






Original

## Caracterización climática de la EPG “Los Naranjos” y su relación con la producción de leche

Climatic characterization of the EPG " Los Naranjos " and their relationship with the production of milk

María del C. Guerra Rojas \*, Marco A. Suárez Tronco \* y \*\*, Manuel Rodríguez Castro \*\*, Yudith Lamothe Crespo \*

\*Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT) Loma de Tierra. Cotorro, La Habana, Cuba.

\*\*Universidad Agraria de la Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Correspondencia: [mariac@cima-minag.cu](mailto:mariac@cima-minag.cu)

Recibido: Noviembre, 2023; Aceptado: Diciembre, 2023; Publicado: Enero, 2024.

### RESUMEN

**Antecedentes:** Las condiciones climáticas en los países tropicales, ejercen un efecto significativo, sobre la producción de leche. **Objetivo.** Analizar las condiciones climáticas en la Empresa Pecuaria Genética Los Naranjos y su posible relación con el comportamiento de la producción de leche a 305 días. **Materiales y métodos:** Se dispuso de una base de datos de 12 625 registros de producción de leche, de vacas que tuvieron sus partos entre los años 2002 -2020 que se correspondieron con 7 711 animales. Se contó con los registros mensuales de la temperatura mínima (Tmin), media (Tmed) y máxima (Tmáx) en °C, humedad relativa (HR) en % y se generó el índice temperatura-humedad (ITH), y a partir de este se realizó el cálculo de la Carga Calórica Acumulada (CCA) de los tres meses antes del parto. Además, se estimaron las heredabilidades ( $h^2$ ) y las correlaciones genéticas ( $rg$ ) para las diferentes CCA. **Resultados:** Las medias generales obtenidas fueron: PL305:  $1\ 624,45 \pm 360,40$  (kg/lactancia), ITH  $76,34 \pm 18,70$  y CCA  $229,21 \pm 128,5$ . Todas las fuentes de variación estudiadas influyeron en forma significativa en la producción de leche a 305 días. Las  $h^2$  variaron entre 0,25 y 0,38 y las  $rg$  fueron todas positivas y más altas para los grupos de CCA más próximos. **Conclusiones:** Hubo relación inversa entre el ITH y la CCA con la producción de leche. Se evidencia la variabilidad genética aditiva para los diferentes grupos de CCA y las  $rg$  fueron positivas denotando cierta variabilidad genética para la adaptación al stress climático.

**Palabras clave:** índice de temperatura-humedad, Carga Calórica Acumulada, parámetros genéticos (*Fuente: AGROVOC*)

**Como citar (APA)** Guerra Rojas, M., Suárez Tronco, M., Rodríguez Castro, M., & Lamothe Crespo, Y. (2024). Caracterización climática de la EPG “Los Naranjos” y su relación con la producción de leche. *Revista de Producción Animal*, 36(1). <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4589>



©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.

## ABSTRACT

**Background:** Climatic conditions in tropical countries have a significant effect on milk production. **Aim.** Analyze the climatic conditions at the Los Naranjos Genetic Livestock Company and its possible relationship with the behavior of milk production at 305 days. **Materials and methods:** A database of 12,625 milk production records was available, from cows that gave birth between the years 2002 -2020, which corresponded to 7,711 animals. There were monthly records of the minimum temperature (Tmin), average (Tmed) and maximum (Tmax) at 0C, relative humidity (RH) in % and the temperature-humidity index (ITH) was generated, and from this the performed the calculation of the Accumulated Caloric Load (CCA) for the three months before delivery. In addition, heritabilities (h<sup>2</sup>) and genetic correlations (rg) were estimated for the different CCAs. **Results:** The general means obtained were: PL305: 1 624.45 ± 360.40 (kg/lactation), ITH 76.34 ± 18.70 and CCA 229.21 ± 128.5. All sources of variation studied significantly influenced milk production at 305 days. The h<sup>2</sup> ranged between 0.25 and 0.38 and the rgs were all positive and higher for the closer CCA groups. **Conclusions:** There was an inverse relationship between ITH and CCA with milk production. Additive genetic variability is evident for the different CCA groups and the rg were positive denoting certain genetic variability for adaptation to climatic stress.

**Keywords:** temperature-humidity index, Accumulated Caloric Load, genetic parameters (*Source: AGROVOC*)

## INTRODUCCIÓN

El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) ha sido una herramienta útil para medir la respuesta productiva y reproductiva en función de las diferencias climáticas y se calcula utilizando la temperatura ambiente y la humedad relativa y ha sido usado para determinar el estrés por calor, principalmente en el ganado lechero (Mylostyvyi *et al.*, 2020). El ITH sirvió como marcador bioclimático de la suma de fuerzas externas sobre los animales que actúan para desplazar la temperatura corporal de su punto homeostático. (Dikmen y Hansen, 2009). Según la clasificación realizada por Armstrong (1994), se afirma que no existe estrés por calor cuando el índice de temperatura y humedad es < 72, estrés leve entre 72 y 79, estrés moderado entre 80 y 89, y estrés extremo que puede llevar a la muerte cuando es ≥ 90. Estos estudios indicaron que diferentes valores de umbral de THI son efectivos en la aparición de estrés en el ganado lechero. Sin embargo, los valores de THI superiores a 72 generalmente se aceptan como el comienzo del estrés por calor (Liu *et al.*, 2019; Pinto *et al.*, 2020).

En América Latina, los esfuerzos por determinar el impacto de variables climáticas sobre la producción agrícola han sido enfocados principalmente hacia los cultivos (Bouroncle *et al.*, 2015), mientras que los estudios dedicados a ganadería son limitados (García *et al.*, 2015). Las zonas tropicales se caracterizan por estar expuestas a una mayor radiación solar y humedad, por lo que es importante evaluar y monitorear el impacto de las variables climáticas sobre las distintas razas lecheras, preferiblemente por periodos de tiempo prolongados.

A la respuesta productiva de los animales también se le suman las condiciones del clima cambiante y la tendencia al aumento de la temperatura media y la humedad relativa, proyectados para los próximos 50 a 100 años, obtenido bajo escenarios climáticos de referencia para el país (Centella y Bezanilla, 2013; Bezanilla, 2016) de acuerdo a las salidas del Sistema de Modelado Climático Regional PRECIS/ forzado por los modelos globales de circulación general de la atmósfera (MCG) HadGEM del Centro Hadley (experimento aenwh). Ellos nos indican la necesidad de tomar medidas de manejo en el rebaño estudiado que reviertan o mitiguen los efectos del ambiente térmico desfavorable sobre los indicadores de producción lechera.

El objetivo del presente estudio fue realizar la caracterización climática de la empresa Los Naranjos y su relación con la producción de leche (kg) a los 305 días de lactancia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispuso la información de 12 625 registros de producciones de leche del genotipo Siboney de Cuba de la Empresa Pecuaria Genética Los Naranjos, de vacas que tuvieron sus partos entre los años 2002-2020.

Los animales se encontraban en pastoreo en un área casi desprovista de arbolado y en horarios nocturnos estabulados en naves de limitada ventilación, la alimentación estuvo basada en pastos y forrajes fundamentalmente.

Se dispuso además de la información mensual referente a temperatura ambiental mínima ( $T_{min}$ ), media ( $T_{med}$ ) y máxima ( $T_{max}$ ) siempre en  $^{\circ}C$ , la humedad relativa (%), de la estación meteorológica que se encuentra dentro de la empresa. Con esta información se elaboró la índice temperatura y humedad (ITH) según lo planteado por Ravagnolo, Mistzal y Hoogenboom (2000).

$ITH = 0,81 * Ta + (HR/100) * (Ta - 14,4) + 46,4$ , donde  $Ta$  es la temperatura ambiente media en  $^{\circ}C$  y  $HR$  la humedad relativa media en %.

Con este indicador se estimó la carga calórica acumulada (CCA) recibida por el animal durante los 3 meses previos al parto (mp), la fórmula aplicada fue:

$$CCA_x = \sum_{mp=i}^{i=3} ITH_{mpi}$$

Los datos climáticos tanto el ITH como la CCA fueron unidos a la base de datos original que tenía los datos de producción.

Los indicadores ITH Y CCA fueron divididos en grupos según los valores siguientes:

| ITH         | Grupo | CCA           | Grupo |
|-------------|-------|---------------|-------|
| =<70.00     | 1     | =<210.00      | 1     |
| 70.01-75.00 | 2     | 210.01-220.00 | 2     |
| 75.01-78.00 | 3     | 220.01-230.00 | 3     |
| 78.01-80.00 | 4     | 230.01-240.00 | 4     |
| >=80.01     | 5     | >=240.01      | 5     |

Para el análisis estadístico se utilizó el PROC GLM (modelo lineal general) mediante el programa SAS 9.4 (SAS 2013) y se incluyeron como fuentes de variación, el mes de parto (MP), año de parto (AP), índice de temperatura y humedad (ITH), carga calórica acumulada (CCA) y la duración de la lactancia (DL) como covariable lineal. Se aplicó la dócima de Duncan para la comparación múltiple de medias. Mediante el procedimiento PROC CORR del SAS (2013) se estimaron las correlaciones lineales de Pearson y además se estimaron las ecuaciones de regresión bajo determinadas circunstancias.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijklmn} = \mu + MP_i + AP_j + ITH_k + CCA_l + \beta_m (X_{ijklm} - X) + e_{ijklm}$$

Dónde:

$Y_{ijklmn}$  la producción de leche 244 y 305 días

$\mu$  media general común a todas las observaciones

$MP_i$  representa el efecto de mes de parto ( $i = 1, \dots, 12$ )

$AP_j$  es el año de parto desde 2002-2020 ( $j = 1, 2, \dots, 18$ )

$ITH_k$  es el número de grupo de ITH ( $k=1,2,\dots,5$ )

$CCA_l$  es el número de grupo de CCA ( $l=1,2,\dots,5$ )

$\beta_m (X_{ijklm} - X)$  es la regresión lineal de la duración de la lactancia en la producción de leche.

$e_{ijklm}$  es el residuo o error  $\sim N(0 \text{ y } \sigma^2_e)$ .

Para el análisis genético se utilizó un modelo animal según la metodología BLUP multicarácter, mediante el software MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995), para la producción de leche, que incluyó como efectos fijos: el grupo contemporáneo (año-época), que fue variable según la CCA, el número de la lactancia y la duración de la lactancia como covariable lineal y como efectos aleatorios: el animal y el residuo o error.

La muestra incluyó 12 625 pedigrís de 7 711 animales con la siguiente distribución de registros válidos y grupos contemporáneos de acuerdo al grupo de CCA (Tabla 1).

**Tabla 1. Distribución de la información para los análisis genéticos.**

| Grupos de CCA | No. registros | Grupos contemporáneos |
|---------------|---------------|-----------------------|
| CCA1          | 470           | 8                     |
| CCA2          | 2 895         | 47                    |
| CCA3          | 2 710         | 38                    |
| CCA4          | 3 894         | 55                    |
| CCA5          | 2 656         | 56                    |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 Se presentan los estadígrafos generales para los rasgos estudiados.

**Tabla 2. Medias aritméticas ( $\bar{X}$ ), desviación estándar (DS) y coeficientes de variación (CV).**

| Caracteres           | $\bar{X}$ | DS     | CV (%) |
|----------------------|-----------|--------|--------|
| PL305 (kg/lactancia) | 1624,45   | 360,40 | 34,70  |
| ITH                  | 76,34     | 18,70  | 1,80   |
| CCA                  | 229,21    | 128,5  | 1,10   |

Estos resultados de la producción de leche son inferiores a los obtenidos por Ríos-Utrera *et al* (2015), con diferentes proporciones de cruzamiento de las razas Simmental y Suizo Pardo (1/2; 3/4 y 5/8), reportando PL de 1 765,68Kg por lactancia. Cabrera *et al.*, (2013), en un estudio realizado con datos provenientes de tres ranchos en el estado de Puebla, México, encontraron que vacas 7/8 Suizo Pardo  $\times$  1/8 Cebú produjeron más leche por lactancia ( $2\,441,75 \pm 102,39$  kg) que vacas 7/8 Simmental  $\times$  1/8 Cebú ( $1\,669,57 \pm 83,29$  kg).

El ITH de 76,34 cae en la clasificación de stress leve para Mader (2003), stress severo para De Rensis, García-Ispuerto y López-Gatius (2015), para animales carniceros. Suárez *et al.*, (2021) reportaron un ITH de 77,78 en el período 1980 a 2018, resultados superiores al nuestro, considerado en el rango de stress leve. En algunos países este indicador ha sido utilizado para alertar a los productores sobre las condiciones que amenazan el bienestar animal y evaluar el estado de confort del ganado (Vega *et al.*, 2014).

La CCA al igual que el ITH cae en el grupo 3 utilizados en este trabajo.

En la tabla 3 todas las fuentes de variación incluidas fueron significativas. La CCA resultó más importante que el ITH y el  $R^2$ , no fue alto, por lo que otros factores no estudiados influyeron sobre la producción de leche. Conejo y Wing Ching (2020) encontraron que la edad de los animales y duración de la lactancia afectaron este indicador.

**Tabla 3. Resultados del análisis de varianza para la producción de leche a 305 días.**

| Fuentes de variación | GL | Cuadrado medio | Significación |
|----------------------|----|----------------|---------------|
| Mes de parto         | 11 | 4 794 760      | ***           |
| Año de parto         | 17 | 18 147 792     | ***           |

Caracterización climática de la EPG “Los Naranjos” y su relación con la producción de leche

|                    |   |               |     |
|--------------------|---|---------------|-----|
| Duración lactancia | 1 | 1 115 789 166 | *** |
| ITH                | 4 | 592 230       | *   |
| CCA                | 4 | 744 078       | **  |

$R^2 = 36,72\%$ . \*\*\* ( $P < 0,0001$ ); \*\* ( $P < 0,05$ ); \* ( $P < 0,01$ ).

Se puede observar en la figura 1, una reducción de 13,54 kg por cada unidad de ITH, y cuando el ITH > 78 (grupo 4) se observó una disminución notable en la producción de leche a causa de stress y por encima de 80 stress severo. Gómez (2017), encontró que cuando el ITH fue superior a 72 (estrés calórico) se observó una disminución en la producción de leche, aunque no existieron diferencias significativas con animales en condiciones de termorregulación. Resultados similares obtuvieron Ruiz *et al.*, (2019) con reducción similar en producción asociado al incremento del ITH.

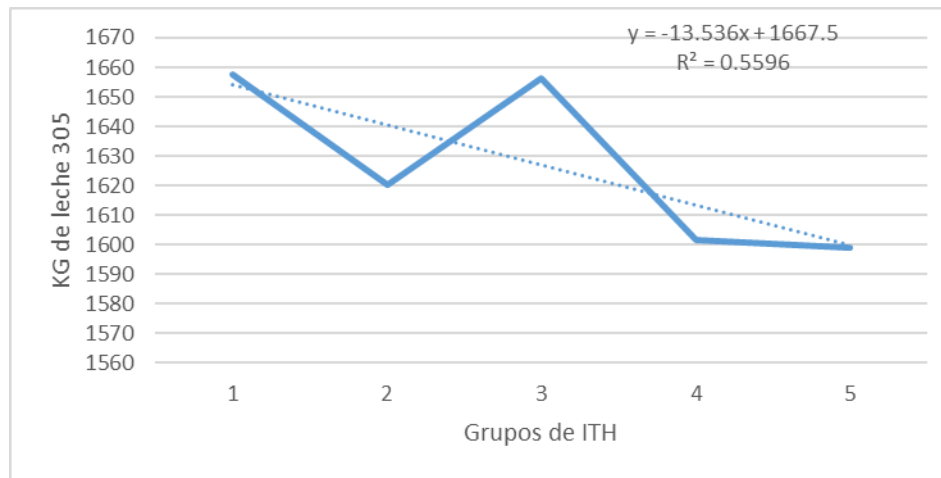


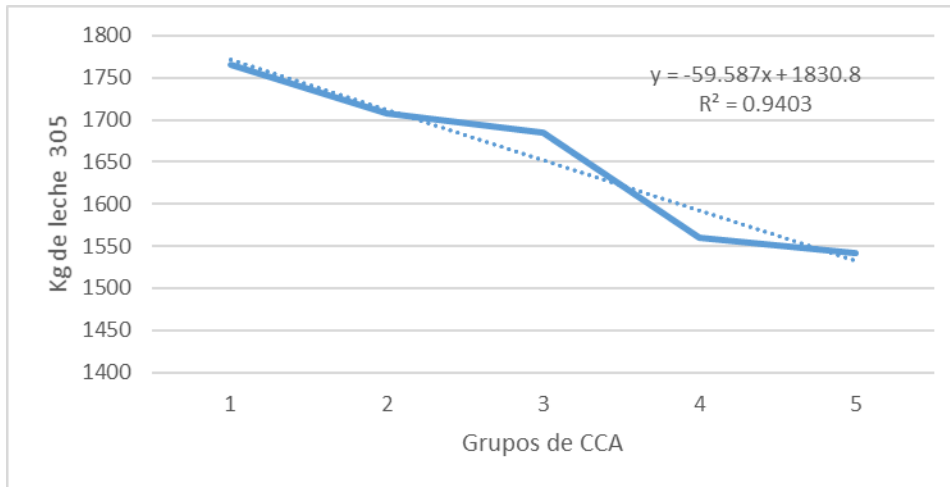
Figura 1. Comportamiento de la producción de leche según el grupo de ITH.

Los animales lecheros sufren estrés por calor (EC) cuando las condiciones de temperatura efectiva salen fuera de su zona de confort térmico. Los índices de temperatura y humedad (ITH) son medidas frecuentemente usadas de EC en ganado lechero.

En la figura 2 se observa el comportamiento de la producción de leche y la CCA, existiendo una relación lineal entre CCA y PL305 con  $R^2=94,03\%$  y reducción de 59,59 kg por unidad de incremento de CCA que representa un 3,7% con respecto a la media. El hecho de que la CCA es una medida más integradora que el ITH, abarca un periodo de 3 meses; hace que la misma sea más adecuada para evaluar las afectaciones en la producción de leche, lo que se refleja en un  $R^2$  mucho más alto.

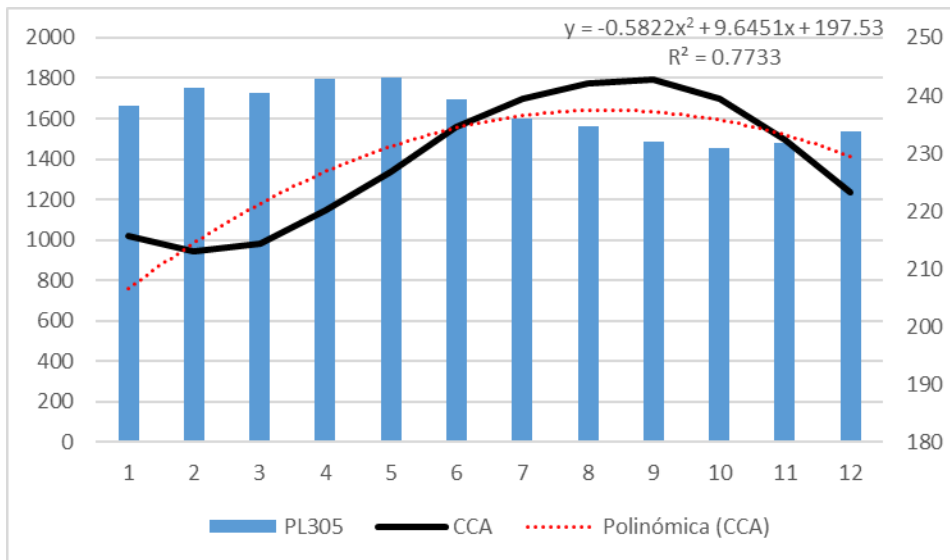
Suárez *et al.*, (2022) en ganado criollo encontraron que el índice  $CCA \geq 460$  tuvo un efecto depresivo sobre el peso al destete a razón de  $-0.53 \pm 0.12$  kg por cada unidad de CCA y su efecto

total fue -18.7 kg en PD en el nivel máximo de estrés calórico respecto a los resultados de la zona de tolerancia.



**Figura 2. Comportamiento de la producción de leche según el grupo de CCA.**

En la figura 3 se presenta la producción de leche según la CCA por meses y la regresión polinómica que resultó la que mejor se ajustó a los datos con un  $R^2 = 77,33\%$ .



**Figura 3. Comportamiento de la producción de leche según el grupo de CCA.**

La CCA subestimó la PL entre marzo y mayo y la sobreestimó entre julio y octubre, lo que coincide con Cuellar *et al.*, (2023) los que encontraron que cuando los animales tienen sus partos en los meses más calurosos existe una disminución de la producción de leche en los diferentes grupos raciales.

En la tabla 4 se aprecian los parámetros genéticos de producción de leche según la carga calórica acumulada, observando en la diagonal las heredabilidades y por encima las correlaciones genéticas, las cuales son superiores a las fenotípicas que se encuentran en el triángulo inferior.

Ansari Mahyari *et al.*, (2022) encontraron que con el aumento del índice de temperatura y humedad hasta 72 unidades incrementó la varianza genética para ambos rasgos, y se obtuvo una heredabilidad de 0,32 para producción de leche y 0,24 para porcentaje de grasa en leche.

**Tabla 4. Parámetros genéticos de producción de leche según la carga calórica acumulada.**

|      | CCA1             | CCA2             | CCA3             | CCA4             | CCA5             |
|------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| CCA1 | <b>0,38±0,03</b> | 0,66             | 0,75             | 0,71             | 0,88             |
| CCA2 | 0,30             | <b>0,25±0,03</b> | 0,99             | 0,88             | 0,76             |
| CCA3 | 0,40             | 0,35             | <b>0,32±0,03</b> | 0,91             | 0,94             |
| CCA4 | 0,34             | 0,46             | 0,34             | <b>0,25±0,03</b> | 0,90             |
| CCA5 | 0,45             | 0,46             | 0,94             | 0,94             | <b>0,30±0,03</b> |

**Nota:** Los errores estándares para las correlaciones genéticas y fenotípicas variaron entre 0,03 y 0,05.

Estos resultados corroboran el hecho de que existe variabilidad genética de tipo aditiva para la producción de leche, independientemente de las condiciones climáticas. Las correlaciones genéticas fueron positivas y variaron entre 0,66 y 0,99. Las correlaciones fenotípicas también fueron positivas pero inferiores a las genéticas. La vaca con la CCA más baja, presentaron correlaciones genéticas por debajo de 0,90 con los demás grupos de CCA, lo que se puede interpretar que los animales expuestos a mejores condiciones climáticas, necesariamente no se comportan igual en las restantes condiciones. Se puede observar también cómo las correlaciones genéticas entre clases adyacentes presentan cierta tendencia a tener valores más altos (CCA2-CCA3; 0,99); (CCA3-CCA4; 0,94) y tienden a resultar más bajas mientras más distantes están, lo que puede indicar que grupos de CCA cercanos, se comportan desde el punto de vista genético de forma similar.

## CONCLUSIONES

Todas las fuentes de variación estudiadas sobre la producción de leche a 305 días fueron significativas, incluyendo indicadores climáticos como el ITH y la CCA que fue la suma del ITH para cada animal 3 meses antes del parto.

La producción de leche se deprime según se incremente el ITH o la CCA. Se puede considerar que ITH >75 o CCA >220 producen stress bajo las condiciones analizadas.

Existe variabilidad genética aditiva para la producción de leche independiente de las condiciones climáticas, pero se puede enfatizar que las vacas expuestas a CCA más bajas, afectan su producción a CCA más altas, desde el punto de vista genético aditivo, lo que hace presuponer predisposición a existir animales robustos o plásticos.

## RECOMENDACIONES



En este sentido, se hace necesaria la aplicación de diferentes prácticas encaminadas a mejorar las condiciones de confort animal que influyan en el mejoramiento de la productividad: El incremento de arbolado para regular la temperatura ambiental, agroforestación ganadera, adecuación de las instalaciones para la crianza animal, entre otras.

## REFERENCIAS

- Armstrong, D.V. (1994) Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *J. Dairy Sci.*,77(7), 2044–2050. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6)
- Bezanilla, A. (2016). Generación de escenarios climáticos a futuro de alta resolución sobre Cuba, el Caribe y territorios adyacentes. Programa Nacional de Ciencias. Cambio climático en Cuba: Impactos, adaptación y mitigación. Multimedia. <https://repositorio.geotech.cu>
- Ansari Mahyari, S., Hosseini, S.H., Mahin, M., Mahdavi A.H., & Mahnani. A. (2022). Análisis genético de las características de producción y reproducción de Isfahan Holstein vacas lecheras en condiciones de estrés calórico. *Revista iraní de ciencia animal Investigación*, 14(2), 67-281. <http://doi: 10.22067/ijasr.2021.38245.0>
- Boldman, K., Kriese, L., Van Vleck, L., Van Tassel, C., & Kachman, S. (1995). A manual for use of MTDFREML. Lincoln, NE: United State Departament of Agriculture. <https://data.nal.usda.gov/dataset/mtdfreml>
- Bouroncle C., Imbach P., Läderach P., Rodríguez B., Medellín C., Fung E., Martínez-Rodríguez MR., & Donatti C.I., (2015). La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? Copenhague, Dinamarca: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).<https://hdl.handle.net/10568/45941>
- Cabrera, N.A., Lammoglia, V.M.A., Daniel, R.I.C., & Elorza, M.P. (2013). Efecto del genotipo sobre la producción láctea en vacas Europeo Lechero × Cebú de doble propósito. *Rev. Científ. Biol. Agropec. Tuxpan* 1(1),52-58. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v1i1.215>
- Centella, A., & Bezanilla, A. (2013). Escenarios Climáticos.impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. La Habana: Instituto de Meteorología, CITMA. pp 99-115 <https://ccc.insmet.cu>
- Conejo-Morales, J. F., & WingChing-Jones, R. (2020). Condiciones climáticas y la producción láctea del ganado jersey en dos pisos altitudinales. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 157-176. <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>
- Cuellar Camila, J., Saleem, M., Jensen L.M., & Hansen P. J. (2023) Differences in body temperature regulation during heat stress and seasonal depression in milk yield between

- Holstein, Brown Swiss, and crossbred cows. *J. Dairy Sci.*, 106(5), 3625-3632  
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22725>
- De Rensis, F., Garcia-Ispuerto, I., & López-Gatius, F. (2015). Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84(5), 659-666. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>
- Dikmen, S., & Hansen, P.J. (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. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>
- García, A.B., Angeli, N., Machado, de-Cardoso, L. F. & González, F. (2015). Relationships between heat stress and metabolic and milk parameters in dairy cows in southern Brazil. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 889-894. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0804-9>
- Gómez Pataquiva, A. F. (2017). Influencia de los fenómenos climáticos sobre la producción y calidad composicional de la leche en sistemas de producción lechero en Colombia. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/198>
- Mader, T. L. (2003). Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 81 (14\_suppl\_2), E110-E119. [https://academic.oup.com/jas/articleabstract/81/14\\_suppl\\_2/E110/4789865](https://academic.oup.com/jas/articleabstract/81/14_suppl_2/E110/4789865)
- Mylostyvyi R., Izhboldina O., Chernenko O., Khramkova O., Kapshuk N., & Hoffman G. (2020) Microclimate modeling in naturally ventilated dairy barns during the hot season: Checking the accuracy of forecasts *J Therm Biol*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102720>
- Liu J., Li L., Chen X., Lu Y., & Wang D. (2019) Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress. A review Asia-Australas *J Anim Sci.* 32(9),1332-1339. <https://doi:10.5713/ajas.18.0743>
- Pinto S., Hoffmann G., Ammon C., & Amon T. (2020) Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. *J Therm Biol.* 1. <https://doi:10.1016/j.jtherbio.2020.102523>
- Ravagnolo, O., Misztal, I., & Hoogenboom, G. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.*, 83(9), 2120-2125. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6)
- Ríos-Utrera, Á., Hernández-Hernández, V.D., Amezcua-Manjarréz, E.V., & Zárate-Martínez, J.P. (2015). Milk yield of Simmental × Zebu and Brown Swiss × Zebu cows in tropical climate. *Agronomía Mesoamericana* 26,17-25. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16891>

Guerra Rojas, M.C., Suárez Tronco, M.A., Lamothe Crespo, Y.

Ruiz –Jaramillo, J.I., Vargas-Leitón, B., Abarca-Monge, S., & Hidalgo H. (2019) Efecto del estrés calórico sobre la producción del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 733-750 <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35984>

SAS (2013). User's Manual of Statistical Analysis System (SAS) (Version 9.4). Cary, NC.

Suárez, M.A., Rodríguez, M., Cos, Y., Lamothe, Y., Guerra, M.C., & Martínez, M.S. (2021). Caracterización climática de la EPG “Manuel Fajardo” y su relación con las pruebas de comportamiento en ganado Criollo cubano. *Revista de Producción Animal* 31 (3), <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3591>

Suárez, M.A., Rodríguez M., Coss Y., Mitat A., Ramos, F., & Menéndez-Buxadera, A. (2022). Importance of tolerance to climatic stress on weaning weight in Criollo cattle from Cuba. *Livestock Research for Rural Development* 34(7) <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd34/7/cont3407.html>

Vega, A. R., Almanza, A. M. A., & Abraham, T. I. P. (2014). Índice de temperatura humedad y el estrés calórico en el ganado bovino de leche en Güáimaro. *Revista Cubana de Meteorología*, 20(1), 10-15. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/159>

## **CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

Concepción y diseño de la investigación: MCGR, MAST; análisis e interpretación de los datos: MCGR, MAST, YLC; redacción del artículo: MCGR, MAST.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.