



Variables que influyen en las constantes fisiológicas en bovinos Simmental y Simbrah en el occidente de México

Factors affecting physiological constants in Simmental and Simbrah cattle in western Mexico

Angelica Torres-Heredia¹, Vicente Eliezer Vega-Murillo^{1*}, Fernando Villaseñor-González², José Antonio Palacios-Fránquez³, Guillermo Martínez-Velázquez³, Luis Felipe Guzmán-Rodríguez⁴, Hugo Ernesto Flores-López², Moisés Montaña-Bermúdez⁵

RESUMEN

El estrés calórico es una desventaja para la producción de ganado en el trópico. La temperatura no es el único factor que modifica las constantes fisiológicas. En México, las razas Simmental y Simbrah contribuyen a la producción nacional de carne en diferentes zonas agroecológicas, por lo cual evaluar los factores ambientales que modifican las principales constantes fisiológicas en animales Simmental y Simbrah en el occidente de México es importante. Se utilizaron 341 ejemplares distribuidos en 6 unidades de producción. Con 147 ejemplares pertenecientes a la raza Simmental y 194 a la raza Simbrah machos y hembras con una edad promedio de 18 meses. Se midió la Frecuencia Respiratoria (FR), Frecuencia Cardíaca (FC), Temperatura Rectal (TR) y niveles de ITH en los meses de junio y julio de los años 2018 y 2019. En ambas mediciones (6:00 y 13:00 h.) se presentaron niveles de peligro de ITH. El análisis estadístico de las mediciones de las constantes fisiológicas se llevó a cabo mediante análisis de varianza de medidas repetidas, utilizando PROC MIXED de SAS, versión 9.4. La comparación de medias se realizó con la prueba de comparaciones

ABSTRACT

Heat stress is a disadvantage for livestock production in tropical climates. Temperature is not the only parameter that modifies physiological constants. In Mexico, Simmental and Simbrah breeds contribute to national beef production in different agroecological zones, therefore it is important to evaluate the environmental factors that modify the main physiological constants in Simmental and Simbrah animals in western Mexico. A total of 341 specimens distributed in 6 production units were used. There were 147 specimens of Simmental breed and 194 of Simbrah breed, males and females with an average age of 18 months. Respiratory Rate (RR), Heart Rate (HR), Rectal Temperature (RT) and ITH levels were measured in the months of June and July of 2018 and 2019. Danger levels of ITH were present in both measurements (morning and afternoon). Statistical analysis of physiological values was performed by repeated measures analysis of variance using PROC MIXED of SAS, version 9.4. Mean comparison was performed with Fisher's protected t test for multiple comparisons. Comparison of means was performed with Fisher's pro-

*Autor para correspondencia: vvega@uv.mx

Fecha de aceptación: 28 de enero de 2025

Fecha de recepción: 9 de octubre de 2024

Fecha de publicación: 31 de enero de 2025

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver, México.

²Campo Experimental Centro Altos de Jalisco INIFAP-CIRPAC, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

³Campo Experimental Santiago Ixcuintla INIFAP-CIRPAC, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

⁴Centro Nacional de Recursos Genéticos CNRG-INIFAP, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

⁵Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal INIFAP, Ajuchitlán, Querétaro, México.

múltiples de t protegida de Fisher. Los efectos de año y mes presentaron diferencias en las constantes teniendo mayor medición de FC en el año 2018 y mayor medición en la TR y FR en el mes de julio. El efecto de edad e ITH presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la TR, FC y FR. Las constantes fisiológicas de los bovinos se ven afectadas por la diferencia de ITH presente en diferentes horarios (6:00 y 13:00 h) asociado a la implementación de mecanismos de termorregulación.

Palabras clave: ganado de carne, frecuencia respiratoria, termorregulación

tected t multiple comparisons test. The effects of year and month presented differences in the constants having higher measurement of FC in the year 2018 and higher measurement in the TR and FR in the month of July. The effect of age and ITH presented significant statistical differences ($p < 0.05$) for RT, HR and RR. The physiological constants of cattle are affected by the degree of difference in ITH observed at different times (morning and afternoon) associated with the implementation of thermoregulatory mechanisms.

Keywords: thermoregulation, beef cattle, respiratory rate.

INTRODUCCIÓN

El ambiente y el estrés alrededor del animal tienen un impacto en la productividad del ganado, el aumento de la temperatura ambiental afecta la fisiología de los animales y junto con eventos como la prolongación de la época de sequía se pone en riesgo la sustentabilidad de la producción del ganado, particularmente en climas tropicales (Cardoso et al., 2015).

La temperatura ambiental no es el único factor que modifica las constantes fisiológicas. La combinación de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar, velocidad y calidad del aire son factores ambientales que afectan el estado de confort del animal (Idris et al., 2021). Con el índice de temperatura y humedad (ITH) se puede establecer un rango de confort y estrés del animal que puede ir desde la disminución del consumo de alimento hasta el riesgo de muerte (Gantner et al., 2017; López et al., 2015).

La temperatura rectal (TR) es la medida más común de temperatura corporal que ha sido utilizado como un indicador fisiológico del estrés calórico ya que cuando los mecanismos para disipar el calor fallan llevan al animal a una hipertermia (Luo et al., 2021; Velayudhan et al., 2023).

Es necesario identificar las características más importantes de la adaptación de los animales para que conserven su productividad bajo condiciones de estrés calórico (Hooper et al., 2019). El estrés por calor pone en desventaja a la producción de ganado en los climas tropicales, lo que hace necesario una mayor habilidad de supervivencia y adaptación para mantener la homeostasis celular (Bharati et al., 2017). El ganado *Bos indicus* tiene mayor capacidad de termorregulación frente a ambientes hostiles debido a características fisiológicas y celulares de adaptabilidad. La raza Brahman presenta mayor capacidad de termotolerancia en comparación con razas *Bos taurus* (Mateescu et al., 2020). Las constantes fisiológicas como la temperatura rectal, frecuencia respiratoria y frecuencia cardiaca de los bovinos Simmental se ven alteradas después de la exposición a altas temperaturas (Turk et al., 2020). Sin embargo, son capaces de desarrollar características de termotolerancia (Jurkovich et al., 2023). Las razas Simmental y Simbrah contribuyen a la producción nacional de carne en diferentes zonas agroecológicas en México, por lo cual el objetivo del estudio fue evaluar los factores ambientales que modifican las principales constantes fisiológicas en animales Simmental y Simbrah en el occidente de México (Ríos et al., 2021). La hipótesis del presente trabajo fue que las constantes fisiológicas de los bovinos de las razas Simmental y Simbrah en el

occidente de México están influenciadas significativamente por variables como el periodo del día el sexo, raza del animal, el año y época de medición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se utilizaron 341 ejemplares distribuidos en seis unidades de producción ubicados en municipios pertenecientes a los estados de Jalisco, Nayarit y Michoacán de la República Mexicana. Con 147 ejemplares pertenecientes a la raza Simmental y 194 a la raza Simbrah machos (21 y 27) y hembras (126 y 167), de los 5 y 73 meses de edad. El número de animales por municipio y estado se presentan en la Tabla 1.

■ Tabla 1. Número de animales por estado, localidad y raza en el occidente de México utilizados en el estudio.

Estado	Temperatura media anual	Municipio	Simmental	Simbrah	Total
Jalisco	20.5 °C	Tamazula de Gordiano	1	40	41
		Puerto Vallarta	45	12	57
		Subtotal	46	52	98
Michoacán	20 °C	Coahuayana	0	70	70
		Tangacicuaro	66	0	66
		Subtotal	66	70	136
Nayarit	25 °C	Compostela 1	35	39	74
		Compostela 2	0	33	33
		Subtotal	35	72	107
Total			147	194	341

Variables en estudio

Para realizar las evaluaciones los animales se sujetaron en una trampa inmovilizadora. Se empleó un termómetro digital (Citizen®) para la medición de la temperatura rectal. La medición de la frecuencia cardíaca se realizó al auscultar la región del codo entre el tercer y sexto espacio intercostal del lado izquierdo del ganado. Se determinó la frecuencia respiratoria al registrar los movimientos de la caja torácica. Las dos frecuencias fueron monitoreadas durante 15 seg y, luego, se multiplicaron por cuatro para estimar la frecuencia por min. Estas mediciones se realizaron en dos momentos del día, a las 6:00 h y a las 13:00 h.

Análisis estadístico

Las mediciones de las constantes fisiológicas fueron analizadas con un análisis de varianza de medidas repetidas, utilizando el procedimiento MIXED de SAS, versión 9.4 (SAS Institute Inc, 2024). Los efectos fijos incluidos en el modelo estadístico fueron el momento de la medición (6:00 y 13:00 h), la raza del animal (Simmental y Simbrah), sexo (macho o hembra) y la edad del animal (de los 5 hasta los 73 meses), el efecto del año (2018 y 2019), así como las interacciones de primer orden que resultaron significativas ($p < 0.05$), en análisis preliminares. La mejor estructura de covarianza de las medidas repetidas fue determinada ajustando diferentes estructuras (simple, simetría compuesta, autorregresiva de primer orden, Toeplitz, componentes de varianza, autorregresiva de primer orden heterogénea, simetría compuesta heterogénea y Toeplitz heterogénea). El criterio de información de Akaike de segundo orden y el bayesiano de Schwarz se utilizaron para selección de la mejor estructura de covarianza.

Los modelos definitivos, incluyeron las interacciones que fueron significativas ($p < 0.05$) en análisis preliminares, previo a la selección de la estructura de covarianzas que causó el mejor ajuste en el modelo. La comparación de medias entre los niveles de los efectos fijos se hizo con la prueba de comparaciones múltiple de *t* protegida de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores mínimo, máximo y promedio para el ITH fueron 40.82, 80.96 y 67.73 para las mediciones realizadas a las 6:00 h y 60.92, 88.50 y 77.95 para las realizadas a las 13:00 h, respectivamente. En ambas mediciones (6:00 y 13:00 h) se presentaron niveles de peligro en el ITH (Jeelani et al., 2019). Ninguna de las interacciones de dos factores entre los efectos principales considerados en los análisis fueron significativos. Los valores de significancia para los efectos de raza, horario, sexo, año, mes, edad y el índice de temperatura y humedad, considerados en los modelos de cada una de las variables bajo estudio se presentan en la Tabla 2.

■ Tabla 2. Niveles de significancia (p) para los efectos considerados en los modelos de análisis de TR, FR y FC.

Efecto	p		
	Temperatura Rectal	Frecuencia Respiratoria	Frecuencia Cardiaca
Raza	0.0655	0.7315	0.6227
Horario	0.194	0.0426	0.0942
Sexo	0.5374	0.7041	0.0336
Año	0.4566	0.0729	0.0256
Mes	0.0689	< 0.0001	0.6283
Edad	0.415	0.0351	< 0.0001
ITH	0.0009	0.0182	0.0774

Raza

El efecto de raza no fue significativo para ninguna de las constantes fisiológicas, el horario solo fue significativo para la FR, el efecto de año y sexo para la FC, el mes para la FR, la edad para la FR y FC y el ITH para la TR y FR (Tabla 3). Las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para los efectos fijos considerados en los modelos se presentan en la Tabla 3.

Las medias de las constantes fisiológicas evaluadas presentaron diferencia entre las mediciones realizadas en la 6:00 y 13:00 h. El efecto de edad e ITH presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la TR, FC y FR.

Sexo

Solo se encontraron diferencias entre las medias de sexo para la FC donde los machos presentaron mayor número de latidos por minuto que las hembras. Se presentó mayor FR a las 13:00 h. que a las 6:00 h. De acuerdo con lo reportado por Ouellet et al. (2021) y a lo observado en el presente estudio, los animales que han sido expuestos a valores de ITH mayores de 72 por largos periodos de tiempo presentan alteraciones en sus constantes fisiológicas.

Año y mes de medición

Los efectos de año y mes presentaron diferencias en las constantes teniendo mayor medición de FC en el año 2018 y mayor medición en la TR y FR en el mes de julio. Se observaron diferencias

en los animales de diferentes edades para todas las constantes fisiológicas siendo los menores a 12 meses los que tienen mayor TR y FR. La FR más elevada fue aquella que se midió bajo los niveles de ITH en un intervalo de 75-78.

El aumento de la FR se presenta cuando el animal lleva a cabo mecanismos de termorregulación ante un aumento de la temperatura ambiental; sin embargo, cuando estos fallan la TR comienza a elevarse. Animales de mayor peso necesitan de una mayor capacidad pulmonar y cardíaca para suministrar oxígeno a todo el organismo por lo que supone una desventaja ante climas con niveles de ITH elevados (Viera et al., 2022).

■ Tabla 3. Conteo de células somáticas (células/mL) en leche de 50 hatos bovinos doble propósito de tres municipios de la región costera de estado de Colima, México.

		Temperatura rectal (°C)	Frecuencia cardíaca (latidos/min)	Frecuencia respiratoria (respiraciones/min)
Raza	Simbrah	38.89 ± 0.07a	89.36 ± 1.61 a	45.67 ± 1.35a
	Simmental	38.55 ± 0.06a	90.34 ± 1.76 a	45.30 ± 1.50a
Sexo	Macho	38.67 ± 0.09a	92.93 ± 2.72a	45.93 ± 2.26a
	Hembra	38.78 ± 0.05a	86.78 ± 1.27b	45.03 ± 1.08a
Horario	AM	38.38 ± 0.11a	88.58 ± 2.22a	43.43 ± 1.91a
	PM	39.06 ± 0.08a	91.12 ± 1.61a	47.54 ± 1.36b
Año	2018	38.58 ± 0.07a	92.86 ± 2.03a	43.99 ± 1.66a
	2019	38.86 ± 0.05a	86.84 ± 1.73b	46.98 ± 1.45a
Mes	6	38.65 ± 0.06a	89.64 ± 1.93a	38.94 ± 1.59a
	7	38.80 ± 0.06b	90.07 ± 1.85a	52.03 ± 1.55b
Edad	≤ 12 Meses	39.04 ± 0.07a	94.11 ± 1.99a	46.06 ± 1.60ab
	13-24 Meses	38.69 ± 0.06bc	88.02 ± 1.85b	42.87 ± 1.55a
	24-36 Meses	38.56 ± 0.07bc	88.19 ± 2.23c	43.87 ± 1.92 a
	> 36 Meses	38.59 ± 0.10ac	89.08 ± 3.18ab	49.14 ± 2.52ab
ITH	< 75	39.14 ± 0.10a	94.64 ± 1.81a	43.45 ± 1.54a
	75-78	38.79 ± 0.10a	94.06 ± 2.06 a	48.69 ± 1.77b
	78-83	38.23 ± 0.11a	80.85 ± 2.74b	44.31 ± 2.40 a

Diferentes literales dentro de columna para un mismo factor, significan diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

La identificación de animales que sean capaces de mantener la homeostasis celular frente a condiciones de estrés calórico puede ser realizada mediante la identificación de animales que a pesar de tener valores elevados de FR sigan manteniendo sus índices de producción (Amamou et al., 2019).

CONCLUSIONES

El índice de temperatura y humedad alcanzaron niveles de peligro tanto en la mañana como en la tarde, siendo más elevados en la tarde. Esto confirma que el estrés térmico es más pronunciado durante las horas vespertinas, lo que afecta significativamente las constantes fisiológicas de los bovinos. En particular, la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal mostraron una relación

significativa con el ITH, indicando que estas variables son sensibles a condiciones de estrés calórico. Los animales más jóvenes (menores de 12 meses) presentaron mayores valores de temperatura rectal frecuencia respiratoria, lo que sugiere una mayor susceptibilidad al estrés calórico en este grupo. Además, el mayor peso corporal implica una mayor demanda pulmonar y cardíaca, lo que puede ser una desventaja en climas con elevados niveles de ITH. Este estudio refuerza la necesidad de implementar estrategias de manejo para reducir el impacto del estrés calórico, especialmente durante las tardes y meses más cálidos. La selección de animales más resilientes al calor y el ajuste de prácticas de manejo podrían mitigar los efectos del estrés térmico y mejorar el bienestar y la productividad en sistemas tropicales.

REFERENCIAS

- Amamou, H., Beckers, Y., & Mahouachi, M. (2019). Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of Holstein cows. *Journal of Thermal Biology*, *82*, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.016>.
- Asociación Simmental Simbrah Mexicana. (2020). 35 años de verdaderos propósitos de la Asociación Simmental Simbrah Mexicana. Impresos tecnográficos SA de CV.
- Bharati, J., Dangi, S., Bag, S., Maurya, V., Singh, G., Kumar, P., & Sarkar, M. (2017). Expression dynamics of HSP90 and nitric oxide synthase (NOS) isoforms during heat stress acclimation in Tharparkar cattle. *International Journal of Biometeorology*, *61*(8), 1461-1469. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1323-3>
- Cardoso, C., Peripolli, V., Amador, S., Brandão, E., Esteves, G., Sousa, C., França, M., Gonçalves, F., Barbosa, F., Montalvão, T., Martins, C., Neto, A. F., & McManus, C. (2015). Physiological and thermographic response to heat stress in zebu cattle. *Livestock Science*, *182*, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.10.022>
- Gantner, V., Bobić, T., Gregić, G., Gantner, R., Kuterovac, K., & Potočnik, K. (2017). The differences in heat stress resistance due to dairy cattle breed. *Mljekarstvo*, *67*(2), 112–122. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0203>
- Hooper, H. B., Titto, C. G., Gonella-Díaz, A. M., Henrique, F. L., Pulido-Rodríguez, L. F., Longo, A. L. S., Da Cunha Leme-Dos-Santos, T. M., De Mira Geraldo, A. C. A. P., Pereira, A. M. F., Binelli, M., De Carvalho Balieiro, J. C., & Titto, E. A. L. (2018). Heat loss efficiency and HSPs gene expression of Nellore cows in tropical climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, *63*(11), 1475-1486. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1576-5>
- Idris, M., Uddin, J., Sullivan, M., McNeill, D. M., & Phillips, C. J. C. (2021). Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*, *11*(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani11010071>
- Jeelani, R., Konwar, D., Khan, A., Kumar, D., Chakraborty, D., & Brahma, B. (2019). Reassessment of temperature-humidity index for measuring heat stress in crossbred dairy cattle of a sub-tropical region. *Journal of Thermal Biology*, *82*, 99-106. <https://doi.org/10.1016/J.JTHERBIO.2019.03.017>
- Luceño, N. L., De Souza Ramos Angrimani, D., De Cássia Bicudo, L., Szymańska, K. J., Van Poucke, M., Demeyere, K., Meyer, E., Peelman, L., Mullaart, E., Broekhuijse, M. L., & Van Soom, A. (2019). Exposing dairy bulls to high temperature-humidity index during spermatogenesis compromises subsequent embryo development in vitro. *Theriogenology*, *141*, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.08.034>
- López, R., Pinto-Santini, L., Perozo, D., Pineda, J., Oliveros, I., Chacón, T., Rossini, M., & De Álvarez, L. R. (2015). Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin

- acceso a sombra artificial. *Archivos de Zootecnia*, 64(246), 139-146. <https://doi.org/10.21071/az.v64i246.388>
- Luo, H., Li, X., Hu, L., Xu, W., Chu, Q., Liu, A., Guo, G., Liu, L., Brito, L. F., & Wang, Y. (2021). Genomic analyses and biological validation of candidate genes for rectal temperature as an indicator of heat stress in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4441-4451. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18725>
- Mateescu, R. G., Sarlo-Davila, K. M., Dikmen, S., Rodriguez, E., & Oltenacu, P. A. (2020). The effect of Brahman genes on body temperature plasticity of heifers on pasture under heat stress. *Journal of Animal Science*, 98(5). <https://doi.org/10.1093/jas/skaa126>
- Ríos-Utrera, Á., Martínez-Velázquez, G., Calderon-Chagoya, R., Montaña-Bermúdez, M., & Vega-Murillo, V. (2021). Beef cattle genetic improvement research at the INIFAP: accomplishments, challenges and perspective.
- SAS. Statistical Analysis System. (2024). *SAS User's guide. SAS/STAT R, Version 9.4*. Cary, NC, USA; SAS Institute Inc.
- Velayudhan, S. M., Brügemann, K., Alam, S., Yin, T., Devaraj, C., Sejian, V., Schlecht, E., & König, S. (2022). Molecular, physiological and hematological responses of crossbred dairy cattle in a tropical savanna climate. *Biology*, 12(1), 26. <https://doi.org/10.3390/biology12010026>
- Vieira, R., Louvandini, H., Barcellos, J., Martins, C. F., & McManus, C. (2022). Path and logistic analysis for heat tolerance in adapted breeds of cattle in Brazil. *Livestock Science*, 258, 104888. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104888>