

Efecto de raza, momento del día y características del pelo sobre la frecuencia cardíaca y respiratoria, y temperatura rectal y de piel en vacunos en zona de confort

Effect of breed, time of day and hair characteristics on heart and respiratory rate, and rectal and skin temperature in cattle in comfort zone

Adolfo Guillermo Poma Gutiérrez^{1,2,*}, René Antonio Hinojosa Benavides²,
Edgar Carlos Quispe Peña^{1,2,3}

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la raza, momento del día y media de la densidad de pelos (MDenP) sobre la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), temperatura de piel (T°P), temperatura rectal (T°R) y diferencia T°R- T°P. Se trabajó con 10 vaquillas (4 Holstein y 6 criollas) entre 14 y 18 meses de edad, criadas al pastoreo y con temperatura ambiental (T°A) promedio de 17.6 °C y humedad relativa (H°R) promedio de 60.5%. Para el monitoreo de la FC, FR y T°P se utilizó un monitor de signos vitales llevable. Las mediciones se hicieron en la mañana, tarde y noche. La evaluación de la densidad de pelaje se realizó mediante el dispositivo FIBER DEN y el diámetro medio del pelo (DMP) con el equipo FIBER EC. Para evaluar el efecto de la raza, momento del día y MDenP sobre la FC, FR, T°R, T°P se aplicó un modelo aditivo lineal con dos covariables (T°A y H°R). Para las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Duncan, y para la evaluación de las relaciones entre las variables se calculó las correlaciones de Pearson. La FC, FR, T°P y la diferencia T°R-T°P fue de 70.1±6.8 lpm, 23.6±7.2

¹ Technological Innovation Department, Natural Fiber's Tech SAC, Lima, Perú

² Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota, Perú

³ Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

* E-mail: adpoma28@gmail.com

Recibido: 18 de diciembre de 2021

Aceptado para publicación: 28 de julio de 2022

Publicado: 31 de agosto de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

rpm, 31.65 ± 1.35 °C y 7.2 ± 1.5 °C, respectivamente, sin diferencias por raza ni momento del día. La raza no tuvo efecto sobre FR y T°R, pero en la mañana y tarde los animales tuvieron mayor FR que en la noche, al igual que con respecto a la diferencia T°R-T°P. Se concluye que, bajo las condiciones del estudio, la T°A, momento del día y HR tiene efecto sobre la T°R, T°P y la gradiente T°R-T°P, aunque este efecto disminuye cuando el DMP es bajo.

Palabras clave: ganado, medio ambiente, pelaje, respuesta fisiológica, signos vitales

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of breed, time of day and mean hair density (MHDen) on heart rate (HR), respiratory rate (RR), skin temperature (ST°), rectal temperature (RT°) and difference RT°-ST°. The study included 10 heifers (4 Holstein and 6 Creoles) between 14 and 18 months of age, raised on grazing and with an average environmental temperature (ET°) of 17.6 °C and an average relative humidity (RH°) of 60.5%. A wearable vital signs monitor was used to monitor HR, RR, and ST°. Measurements were made in the morning, afternoon and evening. The evaluation of MHDen was performed using the FIBER DEN device and the mean hair diameter (MHD) with the FIBER EC device. To evaluate the effect of breed, time of day and MHDen on HR, RR, RT° and ST°, an additive linear model with two covariates (ET° and RH°) was applied. Duncan's test was used for multiple comparisons, and Pearson's correlations were calculated to evaluate relationships between variables. The HR, RR, ST° and the difference RT°-ST° were 70.1 ± 6.8 bpm, 23.6 ± 7.2 rpm, 31.65 ± 1.35 °C and 7.2 ± 1.5 °C, respectively, without differences by breed or time of day. Breed had no effect on RR and RT°, but in the morning and afternoon the animals had higher RR than in the evening, as well as with respect to the difference RT°-ST°. It is concluded that, under the conditions of the study, ET°, time of day and RH° have an effect on RT°, ST° and the RT°-ST° gradient, although this effect decreases when the MHD is low.

Key words: livestock, environment, fur, physiological response, vital signs

INTRODUCCIÓN

Las variaciones en el medio ambiente son afrontadas por los bovinos mediante cambios en el comportamiento, consumo de nutrientes y respuestas fisiológicas (Arias *et al.*, 2008; Sanin *et al.*, 2016), las cuales son más pronunciadas a medida que el ganado se aleja de la denominada zona de confort térmico (Brody, 1956). Dependiendo de la raza, línea genética y nivel de producción, la zona de confort térmico para vacunos se encontraría dentro del rango de 10 a 20 °C (Nascimento *et al.*, 2013; Sanin *et al.*, 2016); sin embargo, para efectos de evaluación por encima o por debajo de la zona de confort, el

índice temperatura-humedad (ITH) es el indicador más común para evaluar la magnitud del estrés por calor (Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, Donnely (1984) construyó el índice de estrés por frío (ISF), considerando temperatura, velocidad del viento y precipitación, que sería más adecuado para evaluar el efecto de climas fríos sobre la producción bovina (Bryant *et al.*, 2007).

Otros factores físico-ambientales que afectan las constantes fisiológicas del ganado son la altitud, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo. La humedad relativa acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas, estando asociadas a una reducción de la efectividad en la disipación de

calor por sudoración y respiración (Arias *et al.*, 2008). El viento ayuda a reducir los efectos de estrés por calor mejorando los procesos de disipación de calor por vías evaporativas, pero también incrementa los efectos de estrés por frío (Young, 1981), mientras que la radiación solar tiene fuerte impacto en la carga total de calor incrementando la temperatura rectal y la tasa de respiración (Arias *et al.*, 2008).

Entre los principales cambios fisiológicos observados bajo condiciones de estrés por calor se encuentra el aumento en la tasa de respiración, frecuencia cardíaca, sudoración, temperatura superficial y vasodilatación (Martello, 2006). Adicionalmente, aspectos genéticos inherentes a la raza, así como características del pelaje y la piel, desarrollados como adaptación evolucionaria, son elementos importantes en los animales que interactúan de manera armónica con el ambiente, para mantener la temperatura corporal dentro de rangos normales (Esquivel, 2012), habiéndose reportado diferencias entre *Bos taurus* y *Bos indicus* (Da Silva *et al.*, 2003; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011). Diversos autores han mostrado que la densidad y diámetro del pelo de vacunos guardan relación con las respuestas fisiológicas y productivas bajo condiciones de estrés térmico y de frío (Gilbert y Bailey, 1991; Olson *et al.*, 2002; da Silva *et al.*, 2003; Yoo, 2013; Maia *et al.*, 2003; Bertipaglia *et al.*, 2005; Esquivel, 2012; Da Cruz *et al.*, 2016).

Si bien existe bastante información acerca del efecto medioambiental, bajo condiciones alejadas de la zona de confort; sin embargo, se dispone de escasa evidencia de las relaciones existentes entre las variaciones ambientales reducidas y las respuestas fisiológicas del ganado. Así, el objetivo del presente trabajo fue conocer los efectos que las variaciones de la temperatura y humedad dentro de un rango reducido sobre algunos signos vitales y características de pelaje en vaquillas Holstein y criollas, criadas en condiciones semi extensivas en zona de altitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre octubre de 2017 y marzo de 2018 en un establo de vacunos de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), ubicada en Cajamarca, Perú. Para la evaluación de características de pelaje se trabajó con diez vaquillas de 14 a 18 meses de edad (4 Holstein y 6 criollas); sin embargo, el monitoreo de signos vitales solo se realizó en 8 vaquillas (4 Holstein y 4 criollas). Los animales se encontraban al pastoreo sobre *Lolium perenne* y *Trifolium pratense*. Las evaluaciones de los pelos se realizaron en un ambiente acondicionado de la Vicepresidencia de Investigación de la UNACH.

Se determinó la densidad de los pelos mediante el dispositivo FIBER DEN™ (Natural Fiber's Tech SAC) y los signos vitales se registraron con un monitor llevable MOSIVILLE (Maxcorp Technologies SAC), siendo estos la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR) y temperatura de piel (T°P). Paralelamente mediante un termómetro de bulbo de mercurio se registró la temperatura rectal (T°R). Con los datos de temperatura se calculó la gradiente entre T°R y T°P (gradiente T°R-TP). Además, el grosor de los pelos se determinó con el caracterizador electrónico de fibras y pelos FIBER EC (Maxcorp Technologies SAC) utilizándose muestras de 2 g de pelo. La temperatura ambiental (T°A) y humedad relativa (H°R) fueron monitorizadas en una estación meteorológica portátil de precisión (Oregon Scientific, modelo WMR 300) con el fin de determinar el índice temperatura-humedad (ITH), mediante la fórmula recomendada por Dikmen y Hansen (2009).

Los registros se realizaron durante cuatro días intercalados en tres momentos por día: a) Mañana (09:00-11:00) caracterizada por una T°A de 17.98±0.61 y una H°R de 66.50±1.04; b) Tarde (14:00-16:00) con 20.41±0.61 °C y 57.75±1.04% de T°A y H°R,

respectivamente, y c) Noche (18:00-20:00) con T°A de 14.62 ± 0.75 °C y $66.50 \pm 1.27\%$ de H°R.

El monitoreo de los signos vitales se realizó de acuerdo con el procedimiento seguido por Quispe *et al.* (2019), para lo cual se rasuró un área aproximada de 6 x 6 cm en tres lugares del perímetro torácico, a fin de colocar los electrodos de gel con una banda elástica donde también se adhirió el dispositivo MOSIVILLE mediante broches metálicos. La ubicación de los tres electrodos se referenció acorde a la derivada base-ápice modificado (B-Am), ubicándose el electrodo positivo a nivel del séptimo espacio intercostal en la unión costo condral del lado izquierdo del animal y el electrodo negativo en la unión costo vertebral izquierdo a nivel de la sexta vértebra torácica, mientras que el último electrodo (que sirvió para filtrar «artefactos» de movimiento y ruidos) se colocó en el lado derecho al mismo nivel que el electrodo negativo. El registro de las señales se inició 10 s después del encendido del instrumento. Se hicieron tres registros de tres minutos con intervalos de un minuto. Los datos fueron almacenados en la memoria interna del dispositivo y luego fueron trasladados a una computadora portátil para los análisis respectivos.

La determinación de la densidad de pelaje se realizó según el procedimiento señalado por E. Quispe y M. Quispe (2019), rasurando áreas de 5x5cm en el anca y costillar medio. Mediante el dispositivo FIBER DEN se capturaron 5 imágenes de 1 mm² por zona por animal y las imágenes fueron procesadas mediante un software incorporado al propio equipo FIBER DEN, que permitió el recuento de la cantidad de pelos a fin de obtener la densidad de pelo/mm² (MDenP) y su respectiva desviación estándar (DEMDenP).

Para la determinación de la media de diámetro del pelo (MDP) y la desviación

estándar de la MDP (DEMDP) de cada muestra de pelo obtenido previamente, se obtuvieron fragmentos de pelos de 0.8 mm de longitud mediante un cortador de fibras que se colocaron en un porta muestras del equipo FIBER EC. Las mediciones se realizaron de acuerdo con el procedimiento indicado por Quispe *et al.* (2017).

Se determinaron las diferencias de los valores de FC, FR, T°P de la mañana (M) y de la noche (N), abreviados como FC:M-N, FR:M-N y T°P:M-N, respectivamente; así como diferencias de la N y de la M de T°R y la gradiente T°R-T°P (T°R:N-M y T°P:N-M, respectivamente).

Los datos fueron procesados haciendo uso de estadística descriptiva e inferencia. Se calcularon promedios, desviación y error estándar, valores mínimos y máximos, mientras que para comparar variaciones entre diferentes variables se determinó el coeficiente de variación ($CV = \text{Promedio}/\text{desviación estándar} * 100$). Para evaluar el efecto de los factores sobre la FC, FR, T°R, T°P y T°R-T°P se utilizó un modelo aditivo lineal con dos factores (raza y periodo) y con dos covariables (T°A y H°R), mientras que evaluar el efecto de la raza sobre los cambios de los signos vitales durante el día y las características de pelaje, se utilizó un modelo aditivo lineal con una variable. La prueba de Duncan fue utilizada para las comparaciones múltiples.

Para la evaluación de las relaciones entre las variables en estudio se determinó las correlaciones de Pearson. Luego se seleccionaron las variables correlacionadas con diferencia significativa y se realizaron los correspondientes análisis de regresión que posteriormente fueron graficadas. Todos los procesos estadísticos fueron realizados mediante el software libre R v. 3.1.1 (R Core Team, 2016).

RESULTADOS

Condiciones medioambientales, constantes fisiológicas, y características de pelaje

En el Cuadro 1 se muestran las mediciones de los signos vitales, sus cambios entre la mañana y la noche y las características de los pelos de las vaquillas en estudio. La FR presentó la mayor variación durante el día (CV=36.9%), seguido de la gradiente T°R-T°P (CV=20.9%), mientras que la temperatura rectal y de piel fueron las más estables (CV=0.8 y 4.4%, respectivamente). Se observó una marcada diferencia entre T°R (38.8 °C) y T°P (31.6 °C). La alta variación de la gradiente T°R-T°P se debe a la gran variación que tiene la T°P.

Si bien se presentan variaciones de las constantes fisiológicas vitales durante el día, estas se encuentran dentro de los parámetros normales correspondientes a vaquillas en buenas condiciones de salud. Las condiciones medioambientales no fueron extremas. Los rangos de T°A, H°R e ITH fueron de 12.0 y 21.1 °C, 55.0 y 69.5%, y 54.6 y 68.3, respectivamente.

Los signos vitales registrados durante el día presentan un CV alrededor del 50%, con promedios \pm error estándar (EE) de 10.4 \pm 1.8 rpm y 2.6 \pm 0.6 lpm, respectivamente para FR:M-N y FC:M-N, mientras que la T°R:M-N y T°P:M-N exhiben promedios menores a 1.9 °C, con errores estándar de 0.11 y 0.35, respectivamente.

El grosor del pelo (MDP) y la densidad de pelos (MDenP) fue de 40.6 \pm 1.49 y 11.3 \pm 0.51, encontrándose animales con pelos de grosor regular (cerca de 31 μ m) y muy gruesos (alrededor de 50 μ m). También, se encontró que la variación de la MDP dentro y entre animales difieren marcadamente, con desviaciones estándar de 17.9 y 4.7 μ m, respectivamente, que revela marcadas variacio-

nes de los diámetros de pelo dentro de las muestras de cada animal, pero que entre animales la MDP no variaría mucho. De otro lado, al evaluar la MDenP se encontró que las variaciones dentro y entre animales son muy similares, con desviaciones estándar de 1.5 y 1.6 fibras/mm², respectivamente.

Raza y momento del día sobre las constantes fisiológicas y las características del pelo

El efecto de los factores raza y momento del día, y de las covariables T°A y H°R sobre la frecuencia cardiaca y respiratoria, temperatura rectal y de piel y la gradiente T°R-T°P, se puede observar en los Cuadros 2 y 3. La raza no tuvo efecto sobre los variables en estudio; sin embargo, el momento del día y la T°A tuvieron efecto sobre la T°R, T°P, FR y gradiente T°R-T°P, en tanto que la H°R tuvo efecto solo sobre la T°P y la gradiente T°R-T°P. No se encontró evidencia del efecto del momento del día sobre la FC. Por otro lado, la FR registrada durante la tarde y noche (23.1 \pm 6.7 y 18.6 \pm 5.8 °C) son menores al de la mañana (29.0 \pm 5.8 °C), mientras que la T°R y la T°P durante la mañana es mayor al de la noche, pero la gradiente T°R-T°P en la noche es mayor al de la mañana y tarde.

Los valores de los signos vitales de las vaquillas Holstein tuvieron una aparente mayor variación entre momentos del muestreo (con excepción del FR:M-N); sin embargo, las diferencias no fueron significativas y, por lo tanto, no se encontró evidencia del efecto de la raza sobre los cambios en los signos vitales. Por otro lado, las vaquillas criollas presentaron un diámetro de pelo más fino que las Holstein (38.13 \pm 1.39 vs. 42.61 \pm 1.37 μ m, respectivamente), aunque sin diferencia estadística entre DEMDP, MDenP y DEDenP.

Relación entre las condiciones ambientales y los signos vitales

Cuadro 1 Estadísticos de condiciones ambientales, signos vitales y características del pelaje de vaquillas lecheras criadas al pastoreo en Cajamarca, Perú

VARIABLES	n	Media	DE	Mín	Máx	Rango
Condiciones ambientales						
Temperatura (°C)	24	17.6	2.9	12.0	22.1	10.1
Humedad relativa (%)	24	60.5	4.3	55.0	69.5	14.5
Índice Temperatura-Humedad	24	62.37	4.06	54.6	68.3	13.7
Signos vitales						
Frecuencia cardiaca (lpm)	23	70.1	6.9	48.0	82.0	34.0
Frecuencia respiratoria (rpm)	24	23.6	7.3	6.7	39.5	32.8
Temperatura rectal (°C)	24	38.8	0.3	38.0	39.3	1.3
Temperatura de piel (°C)	24	31.6	1.4	28.5	34.6	6.1
Gradiente T°R – T°P (°C)	24	7.2	1.5	4.2	10.5	6.3
Cambios en los signos vitales entre la mañana y la noche						
FC:M-N (lpm)	8	2.6	1.7	0.1	5.0	4.9
FR: M-N (rpm)	8	10.4	5.0	3.2	18.0	14.8
T°P: M-N (°C)	8	1.8	1.0	0.6	3.5	2.9
T°R: N-M (°C)	8	0.5	0.3	0.1	1.0	0.9
T°R - T°P: N-M (°C)	8	2.2	1.1	0.6	4.1	3.5
Características de pelaje						
MDP (µm)	10	40.6	4.7	31.7	49.3	17.6
DEMDP (µm)	10	17.9	2.0	11.3	21.1	9.9
MDenP (N.º de pelos/mm ²)	10	11.3	1.6	8.8	14.2	5.5
DEMDenP (N.º de pelos/mm ²)	10	1.5	0.3	1.2	2.0	0.8

lpm: latidos por minuto; rpm: respiraciones por minuto; Gradiente T°R-T°P: Diferencia entre la temperatura rectal y la temperatura de piel; T°R-T°P: N-M: Diferencia de los gradientes de temperatura rectal y de piel, de los periodos noche y mañana; FC:M-N: Diferencia de la frecuencia cardiaca entre la mañana y la noche; FR:M-N: Diferencia de la frecuencia respiratoria entre la mañana y noche; T°P:M-N: Diferencia de la temperatura de piel entre la mañana y la noche; T°R:N-M: Diferencia de la temperatura rectal entre la noche y la mañana. MDP: Media del diámetro de pelo. DEMDP: Desviación estándar de la MDP; MDenP: Media de la densidad de pelos; DEMDenP: Desviación estándar de la MDenP

Las correlaciones entre signos vitales y condiciones ambientales se presentan en el Cuadro 4 y la Figura 1, habiéndose encontrado relaciones moderada, directa y significativa de la frecuencia respiratoria con la temperatura de piel, la frecuencia cardiaca, la temperatura ambiental y el diámetro de pelo, así como entre la frecuencia respiratoria y la

temperatura ambiental ($r=0.56$). Asimismo, se encontró relaciones inversas y significativas entre la temperatura rectal y la humedad relativa ambiental ($r=-0.52$), así como la gradiente T°R-T°A con la temperatura de piel y la frecuencia respiratoria ($r = -0.99$ y -0.43).

Cuadro 2. Efecto de la raza, periodos, temperatura (T°A) y humedad ambiental (H°R) sobre los signos vitales de vaquillas lecheras criadas al pastoreo en Cajamarca, Perú

	Raza Pr(>F)	Periodo Pr(>F)	T°A Pr(>F)	H°R Pr(>F)
Temp. Rectal (T°R)	0.281	0.008	0.024	0.172
Temp. Piel (T°P)	0.660	<0.001	<0.001	<0.001
Frecuencia cardiaca	0.667	0.199	0.908	0.455
Frecuencia respiratoria	0.132	0.003	0.033	0.108
Gradiente T°R - T°P	0.959	<0.001	<0.001	0.001

Los resultados indican que a mayor temperatura de piel corresponde una mayor frecuencia respiratoria y cardiaca, a mayor T°A corresponde mayor frecuencia cardiaca, respiratoria y temperatura rectal, a mayor humedad ambiental corresponde menor temperatura rectal y al incrementarse la gradiente T°R-T°A se disminuye la temperatura de piel y la frecuencia respiratoria. Asimismo, se observó que un incremento del diámetro de pelo conlleva a un incremento de la frecuencia cardiaca, pero a una disminución de la media de densidad de pelo.

Al analizar las correlaciones significativas (Cuadro 4) mediante regresiones lineales se encontró el coeficiente de determinación es menor a 0.31, con excepción de la relación entre MDP y la frecuencia respiratoria, donde el modelo explica más del 50% de la relación entre dichas variables ($r^2=0.57$), reafirmando que a mayor diámetro de pelo resultan mayores frecuencias respiratorias; sin embargo, otras correlaciones son bajas y sin importancia biológica.

Las relaciones entre los cambios de los signos vitales durante el día y las características del pelaje se muestran en el Cuadro 5. El cambio T°R:M-N tiene una relación directa y significativa con el diámetro de pelo ($r=0.87$) pero inversa y significativa con la

MDenP ($r = -0.92$), mientras que la T°R-T°P: N-M tiene una relación directa y significativa con el T°P:M-N. Asimismo al análisis de estas relaciones mediante regresión lineal simple se encontró que por cada incremento en una micra del diámetro de pelo se incrementa la gradiente T°R-T°P en 0.05 ± 0.1 °C ($p=0.01$), pero contrariamente disminuye en 0.18 ± 0.04 °C ($p\text{-valor} < 0.01$) por cada incremento en la densidad de pelo. Los modelos de regresión lineal simple explican las relaciones anteriormente mencionadas, pues los coeficientes de determinación son mayores a 0.75 (Figura 1).

DISCUSIÓN

El trabajo se desarrolló bajo condiciones ambientales dentro de la zona de confort del ganado bovino, basado en los estudios de Nascimento *et al.* (2013) y Sanin *et al.* (2016), quienes indican que temperaturas ambientales de confort están en el rango de 10 a 20 °C; asimismo, el NRC (1971) y Hernández *et al.* (2011) indican que con un $THI \geq 75$ las vacas disminuyen la producción de leche y el consumo de alimento, pero que con un $THI \leq 74$ los animales se encuentran en estado de confort. Asimismo, los valores de los signos vitales encontrados se ubican dentro de los rangos normales de animales

Cuadro 3. Efecto de la raza y periodos sobre signos vitales y características de pelaje en vaquillas criadas al pastoreo en Cajamarca, Perú (media \pm DE)

Variables	Razas		Momento del día		
	Criolla (n=4)	Holstein (n=4)	Noche (n= 8)	Mañana (n= 8)	Tarde (n= 8)
Signos vitales					
FC (lpm)	69.5 \pm 9.0 ^a	70.7 \pm 4.6 ^a	66.0 \pm 9.3 ^a	72.1 \pm 4.0 ^a	71.7 \pm 6.0 ^a
FR (rpm)	21.9 \pm 7.7 ^a	25.3 \pm 6.7 ^a	18.6 \pm 5.8 ^b	29.0 \pm 5.8 ^a	23.1 \pm 6.7 ^b
T°R (°C)	38.9 \pm 0.2 ^a	38.8 \pm 0.4 ^a	38.6 \pm 0.3 ^b	39.0 \pm 0.2 ^a	39.0 \pm 0.3 ^a
T°P (°C)	31.7 \pm 1.3 ^a	31.6 \pm 1.4 ^a	30.7 \pm 1.4 ^c	32.5 \pm 1.3 ^a	31.6 \pm 0.7 ^b
Gradiente T°R-T°P (°C)	7.2 \pm 1.3 ^a	7.2 \pm 1.7 ^a	8.2 \pm 1.5 ^a	6.0 \pm 1.4 ^c	7.4 \pm 0.5 ^b
Cambios de diferentes signos vitales durante el día					
FR: M-N (rpm)	11.7 \pm 4.5 ^a	9.1 \pm 5.9 ^a			
FC:M-N (lpm)	2.1 \pm 1.4 ^a	2.9 \pm 2.1 ^a			
T°R: N-M (°C)	0.2 \pm 0.3 ^a	0.7 \pm 0.2 ^a			
T°P: M-N (°C)	1.5 \pm 1.0 ^a	2.2 \pm 0.9 ^a			
Gradiente T°R-T°P: N-M (°C)	1.6 \pm 1.0 ^a	2.8 \pm 0.9 ^a			
Características del pelo					
MDP (μ m)	38.13 \pm 1.39 ^a	42.61 \pm 1.37 ^b			
DEM DP (μ m)	18.47 \pm 1.42 ^a	18.12 \pm 0.45 ^a			
M DenP (N.° pelos/mm ²)	11.41 \pm 0.93 ^a	11.18 \pm 0.66 ^a			
DEMDenP (N.° pelos/mm ²)	1.50 \pm 0.20 ^a	1.48 \pm 0.10 ^a			

^{a,b,c} Promedios con diferentes superíndices indican diferencias estadísticas dentro de cada fila por factor ($p < 0.05$)

FC: Frecuencia cardiaca; lpm: latidos por minuto; FR; Frecuencia respiratoria; rpm: respiraciones por minuto; T°R: Temperatura rectal; T°P: Temperatura de la piel; Gradiente T°R-T°P: Diferencia entre la T°R y T°P; T°R-T°P: N-M: Diferencia de las gradientes de temperatura rectal y de piel de la noche y mañana; FC:M-N: Diferencia de la frecuencia cardiaca entre la mañana y la noche; FR:M-N: Diferencia de la frecuencia respiratoria entre la mañana y noche; T°P:M-N: Diferencia de la temperatura de piel entre la mañana y noche; T°R:N-M: Diferencia de la temperatura rectal entre la noche y la mañana; MDP: Media del diámetro de pelo; DEMDP: Desviación estándar de la MDP; M DenP: Media de la densidad de pelos; DEMDenP: Desviación estándar de la M DenP

en buenas condiciones de salud, (FC: 60-80 lpm, FR: 16-80 rpm, T°R y T°P: alrededor de 38.5 y 32.7 °C, respectivamente, con una gradiente de T°R-T°P en torno a 8.35 °C (Martello, 2006; Araujo *et al.*, 2016; Da Cruz *et al.*, 2016). Sin embargo, las ligeras varia-

ciones de los signos vitales ocurridos durante el día serían como respuesta del organismo animal a las variaciones ambientales (Arias *et al.*, 2008), pero también podría deberse a las actividades físicas y manipulación de los animales (NRC, 1971; Sanin *et al.*, 2016),

Cuadro 4. Correlaciones de Pearson (r) – en la parte superior de la diagonal – y grado de significancia (p-valor) – en la parte inferior de la diagonal - entre constantes fisiológicas, características del pelo y condiciones ambientales de vaquillas criadas al pastoreo en Cajamarca, Perú

	T°R	T°P	FC	FR	T°A	H°A	Gradiente T°R-T°P	MDP	MDenP
T°R		0.27	0.05	0.04	0.33	-0.52	-0.1	-0.35	0.01
T°P	0.14		0.17	0.42	0.29	-0.12	-0.99	-0.36	-0.07
FC	0.79	0.37		0.38	0.33	0.08	-0.19	0.02	0.29
FR	0.83	0.02	0.04		0.56	0.18	-0.43	0.75	-0.14
T°A	0.07	0.11	0.08	0.01		-0.26	-0.24	0.53	-0.09
H°A	0.01	0.53	0.66	0.32	0.15		0.03	-0.01	-0.30
Dif T°R-T°P	0.58	0.01	0.33	0.01	0.18	0.87		0.30	0.07
MDP	0.40	0.37	0.77	0.03	0.17	0.98	0.48		-0.68
MDenP	0.98	0.87	0.49	0.74	0.84	0.47	0.87	0.07	

T°R=temperatura rectal; T°P=temperatura de piel; FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; T°A: temperatura ambiental; H°A: humedad relativa ambiental; Dif T°P- T°R: Diferencia entre la temperatura rectal y la temperatura de piel; MDP: Media de diámetro de pelo; MDenP: Media de densidad de pelo/mm²

aunque esto último podría descartarse, ya que el registro de los signos vitales se realizó con un monitor de signos vitales llevable que no interfería con las actividades normales de los animales (Quispe *et al.*, 2019).

La media del de diámetro de pelo obtenido se encuentra dentro de los rangos reportados para ganado Holstein por Gebremedhin *et al.* (1984), Gilbert y Bailey (1991) y Yoo (2013); sin embargo, son menores a los reportados por Maia *et al.* (2003), Hillman *et al.* (2005) y Bertipaglia *et al.* (2005), quienes obtuvieron MDP mayores a 60 µm, quienes trabajaron con vacas adultas, lo cual es un factor para considerar (Maia *et al.*, 2003).

La densidad de pelos (11.3±0.51 pelos/mm²) fue similar a lo reportado por Maia *et al.* (2003) que obtuvieron 11.21 pelos/mm² en vacas Holstein, aunque ligeramente inferior a los obtenidos por Cena y Monteith

(1975) y Da Cruz *et al.* (2016), quien reportaron densidades de 12.6 pelos/mm² en Holstein x Gyr y 13.2 pelos/mm² en terneros de capa roja y blanca, respectivamente. Densidades menores fueron reportadas por Bertipaglia *et al.* (2005) y Hillman *et al.* (2005) con valores entre 9.9 y 7.5 pelos/mm² en vacas Holstein y Charolais, respectivamente; diferencias que podrían deberse a la metodología para la obtención de la densidad de pelo, edad, raza y genotipo de los animales entre otros factores (Maia *et al.*, 2003; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011; Yoo, 2013).

El efecto del momento del día, temperatura ambiental y humedad relativa sobre la temperatura rectal, temperatura de piel, frecuencia respiratoria y gradiente T°R-T°P en un medio ambiente de confort se encuentra poco documentado. No obstante, se reconoce que la temperatura ambiental y la humedad relativa afectan en forma directa y pro-

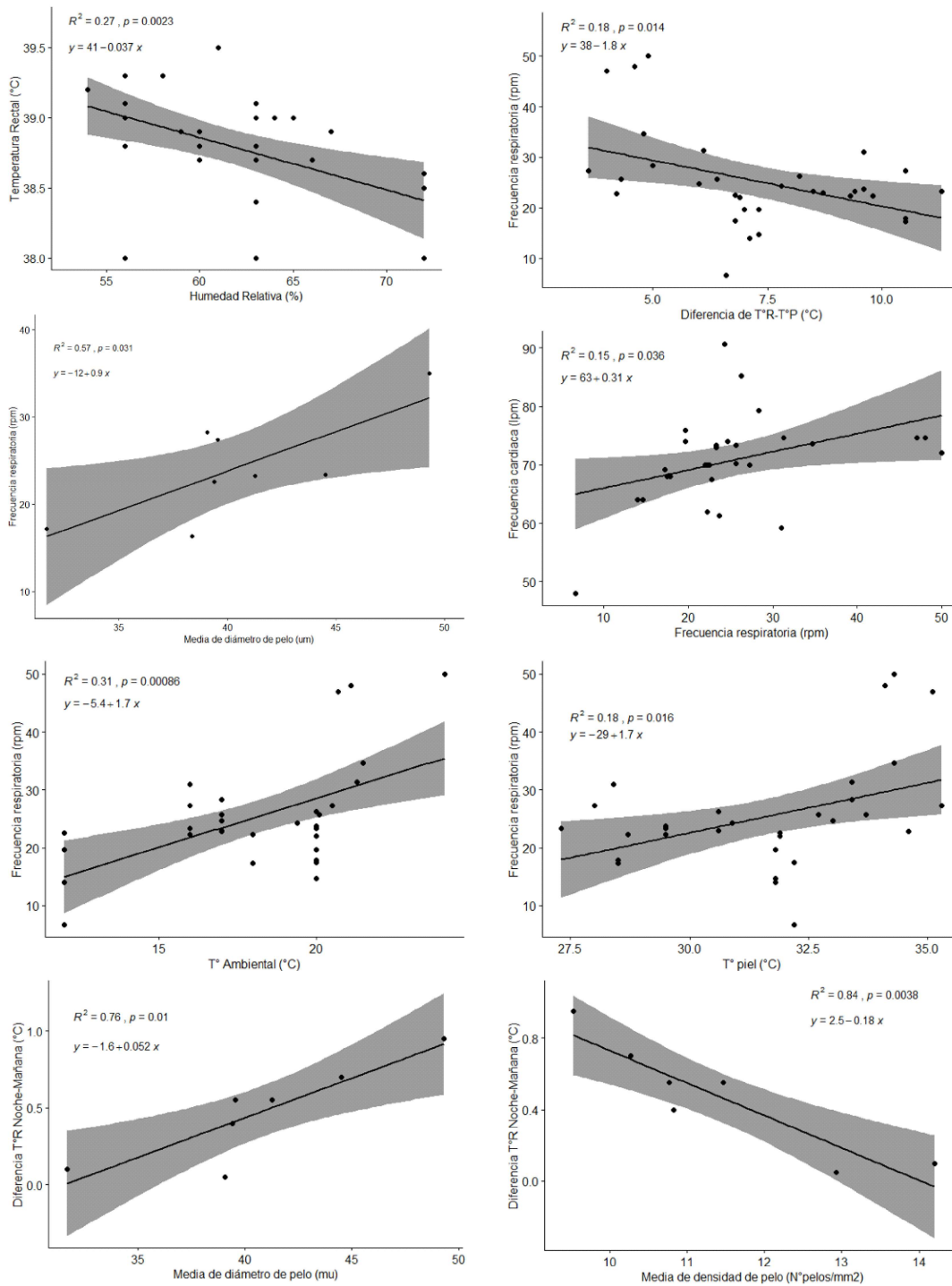


Figura 1. Ploteo de signos vitales, condiciones medioambientales, incluyendo línea de ajuste de regresión con intervalo de confianza. Se presentan las ecuaciones de regresión, coeficientes de determinación y p-valor. Solo se presentan las correlaciones significativas del Cuadro 5

Cuadro 5. Correlaciones de Pearson, intervalos de confianza y p-valor entre los cambios de signos vitales y entre estos con las características del pelo en 8 vaquillas criadas al pastoreo en Cajamarca, Perú

VARIABLES	r	Intervalo de confianza de r	p-valor
T°R - T°P: N-M y FR:M-N	-0.39	[-0.86 – 0.44]	0.3437
T°R - T°P: N-M y T°P:M-N	0.94	[0.70 – 0.99]	0.0001
T°R - T°P: N-M y T°R:N-M	0.17	[-0.67 – 0.82]	0.7199
T°R - T°P: N-M y FC:M-N	-0.10	[-0.22 – 0.71]	0.8336
T°R - T°P: N-M y MDP	0.16	[-0.61 – 0.78]	0.7052
T°R - T°P: N-M y MDenP	0.23	[-0.57 – 0.80]	0.5905
FR:M-N y T°P:M-N	-0.33	[-0.84 – 0.49]	0.4234
FR:M-N y T°R:M-N	0.16	[-0.67 – 0.81]	0.7362
FR:M-N y FC:M-N	0.16	[-0.67 – 0.82]	0.7262
FR:M-N y MDP	0.16	[-0.61 – 0.78]	0.7047
FR:M-N y MDenP	-0.39	[-0.86 – 0.44]	0.3430
T°P:M-N y T°R:N-M	0.17	[-0.82 – 0.67]	0.7192
T°P:M-N y FC:M-N	-0.32	[-0.87 – 0.57]	0.4821
T°P:M-N y MDP	-0.12	[-0.76 – 0.64]	0.7693
T°P:M-N y MDenP	0.37	[-0.46 – 0.85]	0.3735
T°R:N-M y FC:M-N	0.45	[-0.57 – 0.92]	0.3653
T°R:N-M y MDP	0.87	[0.35 – 0.98]	0.0103
T°R:N-M y MDenP	-0.92	[-0.99 – -0.52]	0.0038
FC:M-N y MDP	0.30	[-0.58 – 0.86]	0.5111
FC:M-N y MDenP	-0.14	[-0.81 – 0.68]	0.7610

T°R-T°P:N-M: Diferencia de las gradientes de la temperatura rectal y de piel entre los periodos noche y mañana; FR:M-N: Diferencia de la frecuencia respiratoria entre los periodos de la mañana y noche; FC:M-N: Diferencia de la frecuencia cardiaca entre los periodos de la mañana y noche T°P:M-N: Diferencia de la temperatura de piel entre la mañana y noche; T°R:N-M: Diferencia de la temperatura rectal entre la noche y la mañana; MDP: Media de diámetro de pelo; MDenP: Media de la densidad de pelo/mm²

porcional los signos vitales en vacunos de carne y leche (Collier *et al.*, 2006; Bryant *et al.*, 2007; Leyva-Corona *et al.*, 2015), donde los animales pueden disipar el exceso de temperatura dependiendo de la temperatura ambiental presente (Sanin *et al.*, 2016), la cual se acentúa ante una mayor humedad relativa bajo condiciones de estrés térmico (Arias *et al.*, 2008), razón por la cual se desarrolló el

índice temperatura-humedad como indicador para evaluar la magnitud de estrés por calor (Dikmen y Hansen, 2009; Hernández *et al.*, 2011).

El efecto encontrado del cambio de la T°A (entre 12 y 22°C) sobre la T°R contradice lo indicado por Spiers (2011), quien re-

fiere que la temperatura corporal de muchos animales domésticos adultos no responde a los cambios en la temperatura ambiental por debajo de 25 °C y por encima de 10-15 °C. Sin embargo, esto se debería a que los cambios de la temperatura corporal están en función a la masa corporal, donde los terneros son más sensibles, pero en el presente estudio se utilizaron vaquillas. Es así que los resultados obtenidos sobre la T°R son concordantes con otros realizados en vacunos adultos (Amakiri y Funsho, 1979; Silanikove, 2000; Olson *et al.*, 2002; McManus *et al.*, 2009) quienes demostraron que la T°A por encima de los 24°C tiene efecto sobre la T°R.

Los reducidos efectos del cambio medioambiental sobre la FR concuerdan con otros autores (Eigenberg *et al.*, 2000; Gaughan *et al.*, 2000; Arias *et al.*, 2008) quienes indican que la FR es la respuesta fisiológica más resaltante por ser una vía de pérdida de calor importante bajo un amplio rango de condiciones medioambientales. No obstante, puede ser influenciado por la edad, genotipo, momento de la alimentación y condición corporal entre otros factores (Collier *et al.*, 2006).

El efecto de la T°A sobre la T°P concuerda con otros reportes (Mota, 1997; Martello, 2006; Collier *et al.*, 2006; Sanin *et al.*, 2016, Yadav *et al.* 2017), quienes indican que la temperatura de la superficie de la piel se encuentra influenciada por la temperatura ambiental, pero también por la radiación infrarroja, velocidad del viento y capacidad de sudoración. En función a los resultados obtenidos, se podría indicar que la T°P resultaría un buen indicador para evaluar los efectos de estrés por calor en los animales, con la ventaja frente a la T°R de que no se necesita el contacto con el animal y no provoca estrés (Yadav *et al.*, 2017).

Aunque se conoce el factor racial en la reacción a los cambios medioambientales no se encontraron diferencias entre las vaquillas criollas y Holstein sobre los signos vitales; lo

cual se debería al reducido rango de cambio de las condiciones ambientales y a la limitada cantidad de animales utilizados en el estudio.

La evidencia encontrada que las vaquillas Holstein tienen el pelo más grueso que las criollas se debería al lugar de origen de la raza Holstein (en temperaturas bajas), motivo por el cual desarrollaron pelajes largos y gruesos como mecanismo de aislamiento térmico (Young *et al.*, 1981; Sanin *et al.*, 2016). De otro lado, si bien hay diferencias entre razas con respecto a la densidad de los pelos (Da Silva *et al.*, 2003; Landaeta-Hernández *et al.*, 2011), no hubo diferencias en el presente estudio, lo cual pudo deberse a la reducida variación de las condiciones medioambientales.

Evidencias de relación entre algunos signos vitales con T°A, H°A y características de pelaje han sido reportadas por diversos investigadores (Eigenberg *et al.*, 2000; Collier *et al.*, 2006; Da Cruz *et al.*, 2016), aunque bajo condiciones climáticas de calor y frío más extremas que los del presente estudio. La correlación positiva entre T°A y FR ($r=0.56$) es similar a las correlaciones entre 0.42 a 0.51 en novillos cruzados (Murray Grey x Hereford y Hereford x Angus x Simmental) reportado por Gaughan *et al.* (2000). Asimismo, el coeficiente de regresión (1.7 rpm por cada incremento de 1 °C de T°A, Figura 1) es similar al reportado por Eigenberg *et al.* (2000), pero menor al reportado por Gaughan *et al.* (2000) y Collier *et al.* (2006), quienes hallaron mayores incrementos de FC por cada grado de incremento de T°A, pero trabajando bajo variaciones de T°A entre 24 y 36°C.

Bajo condiciones de estrés térmico, la humedad relativa acentúa la dificultad de pérdida de energía del organismo animal, conllevando a un incremento de la T°R, por lo que existe una relación directa de la T°R con la humedad relativa (Amakiri y Funsho, 1979; Collier *et al.*, 2006; Arias *et al.*, 2008); aspecto que el presente resultado fue contradictorio, posiblemente debido a la inexistencia de estrés térmico durante el desarrollo

del experimento y a la reducida variación de la H°R.

Los cambios de los signos vitales (T°R, T°P, FC, FR y gradiente T°R-T°P) observados entre periodos de la mañana y noche, parecen ser paralelos a las variaciones de la temperatura del aire en condiciones ambientales controladas (Brody, 1956; Amakiri y Funsho, 1979), confirmando que es necesario considerar cambios diarios en el uso de la temperatura rectal y frecuencia cardiaca para propósito de diagnóstico clínico en ambientes tropicales húmedos, más que considerar solo los valores medios diarios. Sin embargo, estos cambios podrían ser atenuados por las características de pelaje, ya que los mayores cambios de T°R están relacionado directamente con el diámetro de pelo e inversamente con la densidad del pelaje.

CONCLUSIONES

Aún bajo los reducidos cambios de las condiciones medioambientales del estudio, se encontraron efectos significativos de la hora del día, temperatura ambiental y humedad relativa sobre la temperatura rectal, temperatura de piel, frecuencia respiratoria y gradiente temperatura rectal - temperatura de piel; sin embargo, estos cambios pueden ser aminorados cuando el pelaje es menos grueso pero más denso. Asimismo, la frecuencia cardiaca es el signo vital que se mantiene constante ante los cambios ambientales dentro de la zona de confort.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los revisores por sus recomendaciones, observaciones y aportes al presente trabajo, lo cual permitió mejorar notablemente, para una mejor comprensión de los lectores.

LITERATURA CITADA

1. **Amakiri SF, Funsho ON. 1979.** Studies of rectal temperature, respiratory rates and heat tolerance in cattle in the humid tropics. *Anim Prod* 28: 329-335. doi: 10.1017/S0003356100023230
2. **Araujo JIM, Araujo, AC, Rodrigues HTM, Oliveira LG, Junior CPB, Fonseca WJL, et al. 2016.** Effect of different climatic environments on physiological characteristics of crossbred calves (Holandês x Gyr). *Rev Ciênc Agrovet* 15: 259-265.
3. **Arias RA, Mader TL, Escobar PC. 2008.** Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 40: 7-22. doi: 0.4067/S0301-732X20080-00100002
4. **Bertipaglia ECA, Silva RG, Maia ASC. 2005.** Fertility and hair coat characteristics of Holstein cows in a tropical environment. *Anim Reprod* 2: 187-194.
5. **Bryant JR, López Villalobos N, Pryce JE, Holmes CW, Johnson DL. 2007.** Quantifying the effect of thermal environment on production traits in three breeds of dairy cattle in New Zealand. *New Zeal J Agr Res* 50: 327-338. doi: 10.1080/00288230709510301
6. **Brody S. 1956.** *Climatic physiology of cattle. J Dairy Sci* 39: 715-725. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(56)91194-8
7. **Cena K, Monteith JL. 1975.** Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. *P Roy Soc B-Biol Sci* 188: 377-393.
8. **Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ. 2006.** Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J Dairy Sci* 89: 1244-1253. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2
9. **Da Cruz PFF, Monteiro CP, Guimarães EC, Antunes RC, Nascimento MRB. 2016.** Physiological parameters, hair coat morphological characteristics and temperature gradients in Holstein-Gyr crossbred cows. *Biosci J* 32: 471-477. doi: 10.14393/BJ-v32n2a2016-29827

10. **Da Silva RG, La Scala N, Tonhati H. 2003.** Radiative properties of the skin and haircoat of cattle and other animals. *T ASAE* 46: 913-918. doi: 10.13031/2013.13567
11. **Dikmen S y Hansen PJ. 2009.** Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J Dairy Sci* 92: 109-116. doi: 10.3168/jds.2008-1370
12. **Donnelly JR. 1984.** The productivity of breeding Ewes grazing on Lucerne or grass and clover pasture on the table lands of Southern Australia. III. Lamb mortality and weaning percentage. *Aust J Agr Res* 35: 709-721. doi: 10.1071/ar9840709
13. **Eigenberg RA, Hahn GL, Nienaber TM, Brown-Brandl TM, Spiers DE. 2000.** Development of a new respiration rate monitor for cattle. *T ASAE* 4: 723-728. doi: 10.13031/2013.2755
14. **Esquivel CM. 2012.** La raza, el pelo y la piel en función del bienestar animal. *Mundo Pecuario* 8: 73-85.
15. **Gaughan JB, Holt SM, Hahn GL, Mader TL, Eigenber R. 2000.** Respiration rate – is it a good measure of heat stress in cattle? *Asian Austral J Anim* 13: 329-332
16. **Gebremedhin KG, Porter WP, Warner RG 1984.** Heat flow through pelage of calves - a sensitivity. *T ASAE* 27: 1140-1143. doi: 10.13031/2013.32935
17. **Gilbert RP, Bailey DR. 1991.** Hair coat characteristics and postweaning growth of Hereford and Angus cattle. *J Anim Sci* 69: 498. doi: 10.2527/1991.692498x
18. **Hernández A, Domínguez B, Cervantes P, Muñoz-Melgarejo S, Salazar-Lizán S, Tejeda-Martínez A. 2011.** Temperature-humidity index (THI) 1917-2008 and future scenarios of livestock comfort in Veracruz, México. *Atmósfera* 24: 89-102.
19. **Hillman PE, Gebremedhin KG, Brown-Brandl TM, Lee CN. 2005.** Thermal analysis and behavioral activity of heifers in shade or sunlight. In: *Proc VII International Symposium of the American Society of Agricultural and Biological Engineers.*
20. **Landaeta-Hernandez A, Zambrano-Nava S, Hernández-Fonseca JP, Godoy R, Calles M, Iragorri JL, Añez L, et al. 2011.** Variability of hair coat and skin traits as related to adaptation in Criollo Limonero cattle. *Trop Anim Health Pro* 43: 657-663. doi: 10.1007/s11250-010-9749-1
21. **Leyva-Corona JC, Armenta-Castelo DI, Zomarona-Algandar R, Thomas MG, Rincon G, Medrano JF, et al. 2015.** Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Rev Latinoam Recursos Naturales* 111: 1-11.
22. **Maia ASC, Silva RGD, Bertipaglia ECA. 2003.** Características do pelame de vacas Holandesas em ambiente tropical: Um estudo genético e adaptativo. *Rev Bras Zootec* 32: 843-853.
23. **Martello LS. 2006.** Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall. Tese de Doutorado. Brasil: Universidade de São Paulo. 113 p.
24. **McManus C, Prescott E, Paludo GR, Bianchini E, Louvandini H, Mariante AS. 2009.** Heat torenace in nauturalized Brazilian cattle breeds. *Livest Sci* 120: 256-264. doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.014
25. **Mota LS. 1997.** Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras. Ribeirão Preto, Doctor's thesis, Brasil: Universidade de São Paulo. 69 p.
26. **Nascimento G, Cardoso E, Batista N, de Souza B, Cambui GB. 2013.** Indicadores productivos, fisiológicos e compatamentais de vacas de leite. *ACSA* 9: 28-36.
27. **[NRC] National Research Council. 1971.** A guide to environmental research on animals. Washington DC: National Academy of Sciences. 374 p.

28. **Olson TA, Avila-Chytil M, Chase Jr CC, Hansen PJ, Coleman SW. 2002.** Impact of hair coat differences on rectal temperature, skin temperature, and respiration rate of Holstein x Senepol crosses in Florida. In: Senepol Symposium. St. Croix, USVI.
29. **Quispe MD, Benavidez G, Sauri RA, Bongoechea JJ, Quispe EC. 2017.** Development and preliminary validation of an automatic digital analysis system for animal fibre analysis. *S Afr J Anim Sci* 47: 822-833. doi: 10.4314/sajas.-v47i6.10
30. **Quispe EC, Quispe MD. 2019.** Método no invasivo para determinar densidad y haces de fibras en piel de animales vivos. *Arch Zootec* 68: 74-81. doi: 10.21071/az.v68i261.3942
31. **Quispe M, Poma A, Serrano-Arriezu L, Led S, Quispe EC. 2019.** Diseño, desarrollo y evaluación preliminar de un novedoso monitor de signos vitales llevable para vacunos. *Rev Inv Vet Perú* 30: 74-87. doi: 10.15381/rivep.v30i1.-15684
32. **R Core Team, 2016.** R: A language and environment for statistical. Available at: <https://www.R-project.org/>
33. **Sanin YL, Zuluaga AM, Tarazona AM. 2016.** Adaptative responses to thermal stress in mammals. *Rev Med Vet* 31: 121-135. doi: 10.19052/mv.3715
34. **Silanikove N. 2000.** Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 67: 1-18. doi: 10.1016/S0301-6226(00)-00162-7
35. **Spiers DE. 2011.** Physiological basics of temperature regulation in domestic animals. In: *Environmental physiological of livestock*. Caollier RJ, Collier JL (eds). West Sussex, UK: John Wiley. p 17-34.
36. **Yadav B, Singh G, Wankar A. 2017.** The use of infrared skin temperature measurements for monitoring heat stress and welfare of crossbred cattle. *Indian J Dairy Sci* 70: 1-5.
37. **Yoo MJ. 2013.** Hair-coat characteristics of cattle. MSc Thesis. New York: Cornell University. 59 p.
38. **Young BA. 1981.** Cold stress as it affects animal production. *J Anim Sci* 52: 154-163. doi: 10.2527/jas1981.521154x