que entre 10-30% de la productividad animal está determinada por el microclima (Kiktev *et al.*, 2021).

El conocimiento de la anatomía animal, es una habilidad crucial que implica comprender la estructura fisiológica y la función de los animales que se utilizan en la industria de producción de alimentos. Los rasgos de la piel explican por qué los búfalos necesitan sombra, zonas de inundación, charcos y humedales como mecanismos preferenciales adicionales de termorregulación. (Mota-Rojas *et al.*, 2021b).

El conocimiento consensuado en la literatura, acerca del impacto del EC en esta especie, a partir de sus características anatómicas, posibilitará comprender el impacto del cambio climático en sus procesos de termorregulación, como base para la optimización de su producción en el territorio cubano.

CONCLUSIONES

En Cuba el impacto del calentamiento global, el comportamiento de los factores climáticos, la vulnerabilidad al estrés calórico por las particularidades morfofisiológicas de la especie y los sistemas de producción que se utilizan, extensivo sin control y semi-intensivo, constituyen un desafío para la cría del búfalo de agua.

REFERENCIAS

- Aggarwal, A., & Upadhyay R. (2013). Thermoregulation. In: Heat stress and animal productivity. Delhi, India: Springer New Delhi.. https://doi.org/10.1007/978-81-322-0879-2_1
- Arunpandian, J., Srivastava, N., Singh, G., Gupta, S. K., Kujur, A., Aswini, G., & Jackson, A. (2021). Effect and strategies to mitigate the heat stress on buffalo bull reproduction. *The Indian Journal of Animal Reproduction*, 42(2), 8–16. <https://doi.org/10.48165/ijar.2021.42.2.2>
- Bertoni, A., Mota-Rojas, D., Álvarez-Macias, A., Mora-Medina, P., Guerrero-Legarreta, I., Morales-Canela, A., Gómez-Prado, J., José-Pérez, N., & Martínez-Burnes, J. (2019a). Scientific findings related to changes in vascular microcirculation using infrared thermography in the river buffalo. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8, 288–297. <https://doi.org/10.31893/jabb.20038>
- Bertoni, A., Napolitano, F., Mota-Rojas, D., Sabia, E., Álvarez-Macías, A., Mora-Medina, P., Morales-Canela, A., Berdugo-Gutiérrez, J., & Guerrero-Legarreta, I. (2019b). Similarities and differences between River buffaloes and cattle: Health, physiological, behavioral and productivity aspects. *Journal of Buffalo Science*, 9, 92–109. <https://doi.org/10.6000/1927-520x.2019.08.03.12>
- Bhakat, C. (2020). Wallowing in Buffalo and summer management. <https://doi.org/10.35543/osf.io/juctz>
- Chauhan, S. S., Rashamol, V. P., Bagath, M., Sejian, V., & Dunshea, F. R. (2021). Impacts of heat stress on immune responses and oxidative stress in farm animals and nutritional strategies for amelioration. *International Journal of Biometeorology*, 65, 1231-1244. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02083-3>
- Costa, A., De Marchi, M., Battist,i S., Guarducci, M., Amatiste, S., Bitonti, G., Borghese, A. & Boselli, C. (2020). On the effect of the temperature-humidity index on buffalo bulk milk composition and coagulation traits. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 577-758. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.577758>
- Cubano, G. (2020). Primera contribución nacionalmente determinada (actualizada) República de Cuba. Gobierno cubano, Havana. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://unfcc.c.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Cuban%2520First%2520NDC%2520%2528Updated%2520submission%2529.pdf&ved=2ahUKEwiViKjwwYGGAxUfTDABHc9YC7cQFnoECBgQAQ&usq=AOvVaw1ApKXEKchh_XVvzHGpGu6C
- del Prado, A., Galán, P. E., Batalla, U., & Pardo, G. (2020). Impactos y adaptación al cambio climático en rumiantes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 116(5): 461-482. <https://doi.org/10.12706/itra.2020.038>

- Dunn, D., Lallo, C. H., Carnadovan, D., & Ram, G. (2013). The performance and heat tolerance of water buffaloes (Buffalypso) at Aripo Livestock Station, Trinidad. *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 90(2), 97-108.
https://www.researchgate.net/publication/251565281_The_performance_and_heat_tolerance_of_water_buffaloes_Buffalypso_at_Aripo_Livestock_Station_Trinidad?enrichId=rgr-eq-444518eba767a77903012a5197b612cf-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI1MTU2NTI4MTtBUzo5NzI2MDg5MzM3NjUyMkAxNDAwMjAwMjEzMzk0&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- El-Shafey, A. A., Emam, M. A., & Kassab, A. A. (2017). Histomorphometric and immunohistochemical characteristics of the skins of Egyptian water buffalo (*Bubalus bubalis*) and one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *Journal of Veterinary Anatomy*, 10(1), 1-16.
https://fvtn.stafpu.bu.edu.eg/Anatomy%20Veterinary%20Medicine/922/publications/Anwar%20Abdel%20Fattah%20Abdel%20Malek%20El%20Shafey_7.pdf
- Fonseca Rivera, C., García Hernández, A., Velázquez Zaldívar, B., Gómez de la Maza Santana, D., Martínez Álvarez, M., González García, I., Cutié Cancino, V., Vázquez Montenegro, R., Pérez Suárez, R., Mitrani Arenal, I., Hidalgo Mayo, A., Cabrales Infante, J., Leyva Pit, L., González Fragueta, E., (2024). Estado del Clima en Cuba 2023. Resumen ampliado *Revista Cubana de Meteorología*, 30(1), e09.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977979009>
- Garcia, A. R., Silva, L. K. X., Barros, D. V., Lourenço, J. D. B., Martorano, L. G., Lisboa, L. S. S., Rodrigues da Silva, J. A. de Sousa, J. S., & da Silva, A. O. A. D. (2022). Key points for the thermal comfort of water buffaloes in Eastern Amazon. *Ciência Rural*, 53(1), e20210544.
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210544>
- Godde, C., Mason-D'Croz, D., Mayberry, D., Thornton, P. K., & Herrero, M. (2021). Risk of climate-related impacts on the livestock sector: A review of the evidence. *Global Food Security*, 28, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488>
- Hafez, E. S. E., Badreldin, A. L., & Shafei, M. M. (1955). Skin structure of Egyptian buffaloes and cattle with particular reference to sweat glands. *The Journal of Agricultural Science*, 46(1), 19-30. <https://doi.org/10.1017/S0021859600039587>
- Ibrahim, R. S., & Hussin, A. M. (2018). Comparative histological study of the integument in buffalo and cow. *Diyala Agricultural Sciences Journal*, 10 (Special Issue), 24-34.
<https://www.iasj.net/iasj/download/2ceb6181b348ae46>
- Kalyan, U. P. V., Vasantha, S. K. I. & Tej, J. N. K. (2022). Effect of seasonal variation in Temperature Humidity Index on milk production and its composition in Murrah buffaloes. *Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 53(1): 89-93.
<https://doi.org/10.51966/jvas.2022.53.1.89-93>

- Kiktev, N., Lendiel, T., Vasilenkov, V., Kapralyuk, O., Hutsol, T., Glowacki, S., Kubon, M., & Kowalczyk, Z. (2021). Automated microclimate regulation in agricultural facilities using the air curtain system. *Sensors*, 21(24), 8182. <https://doi.org/10.3390/s21248182>
- Krishnan, G., Silpa, M.V., & Sejian, V. (2023). Environmental physiology and thermoregulation in farm animals. In: Das, P.K., Sejian, V., Mukherjee, J., Banerjee, D. (eds) Textbook of Veterinary Physiology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9410-4_28
- Mafruchati, M., Othman, N. H., & Wardhana, A. K. (2023). Analysis of the impact of heat stress on embryo development of broiler: a literature review. *Pharmacognosy Journal*, 15(5), <https://phcogj.com/sites/default/files/PharmacognJ-15-5-964.pdf#PJ-15-5-1332.indd%3A%3A0>
- Marai, I. F. M., & Haebe, A. A. M. (2010). Buffalo's biological functions as affected by heat stress- A review. *Livestock Science*, 127(2-3), 89-109. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.001>
- Maylem, E. R. S., Ramos, G. E., Rivera, S. M., Atabay, E. C., & Atabay, E. P. (2023). Development of adaptability of foreign breeds of water buffalo in Philippine tropical climate. *Animal Frontiers*, 13(5):89–91. <https://doi:10.1093/af/vfad41>
- MINAG (2023). Sistema estadístico pecuario del Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba.
- Mishra, S. R. (2021). Thermoregulatory responses in riverine buffaloes against heat stress: An updated review. *Journal of Thermal Biology*, 96, 102844. <https://doi:10.1016/j.jtherbio.2021.102844>
- Mota-Rojas, D., Pereira, A. M. F., Wang, D., Martínez-Burnes, J., Ghezzi, M., Hernández-Avalos, I., Lendez, P., Mora-Medina, P., Casas, A., Olmos-Hernández, A., Domínguez, A., Bertoni, A & de Mira Geraldo, A. (2021a). Clinical applications and factors involved in validating thermal windows used in infrared thermography in cattle and river buffalo to assess health and productivity. *Animals*, 11:2247. <https://doi.org/10.3390/ani11082247>
- Mota-Rojas, D., Titto, C.G., Orihuela, A., Martínez-Burnes, J., Gómez-Prado, J., Torres-Bernal, F., Flores-Padilla, K., Carvajal-de la Fuente, V., & Wang, D., (2021b). Physiological and behavioral mechanisms of thermoregulation in mammals. *Animals*, 11, 1733. <https://doi.org/10.3390/ani11061733>
- Mota-Rojas, D., Braghieri, A., Ghezzi, M., Ceriani, M.C., Martínez-Burnes, J., Lendez, P.A., Pereira, A.M.F., Lezama-García, K., Domínguez-Oliva, A., Casas- Alvarado, A., Sabia, E., Pacelli, C., & Napolitano, F. (2023). Strategies and mechanisms of thermal compensation in newbornwater buffaloes. *Animals*, 13, 2161. <https://doi.org/10.3390/ani13132161>
- Muralidharan, M. R., & Ramesh, V. (2005). Histological and biochemical studies of the skin of cattle and buffalo. *Indian Journal of Animal Research*, 39(1), 41-44. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijar1&volume=39&issue=1&article=008>

- Nasr, M. A. F. (2022). Does heat stress influence animal performance?. *Egyptian Journal of Animal Production*, 59(4), 57-62. https://journals.ekb.eg/article_244953_f4fd8332f650a24054b6415651da1bd0.pdf
- Navas, C. A. C. (2023). Tecnologías agroecológicas de pastoreo y la transición hacia agroecosistemas bufalinos sostenibles en el trópico bajo venezolano: una aproximación al tema. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 10-17. <https://doi.org/10.24054/cyta.v8i1.2857>
- Pereira, A. M., Vilela, R. A., Titto, C. G., Leme-dos-Santos, T. M., Geraldo, A. C., Balieiro, J. C., Calviello, R. F., Birgel Junior, E. H., & Titto, E. A. (2020). Thermoregulatory responses of heat acclimatized buffaloes to simulated heat waves. *Animals*, 10(5), 756. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10050756>
- Pi-Hua, C., Cheng-Yung, L., & Ching-Feng, W. (2009). The comparison of histology and melanin contents of hairs and skin between the black and white Taiwan water buffalo. *Journal of Taiwan Livestock Research*, 42, 235–244. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20103133484>
- Purohit, P. B., Gupta, J. P., Chaudhri, J. D., Bhatt, T. M., Pawar, M., Srivastava, A., & Patel, M. P. (2020). Effect of heat stress on production and reproduction potential of dairy animals vis-à-vis buffaloes. *International Journal of Livestock Research*, 10(3), 1-23. <http://dx.doi.org/10.5455/ijlr.20191231122709>
- Raghav, S., Uppal, V., & Gupta, A. (2022). Comparative study on distribution of sebaceous and sweat glands in skin of different domestic animals. *Indian Journal of Animal Research*, 56(11), 1356-1360. <http://doi:10.18805/IJAR.B-4228>
- Rai, V., Choudhary, P. K., Kumar, P., Maurya, P. K., Maurya, S. K., Kumar, A., & Kumar, R. (2022). Adaptability in buffaloes during spring and summer seasons in eastern plane zone of Uttar Pradesh, India. *Indian Journal of Veterinary Sciences and Biotechnology*, 18(3), 115-118. <https://doi10.21887/ijvsbt.18.3.27>
- Rai, V., Choudhary, P. K., Maurya, P. K., Kumar, P., Srivastava, D. P., Maurya, S. K., & Kumar, A. (2023). Effect of spring and summer seasons on some bio-physiological markers in buffaloes. *Indian Journal of Animal Research*, 1, 1-7. <http://doi:10.18805/IJAR.B-500>
- Saravanakumar, V. R. & Thiagarajan, M. (1992). Comparison of sweat glands, skin characters and heat tolerance coefficients amongst Murrah, Surti and nondescript buffaloes. *Indian Journal of Animal Science*, 62, 625–628. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19932277841>
- Shafie, M. M., & El-Khair, M. M. A. (1970). Activity of the sebaceous glands of bovines in hot climates. *United Arab Republic Journal of Animal Production*, 10(1), 81-98. https://ejap.journals.ekb.eg/article_152612_1270ad9eed156acc988ea55f0f593d84.pdf

- Shafie, M. M. & Omran, F. I. (2018). Adaptivity of buffalo calves to differ thermal conditions. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 96(2), 703-714. <https://dx.doi.org/10.21608/ejar.2018.136154>
- Sharma, M., Malik, A., & Thumar, M. (2024). Different Types of Heat Tolerance Indices Used in Dairy Production. *The Indian Veterinary Journal*, 101(03), 48-52. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IVJ/article/download/150058/54204/407347>
- Tomar, A. S., Navadiya, D., Singh, D., Swami, M. K., Agravat, P. H., & Islam, M. M. (2024). Behavioral differences between sheep, goat, cattle and buffalo. *Vigyan Varta* 5(7), 10-17. www.vigyanvarta.com
- Umar, S. I. U., Konwar, D., Khan, A., Bhat, M. A., Javid, F., Jeelani, R., Nabi, B., Najar, A. A., Kumar, D., & Brahma, B. (2021). Delineation of temperature-humidity index (THI) as indicator of heat stress in riverine buffaloes (*Bubalus bubalis*) of a sub-tropical Indian region. *Cell stress and Chaperones*, 26(4), 657-669. <https://doi.org/10.1007/s12192-021-01209-1>
- Upadhyay, R., & Chaibabutr (2017). Thermal balance in the buffalo species. En: Pressicce, G.A. *The Buffalo (Bubalus bubalis): Production and Research*, Bentham Science Publishers: Sharjah, United Arab Emirates. Chapter 5, 105-144. <https://doi.10.2174/9781681084176117010008>
- Vilela, R. A., Lourenço Junior, J. D. B., Jacintho, M. A. C., Barbosa, A. V. C., Pantoja, M. H. D. A., Oliveira, C. M. C., & Garcia, A. R. (2022). Dynamics of thermolysis and skin microstructure in water buffaloes reared in humid tropical climate - A microscopic and thermographic study. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 871206. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.871206>
- Wankar, A. K., Rindh, S. N., & Doijad, N. S. (2021). Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. *Tropical Animal Health and Production*, 53,70. <https://doi.10.1007/s11250-020-02541-x>
- ZHANG, Y., COLLI, L., BARKER, J. S. F. (2020). ASIAN WATER BUFFALO: DOMESTICATION, HISTORY AND GENETICS. *ANIMAL GENETICS*, 51, 177–191. <https://doi.org/10.1111/AGE.12911>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: AMV, ALV, HPE; análisis e interpretación de los datos: A AMV, ALV, HPE; Redacción del artículo: AMV, ALV, HPE.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.