

## Impacto de los efectos climáticos sobre la producción de leche de ganado Holstein en Lima, Perú

Impact of climate effects on milk production of Holstein cattle in Lima, Peru

Gerardo Antonio Galván Caveró<sup>1</sup>, Alberto Menendez-Buxadera<sup>2</sup>,  
Manuel José More Montoya<sup>3</sup>, Gustavo Augusto Gutiérrez Reynoso<sup>1\*</sup>

### RESUMEN

Los resultados de 443 763 controles periódicos de la producción diaria de leche (PL) realizados entre enero de 2006 a diciembre de 2018 en cinco establos de vacas Holstein de la región de Lima fueron relacionados con información meteorológica (temperatura máxima y mínima y humedad relativa), bajo índices de temperatura y humedad (ITH) para representar el estado actual y las tendencias de las relaciones entre PL y posible estrés térmico (ST) identificado por el nivel de ITH. Los niveles de PL a lo largo de la trayectoria de ITH manifiestan una curva de respuesta con una zona de tolerancia ITH dentro de la cual existe poca variación en PL y un punto de inflexión a  $ITH \geq 68$  a partir del cual se reduce la PL a razón de -0.413 kg de leche por cada unidad de incremento en ITH. Esta respuesta negativa en conjunto representa un impacto de -365 kg anuales de leche por vaca. Se concluye que todas las tendencias son coherentes en señalar antagonismo entre ST y PL, lo cual es un llamado de alerta a las autoridades para tomar acciones que mitiguen ese efecto.

**Palabras clave:** producción de leche, estrés térmico, correlación negativa, Holstein, Lima

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia, PIPS Mejoramiento Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

<sup>2</sup> Departamento de Genética, Universidad de Córdoba, Córdoba, España

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

\* Email: [gustavogr@lamolina.edu.pe](mailto:gustavogr@lamolina.edu.pe)

Recibido: 12 de agosto de 2022

Aceptado para publicación: 30 de agosto de 2023

Publicado: 31 de octubre de 2023

©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

## ABSTRACT

The results of 443 763 periodic controls of daily milk production (DMP) carried out between January 2006 and December 2018 in five Holstein dairy farms in the Lima region were related to meteorological information (maximum and minimum temperature and relative humidity), under temperature-humidity indexes (THI) to represent the current state and the trends of the relationships between DMP and possible thermal stress (TS) identified by the level of THI. The DMP levels along the THI levels showed a response curve with a THI tolerance zone where there is little variation in DMP and threshold point at  $\text{THI} \geq 68$  from which DMP is reduced at a rate of  $-0.413$  kg of milk per unit of increase in THI. Analyzed as a whole, this negative response represents an impact of  $-365$  kg of milk per cow per year. It is concluded that all the trends are consistent in pointing out antagonism between TS and DMP, which is a warning call to authorities to take actions to mitigate this effect.

**Key word:** milk production., thermal stress, negative correlation, Holstein, Lima

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial Meteorológica (OMM, 2022), 2021 fue uno de los siete años más cálidos de los que se tiene constancia, siendo el séptimo año consecutivo (2015-2021) donde la temperatura mundial ha superado en más de  $1$  °C los niveles preindustriales. Estos cambios constituyen una amenaza a múltiples actividades en diferentes esferas de la sociedad. Ingentes esfuerzos se llevan a cabo a escala mundial para mitigar sus efectos, aunque aún persiste la tendencia negativa. En el caso de la producción animal la problemática manifiesta diferentes matices, dada la compleja interacción en sus componentes, por un lado, de naturaleza fisiológica y por el otro del sistema de producción (Grossi *et al.*, 2019).

El cambio climático tendrá severas consecuencias para América Latina y el Caribe, con mayores incrementos tanto en temperatura máxima, mayores periodos de sequía y más violentos eventos atmosféricos, lo cual conducirá a la reducción de los niveles de producción agrícola, pesca y el incremento de problemas de salud humana (Reyer *et al.*, 2017). En el Perú, la problemática del cambio climático ha sido objeto de un amplio análisis

(Bergmann *et al.*, 2021), mostrando que las alteraciones manifestarán una tendencia más aguda; asimismo, se predice un incremento de  $0.75$  a  $1.5$  °C en la temperatura ambiente para mediados de este siglo.

Autores como Carabaño *et al.* (2019) concluyen que existe antagonismo entre la capacidad de adaptación de las hembras lecheras al estrés térmico (ST) y producción de leche; habiéndose demostrado que existe suficiente variabilidad genética para poder seleccionar no solo animales más productivos sino también más adaptado al ST. Por otro lado, los pioneros en este proceso de mejora han concluido que «La selección por mayor volumen de leche implica menor capacidad de adaptación al ST» señalando una diferencia de más de  $1100$  kg de leche entre las progenies extremas de sementales Holstein (Misztal *et al.*, 2006). En Perú se ha indicado el mismo antagonismo en una muestra de dos hatos Holstein (Durand, 2015) y en un estudio en la región de Lima (Ruiz-García *et al.*, 2019). Estas evidencias representan un llamado de alerta para el programa de desarrollo ganadero que se lleva a cabo actualmente en el país; sin embargo, se necesita de mayores evidencias para una representación más holística de esta problemática.

De acuerdo con lo expuesto, esta investigación se desarrolló en dos etapas. Se presenta una panorámica del estado actual de las variaciones globales del clima en la región de Lima y sus relaciones con la producción láctea, como evidencia de estos efectos de ST. Partiendo de tales resultados, en un artículo previo (Menendez-Buxadera *et al.*, 2023) se muestran los componentes de (co)varianza genética que permita estimar los valores genéticos de los animales Holstein con mayor grado de adaptación al ST.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Como parte del sistema de control productivo y evaluación genética en Perú, se dispone de una amplia base de datos de más de 530 000 registros periódicos de la producción de leche de cada animal, registro conocido como Test Day (TD). Este es un registro periódico que se usa de manera global, no es un software), y contiene información precisa de cada animal entre enero de 2006 a diciembre de 2018, su ubicación y las fechas de realización de cada TD, a la cual se le puede incorporar los datos genealógicos correspondientes, conformándose una base de datos que se ha denominado DATA (Registro de datos en una hoja de cálculo). Estos datos pertenecen a cinco rebaños ubicados en las provincias de Huaura y Cañete de la región Lima (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distancia (en km) entre los establos y estaciones

Establo	Estación	
	A (Huaura)	B (Cañete)
1		6.48
2		7.92
3		9.52
4	18.20	
5	1.63	

La información meteorológica fue suministrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI-Perú) que contenía los datos de Temperatura (T) máxima y mínima (en °C) y Humedad Relativa (RH) de las estaciones más cercanas a los rebaños y en las mismas fechas (o en la misma semana) de realizado el control de TD.

Los datos de T y RH se emplearon en la elaboración del Índice de temperatura y humedad (ITH) que representa la variable climática que indica la magnitud del nivel de ST al cual estaba sometido cada animal durante los días previos en que se registró su TD, mediante la siguiente formulación del National Research Council (NRC, 1971):  $ITH = [(1.8 \times T + 32) - (0.55 - (0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26.8))]$ , donde ITH: es el índice de temperatura y humedad, T: es la temperatura ambiental, HR: es la humedad relativa del ambiente.

El ITH se estimó empleando la temperatura máxima, mínima y promedio siguiendo el mismo enfoque que Ravagnolo *et al.* (2000), creando una base de datos denominada CLIMA, la cual se unió con DATA, según la fecha de control, obteniendo 443763 TD que conformaron un fichero de trabajo (TOTAL) (Se denomina total porque se considera tantos los datos de producción como los de ITH) al cual se aplicó a un proceso de edición que garantice distribución de frecuencia representativa de los factores que afectan la variabilidad global en la variable dependiente (TD).

A los efectos de este estudio no se estimó necesario llevar a cabo diferentes modelos, ya que se trata de representar las curvas de respuesta de las variables climáticas en el tiempo representado, así como las primeras relaciones generales con la producción de leche del denominado día de control oficial que se lleva a cabo como parte rutinaria del trabajo del Servicio Oficial de Productividad Lechera (<https://www.facebook.com/groups/119804668084086/>).

Se confeccionaron las curvas de respuestas a lo largo de la escala de ITH y se identificaron las zonas de tolerancia y de estrés térmico. Las pérdidas de leche acumulada en toda la zona de estrés térmico ( $st$ ) se estimaron siguiendo el enfoque de Bohmanova *et al.* (2007):

$$\Delta_{T_{st}} = \alpha_{st_i} \sum_{zs=1}^n t_{zs}$$

donde  $\alpha_{st}$  es la regresión simple del efecto de THI sobre la producción diaria de leche ponderado por el número de observaciones en cada  $i^{\text{th}}$  nivel de estrés térmico y el símbolo de adición expresa la suma de los niveles de THI desde el inicio a final de la zona de estrés ( $zs$ ) (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos indicadores obtenidos en el trabajo se muestran en el Cuadro 2. El número de observaciones es mucho más alto que en estudios previos realizados en el país, de manera que se puede inferir que los resultados representan el cuadro actual más preciso del impacto del clima sobre la producción de leche durante este periodo de tiempo en la región de Lima, Perú. Por otro lado, Ruiz-García *et al.* (2018, 2019), muestran parámetros muy similares para varios rebaños lecheros altamente especializados en producción de leche en Lima, aunque con menos observaciones.

Cuadro 2. Indicadores climáticos y de producción de leche

Indicadores	Estimación
Observaciones (n)	443,763
Periodo (años)	2006 -2018
Temperatura máxima (°C)	23.92±3.75
Temperatura mínima (°C)	15.93±2.5
Temperatura promedio (°C)	19.58±2.9
Humedad relativa (%)	83.33±5.7
ÍTH máxima	73.71±5.8
ÍTH mínima	60.64±4.1
ÍTH promedio	66.67±4.6
Leche/vaca/día (kg)	28.76±10.0

Estos indicadores son coherentes con las estimaciones presentadas por el plan de acción de la Municipalidad de Lima en 2015 para mitigar el cambio climático en la provincia.

Las curvas de variaciones climáticas en el periodo del estudio manifiestan las típicas oscilaciones senoidales de estos caracteres a lo largo de los años (Figura 1). Se nota la similitud entre las temperaturas máximas y mínimas, las cuales manifiestan los picos extremos en las épocas de invierno y verano propios indicados por Ruiz-García *et al.* (2019) en la región de Lima. No obstante, los 13 años de datos del estudio no son suficientes para mostrar con mayor claridad la tendencia del cambio climático ya indicada por Bergman *et al.* (2021), pero se puede observar que los valores extremos de ambas temperaturas muestran una ligera tendencia al aumento a lo largo del tiempo.

La producción de leche también muestra oscilaciones ligadas a los meses del año, pero con sentido contrario a los de temperatura con una evidente respuesta positiva en los 13 años representados, como indicador de la existencia de ST y de posibles relaciones negativas entre ambos.

La Figura 1 presenta la respuesta de la producción de leche del día de control con los tres ITH. Las zonas de tolerancia, el punto umbral de cambio y la zona de estrés se presentan en el Cuadro 3. Durante la denominada zona de tolerancia no se manifiestan muchas variaciones en los niveles de TD, aunque la amplitud no es la misma para cada índice de ITH utilizado. La comparación de esta forma de respuesta con la literatura disponible es totalmente relativa ya que las condiciones ambientales y las fórmulas empleadas no son las mismas; por tanto, solo debe interpretarse como evidencia adicional del antagonismo entre ST y producción de leche ampliamente revisada por Carabaño *et al.* (2019). En las condiciones de Perú, Ruiz-García *et al.* (2018) indica un nivel de THI=70 cuando utiliza la temperatura máxima el cual es inferior al representado en la Figura 1 y

Efecto climático sobre la producción de leche de vacas Holstein en Lima

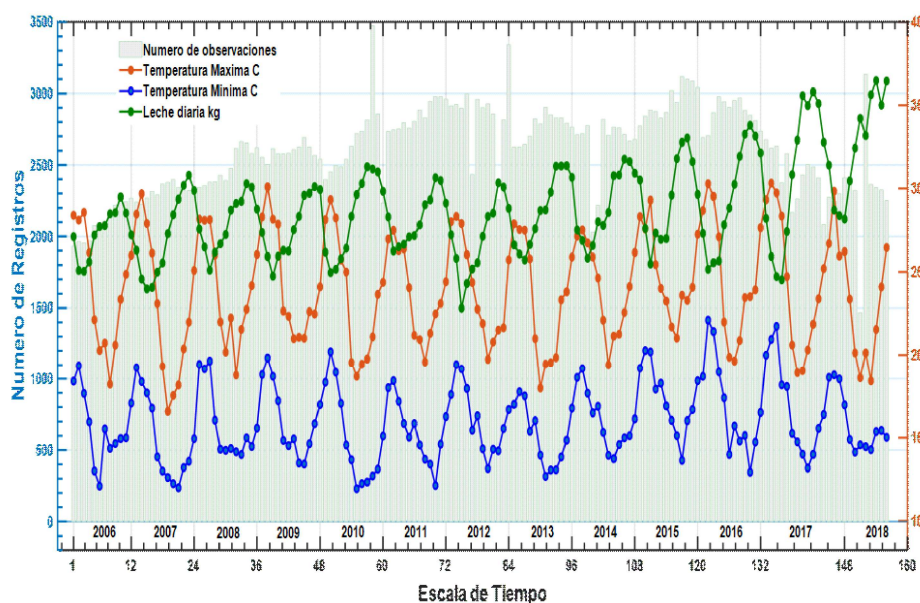


Figura 1. Tendencias climáticas y de producción de leche en la región de Lima durante el periodo 2006-2018

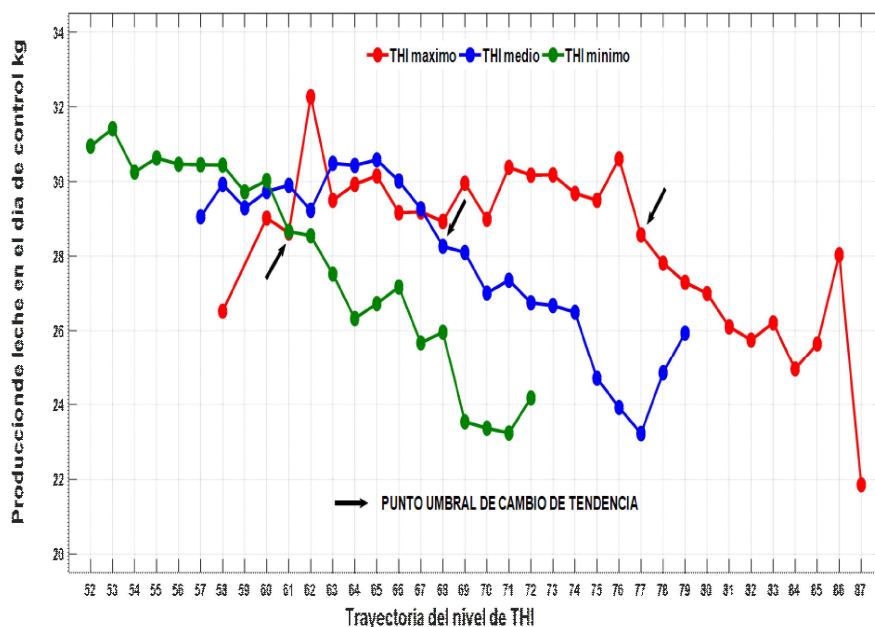


Figura 2. Respuesta de la producción de leche diaria (kg) por vacas Holstein en función de los del Índice de temperatura y humedad (ITH) considerando la temperatura máxima, mínima y promedio, en la región de Lima, Perú (2006-2018)

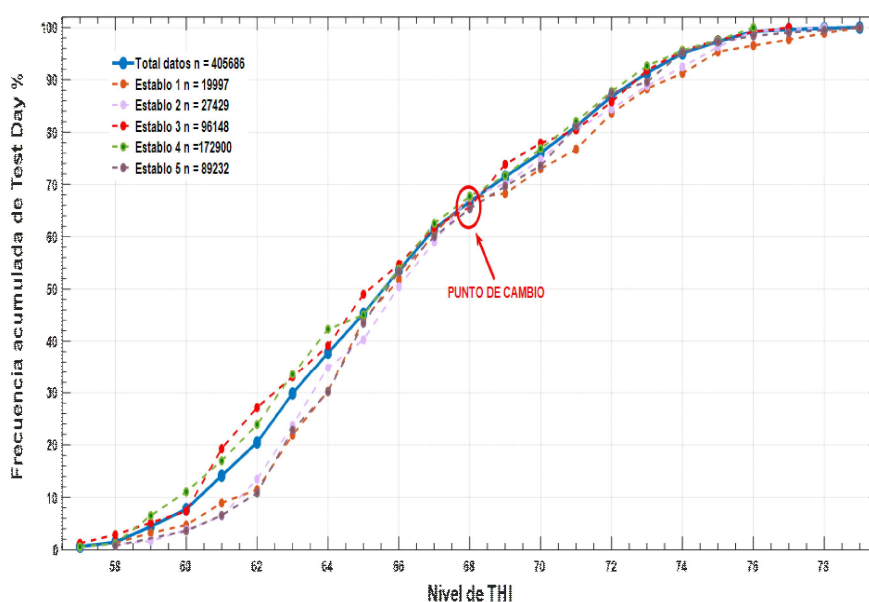


Figura 3. Distribución de frecuencia acumulada del número de controles de producción de leche de vacas Holstein realizados en las fechas de control con relación a los niveles del Índice de temperatura y humedad (ITH) (Lima, Perú, 2006-2018).

similar al estimado promedio utilizado por St-Pierre *et al.* (2003), quienes publicaron las estimaciones más impactantes del efecto de ST sobre la producción láctea en los Estados Unidos de América.

Otros estudios (Bohmanova *et al.*, 2007; Santana *et al.*, 2015) indican un punto umbral de THI=68, semejante al estimado promedio en este análisis. Lo importante a resaltar no son las diferencias, sino que, en todas las publicaciones antes citadas, a partir del punto de cambio se inicia la fase depresiva como indicador de los efectos negativos del ST sobre la producción de leche. El Cuadro 3 presenta los resultados generales del efecto de ST de este estudio sobre la producción de leche de vacas Holstein de Lima.

La amplitud de la zona de estrés térmico presenta un mismo número de clases en los tres índices de THI; sin embargo, la magnitud del efecto depresivo fue diferente y las pérdidas totales fueron ligeramente mayores

cuando se emplea la temperatura mínima. Los estimados del coeficiente de regresión  $\alpha_{sti}$  fueron negativos y ligeramente superiores a los valores de -0.316 kg por cada nivel de THI publicado por Ruiz-García *et al.* (2018) en varios rebaños de Lima, pero referido a toda la escala de THI, mientras que los de este estudio solo se basa en la zona de estrés térmico. Existe consenso de opiniones acerca de este antagonismo, temática que fue abordada ampliamente en un reciente número especial de la revista *Animal Frontiers* (Volumen 9, número 1, 2019), donde un grupo de expertos presentaron las evidencias disponibles sobre salud, bienestar y comportamiento productivo, así como algunas estrategias para reducir los impactos negativos del cambio climático en este sector (Bernabucci, 2019).

St-Pierre *et al.* (2003) estiman valores promedios de pérdidas anuales -574 kg en la producción de leche de 48 estados de los Estados Unidos de América, valores muy

superiores a los obtenidos en el presente estudio (Cuadro 3), diferencias que pueden ser atribuidas a la definición del tiempo de duración del ST, pues en el estudio americano se utiliza el número de horas diarias en ST a las cuales están sometidas las vacas en lactación, mientras que en este estudio esta referido a la proporción de registros de TD en cada nivel de THI (Figura 3).

En la Figura 3 se evidencia que existe homogeneidad en los cinco estables en estudio. Es decir, el efecto ST se manifiesta de igual forma, lo cual es indicativo de un efecto persistente de las condiciones climáticas en los días en que se realizó el TD.

## CONCLUSIONES

El trabajo es coherente en identificar el impacto global del estrés térmico en el ganado lechero en la región de Lima, Perú. Aun cuando pueden indicarse algunas diferencias con las publicaciones disponibles, las tendencias encontradas apuntan a la existencia de antagonismo entre ST y producción de leche. Se espera que estos resultados motiven a las autoridades competentes y universidades a desarrollar acciones tendientes a mitigar estos efectos. Al propio tiempo las evidencias se consideraron como justificación pertinente para un estudio sobre la variación genética ligada al ST y su posible utilización en el programa de mejora que se lleva a cabo actualmente en esta raza.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI-Perú) y al Servicio Oficial de Productividad Lechera (SOPL) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) por proporcionar los datos meteorológicos y productivos, respectivamente, para el presente estudio

## LITERATURA CITADA

1. **Bernabucci U. 2019.** Climate change: impact on livestock and how can we adapt. *Anim Front* 9: 3-5. doi: 10.1093/af/vfy039
2. **Bergmann JK, Vinke CA, Fernández Palomino C, Gornott S, Gleixner R, Laudien A, Lobanova J, et al. 2021.** Assessing the evidence: climate change and migration in Peru. Geneva, Switzerland: International Organization for Migration (IOM). 131 p.
3. **Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. 2007.** Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J Dairy Sci* 90: 1947-1956. doi: 10.3168/jds.2006-513
4. **Carabaño MJ, Ramón M, Menéndez-Buxadera A, Molina A, Díaz C. 2019.** Selecting for heat tolerance. *Anim Front* 9: 62-68. doi: 10.1093/af/vfy033
5. **Durand A. 2015.** Correlación del efecto del estrés calórico con respecto a la producción y calidad de leche en dos hatos lecheros de Lurín y Huacho, Lima, Perú. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Lima, Perú: Univ. Peruana Cayetano Heredia. 30 p.
6. **Grossi G, Goglio P, Vitali A, Williams A. 2019.** Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Anim Front* 9: 69-76. doi: 10.1093/af/vfy034
7. **Misztal I, Bohmanova J, Freitas M, Tsuruta S, Norman HD, Lawlor T. 2006.** Issues in genetic evaluation of dairy cattle for heat tolerance. In: Proc 8<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil,
8. **Municipalidad Metropolitana de Lima, 2015.** Estrategia de adaptación y acciones de mitigación de la provincia de Lima al cambio climático. [Internet]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4611>

9. **[NRC] National Research Council. 1971.** A guide to environmental research on animals. Washington DC, USA: National Academy Press. 374 p.
10. **[OMM] Organización Meteorológica Mundial. 2022. 2021:** uno de los siete años más cálidos jamás registrados, según datos consolidados por la Organización Meteorológica Mundial/ [Internet]/ Disponible en <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/2021-uno-de-los-siete-a%C3%B1osm%C3%A1s-c%C3%A1lidosjam%C3%A1s-registrados-seg%C3%BAn-datos>
11. **Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. 2000.** Genetic component of heat stress in cattle, development of heat index function. *J Dairy Sci* 83: 2120-2125. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)-75094-6
12. **Reyer C, Adams S, Albrecht T, Baarsch F, Boit A, Canales N, Carlsburg M, et al. 2017.** Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Reg Environ Change* 17: 1601–1621. doi: 10.1007/s10113-015-0854-6
13. **Ruiz-García LF, Carcelén-Caceres F, Sandoval-Monzón RS. 2018.** El índice temperatura-humedad máximo y la producción de leche de los establos en Lima-Perú. *Arch Zootec* 67: 99-107. doi: 10.21071/az.v67i257.3497
14. **Ruiz-García LF, Fernando C, Sandoval-Monzón R. 2019.** Evaluación de los indicadores de estrés calórico en las principales localidades de lechería intensiva del departamento de Lima, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 30: 88-98. doi: 10.15381/rivep.v30i1.15694
15. **Santana ML, Bignardi AB, Pereira RJ, Stefani G, El Faro L. 2017.** Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. *Animal* 11: 4-14. doi: 10.1017/S1751731116001725
16. **St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003.** Economic losses from heat stress by us livestock industries. *J Dairy Sci* 86: 52-77. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5