



Original

## Valoración agrometeorológica de empresas pecuarias con ganado carnícano en Cuba

Agrometeorological valuation of genetic companies with beef cattle in Cuba

Marco Antonio Suárez Tronco\* y \*\*, Manuel Rodríguez Castro\*\*, Yudith Lamothe Crespo\*\*, María del Carmen Guerra Rojas\*\*, María Segunda Martínez Gutiérrez\*\*

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

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

Correspondencia: [marco@unah.edu.cu](mailto:marco@unah.edu.cu); [marcost@cima-minag.cu](mailto:marcost@cima-minag.cu)

Recibido: Agosto, 2021; Aceptado: Septiembre, 2021; Publicado: Octubre, 2021.

### RESUMEN

**Antecedentes:** El cambio climático es una realidad y las estrategias de desarrollo agropecuario deben conocer las características agrometeorológicas de las áreas correspondientes. **Objetivo.** Caracterizar empresas genéticas del país que tienen razas carniceras a través de variables climáticas. **Métodos:** Se dispuso de la información mensual de las variables climáticas: temperatura ambiental mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Tmin), media ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Tmed), máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Tmax), la humedad relativa (HR) (%), estimándose además la índice temperatura humedad (ITH), de empresas en las tres regiones del país, desde 1980-2018, con 3 374 registros. Se hicieron análisis de varianza para las cinco variables climáticas incluyendo como fuentes de variación empresa, quinquenio, cuatrimestre y las interacciones. **Resultados:** Las medias generales fueron:  $21,91 \pm 1,46$   $^{\circ}\text{C}$ ;  $27,29 \pm 1,52$   $^{\circ}\text{C}$ ;  $30,57 \pm 1,68$   $^{\circ}\text{C}$ ;  $76,19 \pm 4,18\%$  y  $77,78 \pm 3,45$  para Tmin, Tmed, Tmax, HR e ITH, respectivamente. La empresa, cuatrimestre y quinquenio de inicio de las pruebas de comportamiento y las interacciones entre ellos fueron significativas ( $P \leq 0.001$ ), excepto las interacciones triples y cuatrimestre x quinquenio. Los  $R^2$  de los modelos variaron desde 51,25% para HR hasta 76,02% para ITH. La empresa Turiguanó resultó la de peores indicadores climáticos. **Conclusiones:** Se concluye que las variables climáticas permiten caracterizar las empresas lo que facilita la selección de las razas y/o genotipos adecuados a las condiciones ambientales.

**Palabras clave:** ganado bovino, razas de carne, variables climáticas (*Fuente: DeCS*)

### ABSTRACT

**Background:** Climate change is a reality and agricultural development strategies must know the agrometeorological characteristics of the corresponding areas. **Objective.** To characterize nine

#### Como citar (APA)

Suárez Tronco, M., Rodríguez Castro, M., Lamothe Crespo, Y., Guerra Rojas, M., & Martínez Gutiérrez, M. (2021). Valoración agrometeorológica de empresas pecuarias con ganado carnícano en Cuba. *Revista de Producción Animal*, 33(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3944>



©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.

genetic companies in the country that have beef breeds through some climatic variables. **Methods:** Monthly information on climatic variables was available: minimum environmental temperature ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{min}}$ ), average ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{med}}$ ), maximum ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ( $T_{\text{max}}$ ), relative humidity (RH) (%), estimating also the temperature humidity index (ITH), of 9 companies in the three regions of the country, from 1980-2018, with 3 374 records. Analysis of variance was carried out for the five climatic variables, including company, year and month and interactions as sources of variation. **Results:** The general means were:  $21,91 \pm 1,46^{\circ}\text{C}$ ;  $27,29 \pm 1,52^{\circ}\text{C}$ ;  $30,57 \pm 1,68^{\circ}\text{C}$ ;  $76,19 \pm 4,18\%$  y  $77,78 \pm 3,45$  for  $T_{\text{min}}$ ,  $T_{\text{med}}$ ,  $T_{\text{max}}$ , RH and ITH, respectively. The company, year and month and the interactions were highly significant ( $P \leq 0.001$ ), excepted the interactions of third order and season x year.  $R^2$  in models were in the range from 51,25% for RH to 76,02% for ITH. The Turiguanó company was the one with the worst climatic indicators. **Conclusions:** It is concluded that the climatic variables allow characterizing the companies, which facilitates the selection of the races and/or genotypes appropriate to the environmental conditions.

**Keywords:** cattle, beef breeds, climatic variables (*Source: DeCS*)

## INTRODUCCIÓN

El efecto del clima en la producción animal ha sido estudiado desde hace mucho tiempo, principalmente para el ganado bovino lechero, lográndose avances en el conocimiento de aspectos fisiológicos y de comportamiento animal bajo condiciones termoneutrales y de estrés climático. El cambio climático es una realidad y las estrategias de desarrollo agropecuario deben estar respaldadas por el profundo conocimiento de las características agrometeorológicas de las áreas correspondientes, lo cual es un factor determinante debido a la vinculación que el propio proceso productivo tiene con las mismas (Domínguez-Hurtado, Moya-Álvarez y Estrada-Moreno (2010).

En la ganadería vacuna, el bienestar de los animales se ha convertido en un factor determinante y el índice de temperatura-humedad (ITH) es un indicador de dicho bienestar muy usado para evaluar el nivel de confort de los animales (Carabaño *et al.*, 2016; Nguyen *et al.*, 2016). Estos estudios son escasos para las razas carniceras.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar empresas genéticas del país que tienen razas carniceras a través de 5 variables climáticas y su evolución en el tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización, duración y variables climáticas

Se dispuso de la información mensual referente a temperatura ambiental mínima ( $T_{\text{min}}$ ), media ( $T_{\text{med}}$ ) y máxima ( $T_{\text{max}}$ ) siempre en  $0^{\circ}\text{C}$ , la humedad relativa (%), de empresas y granjas genéticas pecuarias situadas en el occidente, centro y la región oriental del país. Las empresas y la ubicación de la estación meteorológica más cercana se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Empresas y ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.**

Empresa	Estación	Latitud	Longitud	Altura (m)
Camilo Cienfuegos	Pinar del Río	22° 24'16"	83° 39'14"	56,48
San Juan de los Ramos	Jovellanos	22° 47'45"	81° 11'07"	25,33
Rodas	Aguada	22° 22'22"	80° 49'35"	28,34
Abra	Cienfuegos	22° 11'25"	80° 26'39"	42,40
Rescate de Sanguily	Camagüey	21° 25'21"	77° 50'59"	118,00
Manuel Fajardo	Manzanillo	20° 10'45"	77° 09'55"	20,17
Turiguanó	Cayo Coco	22° 32'21"	78° 22'07"	3,40
Vallina	Valle de Caujerí	20°08'51"	74° 50'29"	160,00

Los años incluidos fueron desde 1980 a 2018 y los doce meses del año y en total se utilizaron 3 774 registros.

Se elaboró la índice temperatura 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 °C y HR la humedad relativa media en %.

### Análisis estadísticos

Los datos se tabularon y se analizaron obteniéndose los estadígrafos generales, se realizaron análisis de varianza para las variables climáticas incluyendo como fuentes de variación empresa, quinquenio y cuatrimestre de inicio de la prueba de comportamiento (PC), así como las interacciones dobles y triples entre ellos.

Para el análisis estadístico se agruparon los meses en cuatrimestres naturales (enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre) y los años se agruparon por quinquenios (1980-1984, 1985-1989, 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014 y 2015-2018). De esta forma las combinaciones generadas en el análisis de las interacciones fueron menores y permitieron interpretar mejor los resultados.

De las variables escogidas las temperaturas máximas y medias no presentaron distribución normal, por lo que para los análisis los datos fueron transformados por LOG(Y). El resto presentaron distribución normal. Se utilizó un modelo lineal general a través del PROC GLM del SAS (2013) con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + E_i + A_j + M_k + (ExA)_{ij} + (ExM)_{ik} + (AxM)_{jk} + (ExAxM)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde  $Y_{ijkl}$  es la variable climática correspondiente,  $\mu$  es la media general común a todas las observaciones;  $E_i$  el efecto de empresa ( $i = 1, 2, \dots, 8$ );  $A_j$  el efecto de quinquenio de inicio de la PC ( $j = 1, 2, \dots, 8$ );  $M_k$  es el cuatrimestre ( $k = 1, 2, 3$ );  $(ExA)_{ij}$ ,  $(ExM)_{ik}$ ,  $(AxM)_{jk}$  y  $(ExAxM)_{ijk}$  son las interacciones entre los efectos principales y  $e_{ijkl}$  es el efecto residual aleatorio  $\sim N(0, \sigma_e^2)$ . Posteriormente las interacciones que no fueron significativas fueron eliminadas de los modelos y se hicieron nuevas corridas. Se obtuvieron las medias mínimas cuadráticas y se aplicó la dócima de Tukey 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.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización general

En la tabla 2 se muestran los estadígrafos generales para las principales variables estudiadas. Los resultados obtenidos plantean coeficientes de variación relativamente bajos, presentándose las mayores variaciones para la T<sub>min</sub> y la T<sub>med</sub>. Suárez Tronco *et al.* (2018) en un análisis con menos empresas y registros encontraron resultados similares pero la variabilidad de los datos ahora fue menor quizás debido al mayor volumen de información. La temperatura mínima fue la más variable en ambos resultados. Independiente de que se analizaron datos de diferentes regiones del país las diferencias no son tan notables. Las condiciones climáticas resultan ser un elemento importante del agroecosistema y debe ser tenido en cuenta a la hora de escoger los genotipos y/o razas a explotar, así como el sistema de producción. Muchas veces se hace lo contrario, se escogen los genotipos independientes de las condiciones climáticas lo que no es aconsejable.

**Tabla 2. Medias, desviación estándar (DS) y coeficientes de variación (CV) para los datos climáticos considerados.**

Variables	Medias	DS	CV (%)
Temperatura mínima (°C)	21,91	1,46	6,66
Temperatura media (°C)	27,29	1,52	5,57
Temperatura máxima (°C)	30,57	1,68	5,49
Humedad relativa (%)	76,19	4,18	5,49
ITH	77,78	3,45	4,43

DS desviación estándar; CV coeficiente de variación.

Existen diferentes clasificaciones del ITH para valorar el nivel de stress de los animales (Mader, 2003; de Rensis, García-Ispierto y López-Gatius, 2015); Enríquez Regalado y Álvarez Adán, 2020), la mayoría de las cuales han sido utilizadas para bovinos lecheros.

El ITH de 77,78 cae en la clasificación de stress leve para Mader (2003), stress severo para de Rensis, García-Ispierto y López-Gatius (2015), y supera el umbral señalado por Collier *et al.* (2012) para razas lecheras. En la provincia de Mayabeque, Enríquez Regalado y Álvarez Adán (2020) reportaron un ITH de 78 en el período 2005-2016, que consideraron stress moderado y un contraste marcado en su distribución anual. Recalamos que las diferentes clasificaciones están aplicadas principalmente para zonas templadas y en razas de leche. Este indicador ha sido utilizado en algunos países para alertar a los productores sobre las condiciones de tensión de calor que amenazan el bienestar animal y evaluar el estado de confort del ganado (Vega, Almanza y Abraham, 2014). Como se ha dicho la mayor parte de los resultados se encuentran relacionados con la producción de leche, tales como: Ruíz-García, Carcelén-Caceres y Sandoval-Monzón (2018) y Ruíz, Carcelén y Sandoval-Monzón (2019) con la producción de leche diaria

en Perú; Ruíz-Jaramillo *et al.* (2019) en Costa Rica y Enríquez Regalado y Álvarez Adán (2020) en la provincia de Mayabeque.

La temperatura media del aire de 27,29 °C, está dentro del rango reportado y calculada a partir de datos trihorarios, en el municipio de Guáimaro, en la provincia de Camagüey, en el periodo de 2000 a 2005, en explotaciones de ganado lechero con valores que oscilaron entre 22,9 °C y 27,7 °C. (Vega, Almanza y Abraham, 2014) y superior a la reportada por Suárez Tronco *et al.* (2018).

La humedad relativa (76,19%) resultó inferior a la reportada por Vega, Almanza y Abraham (2014) que presentó un valor medio de 82% y osciló durante el año entre 77%-86%. De igual forma resultó más baja que la reportada por Suárez Tronco *et al.* (2018) y similar al 76% en el área de investigación de la provincia de Mayabeque (Enríquez Regalado y Álvarez Adán, 2020).

La temperatura y la humedad relativa también han sido utilizadas en estudios sobre su influencia en los parámetros de la curva de lactancia en ganado Brown Swiss en condiciones tropicales (Lucena, 2014), así como algunas respuestas fisiológicas al calor y la humedad sobre diferentes genotipos (Espinoza *et al.*, 2011).

### Resultados de los análisis de varianza

Las interacciones triples de empresa x cuatrimestre x quinquenio no resultaron significativas en ningún caso, la interacción doble de cuatrimestre x quinquenio no resultó significativa para Tmed, HR, ITH y Tmax; por lo que fueron eliminadas de los modelos definitivos. La interacción más importante de acuerdo a nuestro objetivo empresa x quinquenio no resultó significativa para la Tmax.

Los resultados de los análisis de varianza para las variables climáticas analizadas aparecen en la tabla 3. Todas las fuentes de variación analizadas en los modelos definitivos fueron altamente significativas, excepto la interacción empresa x quinquenio para la Tmax. Las variables climáticas variaron como era de esperar, en función de la empresa, el quinquenio y el cuatrimestre, así como las combinaciones entre algunos de ellos. Los coeficientes de determinación fueron relativamente altos para el ITH (76,02%) mientras que la HR fue bajo 51,25%. Todos los coeficientes de determinación fueron inferiores a los reportados por Suárez Tronco *et al.* (2018), quienes consideraron menos registros y empresas, pero igualmente dispersos por todo el país.

**Tabla 3. Resultados de los análisis de varianza para cinco variables climáticas.**

Fuentes de variación	GL	Tmin	Tmed	Tmáx	HR	ITH
Empresa	7	***	***	***	***	***
Quinquenio	7	***	***	***	***	***
Cuatrimestre	2	***	***	***	***	***
Empresa x Cuatrimestre	14	***	***	***	***	***
Empresa x Quinquenio	49	***	***	NS	***	***
R <sup>2</sup> (%)		71,78	74,57	63,63	51,25	76,02

\*\*\* P (≤ 0.001) NS no significativo

En la figura 1 se presentan las variaciones para el ITH, la temperatura mínima y media a través de los cuatrimestres, y se aprecia un gran paralelismo entre las variables, independiente del efecto de escala. Se tomaron estas variables al presentar los coeficientes de determinación más altos y estar relacionadas positivamente entre sí (Ver Tabla 4). Hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en todos los casos entre cuatrimestres.

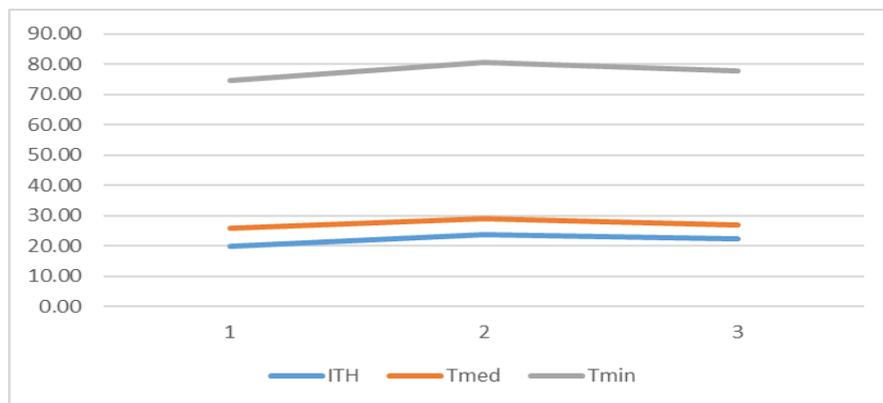


Figura 1. Variaciones del ITH y las temperaturas mínimas y medias a través de los cuatrimestres.

El ITH se incrementa desde enero-agosto y luego comienza a declinar, presentándose los mayores valores entre los meses de julio (80,42) y agosto (80,61) que se pueden considerar como de peligro para los animales. Los valores más altos en estos meses también los encontraron Vega, Almanza y Abraham (2014) en Guáimaro, aunque fueron más bajos (76,9). Enríquez Regalado y Álvarez Adán (2020) en la provincia de Mayabeque encontró los valores más altos entre los meses de junio y septiembre (83,0) superiores a los de este trabajo. Los resultados anteriores corroboran que a fines y principios de año se presentan las mejores condiciones climáticas.

Dado que las correlaciones entre la Tmin y Tmed fue de 0,53 es lógico el paralelismo entre ellas (Figura 1). Las temperaturas se incrementaron desde enero hasta agosto y luego disminuyeron. Las tendencias para las 3 variables son similares a las reportadas por Suárez Tronco *et al.* (2018). En aquella ocasión se reportaron las medias aritméticas y ahora son las medias mínimas cuadráticas ajustadas a los efectos estudiados.

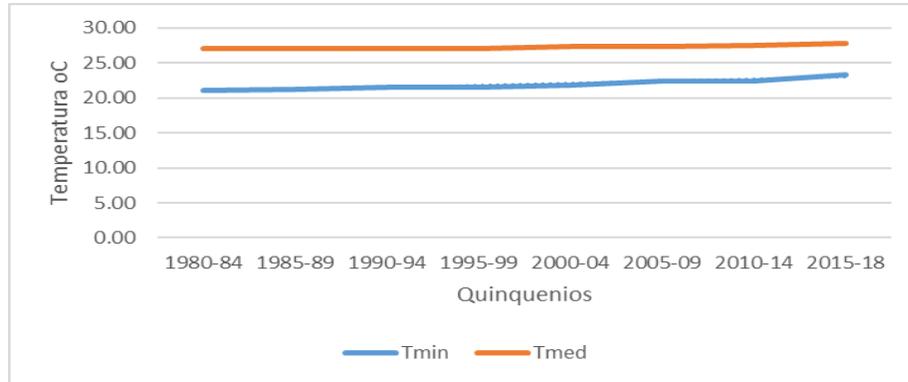
Tabla 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables climáticas (n= 3 744).

	Tmin	Tmed	Tmax	HR	ITH
Tmin	-	0,53***	0,45***	0,27***	0,38***
Tmed		-	0,55***	0,002NS	0,68***
Tmax			-	-0,14***	0,31***
HR				-	0,16***

\*\*\*  $P \leq 0.001$  NS no significativo

Más importante que las variaciones entre épocas o cuatrimestres son las variaciones ocurridas a través del tiempo como clara señal del cambio climático. En la figura 2 se muestran las variaciones por quinquenios y a través de un análisis de regresión lineal se evidenció que la Tmin

se ha incrementado en 0,29°C y la Tmed en 0,10°C por quinquenio, encontrándose coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de 89,09% y 78,47%, respectivamente. En todos los casos el último quinquenio (2015-18) presentó los peores indicadores.



**Figura 2. Variaciones de las temperaturas medias y mínimas en el periodo analizado.**

### Caracterización de las empresas

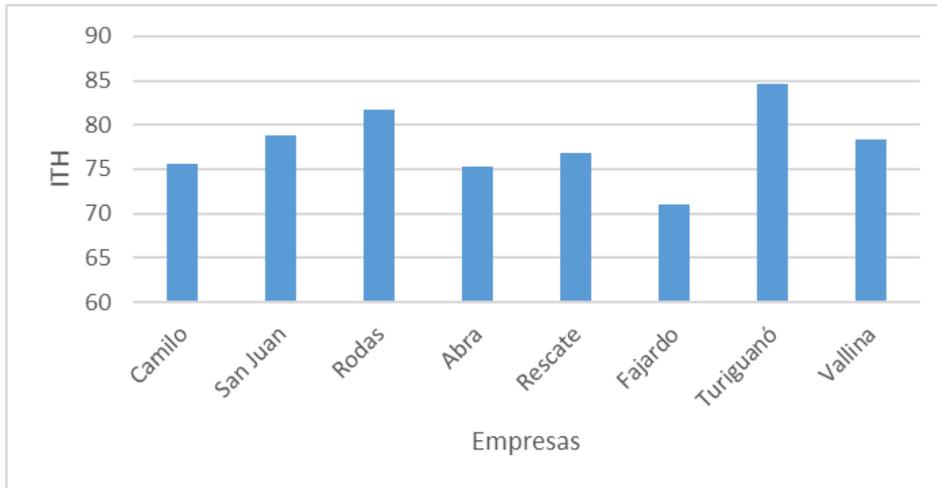
Los estadígrafos generales para las empresas analizadas se presentan en la tabla 5. Se puede apreciar que las diferencias entre empresas fueron en muchos casos notables. El ITH como medida integradora de la temperatura y la humedad, es un indicador muy importante y desde este punto de vista Turiguanó presentó los valores más altos que difirieron significativamente de los restantes, presentando Manuel Fajardo las mejores condiciones.

El ITH osciló entre 71,06 para Manuel Fajardo a 84,62 en Turiguanó. Valores de ITH < 70 se pueden considerar normales, sin afectaciones para los animales, entre 74 y 76 se califica el régimen como de alerta, con abatimiento insignificante de los animales, donde se encontraron solamente 3 empresas (Manuel Fajardo, Abra y Camilo Cienfuegos) encontrándose el resto por encima de estos valores que se considera como régimen de peligro con abatimiento significativo en los animales, de acuerdo a las clasificaciones anteriores, pero no fueron comprobadas las posibles alteraciones en los animales. En la figura 3 aparece el comportamiento por empresa para el ITH donde se ven más claramente las diferencias.

**Tabla 5. Diferencias para algunas variables climáticas de las empresas analizadas.**

Empresa	HR (%)	T. max. (°C)	T. med. (°C)	T. min. (°C)	ITH
Camilo Cienfuegos	76,95 <sup>b</sup>	28,07 <sup>e</sup>	25,73 <sup>e</sup>	23,10 <sup>b</sup>	75,67 <sup>e</sup>
San Juan	74,57 <sup>e</sup>	30,56 <sup>c</sup>	27,72 <sup>b</sup>	21,04 <sup>d</sup>	78,79 <sup>c</sup>
Rodas	76,04 <sup>c</sup>	30,10 <sup>c</sup>	29,50 <sup>b</sup>	20,85 <sup>e</sup>	81,70 <sup>b</sup>
Abra	72,68 <sup>f</sup>	31,64 <sup>b</sup>	25,64 <sup>c</sup>	21,98 <sup>c</sup>	75,34 <sup>e</sup>
Rescate de Sanguily	75,09 <sup>d</sup>	32,10 <sup>a</sup>	26,40 <sup>d</sup>	22,65 <sup>b</sup>	76,80 <sup>d</sup>
Manuel Fajardo	78,03 <sup>b</sup>	31,58 <sup>b</sup>	24,99 <sup>f</sup>	19,65 <sup>f</sup>	71,06 <sup>f</sup>
Turiguanó	75,09 <sup>d</sup>	32,10 <sup>a</sup>	31,43 <sup>a</sup>	22,65 <sup>b</sup>	84,62 <sup>a</sup>
Vallina	81,09 <sup>a</sup>	28,43 <sup>d</sup>	26,88 <sup>c</sup>	23,34 <sup>a</sup>	78,30 <sup>c</sup>

Letras distintas en la misma columna significa diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) prueba de Tukey



**Figura 3. Comportamiento del ITH medio por empresas**

La empresa “Manuel Fajardo”, contrario a lo que debía esperarse debido a que se encuentra en la región oriental, presentó los valores más bajos de ITH (71,06) que difirió significativamente ( $P < 0,05$ ) del resto, ligeramente inferior al reportado por Suárez Tronco *et al.* (2021) para la propia empresa que tiene ganado Criollo y Charolais, mientras que la peor empresa fue Turiguanó con ganado Santa Gertrudis. Todas las empresas excepto la Manuel Fajardo tuvieron valores promedio superiores a 74 que se pueden considerar en condiciones de alerta y 4 estuvieron por encima de 77 que son condiciones de stress.

En la figura 4 aparece la representación gráfica de la interacción empresa x quinquenio para el ITH. Dentro de cada empresa aparecen los puntos que representan las medias mínimas cuadráticas del ITH por quinquenio. Independientemente de que hay pequeñas variaciones en el orden de mérito de las empresas por quinquenio hay una tendencia bastante clara de que el ITH se ha incrementado en el tiempo en todas las empresas y situación similar se presenta con las temperaturas.



**Figura 4. Representación de la interacción empresa-quinquenio**

La actividad agropecuaria impone la necesidad de manejar eficientemente los recursos naturales, entre ellos el clima, y establecer estrategias que permitan la adaptación ante aquellos que resulten negativos para la producción. El bienestar de los animales se ha convertido en un factor determinante para lograr una mejor expresión productiva.

Los ambientes tropicales ofrecen ventajas y desventajas para la producción animal; dentro de los aspectos positivos se pueden mencionar que la precipitación alta y la duración solar diaria casi constante, favorecen la producción de forraje durante gran parte del año. En cambio, las desventajas están asociadas a: la proliferación de parásitos internos y externos; las enfermedades; los contenidos altos de pared celular en los forrajes que favorecen la producción de calor interno; y las temperaturas y HR altas, que conducen a una situación de estrés calórico afectando la expresión del potencial genético al comprometerse su bienestar (Tapki y Şahin, 2006). Entre los eventos fisiológicos desencadenados por el estrés calórico se mencionan el aumento de la temperatura rectal, la frecuencia respiratoria y el jadeo, que se manifiestan para buscar mantener la temperatura corporal (Pragna *et al.*, 2017). Estos cambios conllevan una alteración en el patrón de alimentación y función del rumen, con reducción de la ingesta de materia seca y, por consiguiente, de la productividad.

## CONCLUSIONES

Estos resultados permiten caracterizar y/o clasificar agrometeorológicamente nuestras empresas desde el punto de vista climático. Esto facilita valorar y escoger las razas y/o genotipos adecuados a las condiciones ambientales imperantes a tono con la regionalización de la explotación según razas lecheras o de carne y sus cruzamientos. Igualmente se observa un empeoramiento de las variables climáticas en el tiempo afectando la explotación ganadera.

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados son parte de un proyecto financiado por FONCI en virtud del contrato No. 19 de 2020.

Los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Roberto Vázquez Montes de Oca por las sugerencias brindadas para la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS

- Carabaño, M. J., Logar, B., Bormann, J., Minet, J., Vanrobays, M. L., Diaz, C., Tychon, B., Gengler, N., & Hammami, H. (2016). Modeling heat stress under different environmental conditions. *Journal of Dairy Science*, 99(5), 3798-3814. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10212>
- Collier, R. J., Hall, L. W., Rungruang, S., & Zimbleman, R. B. (2012). Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. *Department of Animal Sciences University of Arizona*, 68. <https://www.researchgate.net/profile/Robert-Collier->

[6/publication/267844201\\_Quantifying\\_Heat\\_Stress\\_and\\_Its\\_Impact\\_on\\_Metabolism\\_and\\_Performance/links/547713770cf245eb43729c84/Quantifying-Heat-Stress-and-Its-Impact-on-Metabolism-and-Performance.pdf](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021)

- 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>
- Domínguez-Hurtado, I. M., Moya-Álvarez, A. S., & Estrada-Moreno, A. (2010). Vigilancia agrometeorológica de condiciones ambientales para ganado vacuno. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(1), 13-19. [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Estrada-Moreno/publication/266009777\\_vigilancia\\_agrometeorologica\\_de\\_condiciones\\_ambientales\\_para\\_ganado\\_vacuno/links/5422d2370cf238c6ea6d3375/vigilancia-agrometeorologica-de-condiciones-ambientales-para-ganado-vacuno.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Estrada-Moreno/publication/266009777_vigilancia_agrometeorologica_de_condiciones_ambientales_para_ganado_vacuno/links/5422d2370cf238c6ea6d3375/vigilancia-agrometeorologica-de-condiciones-ambientales-para-ganado-vacuno.pdf)
- Enríquez Regalado, A. V., & Álvarez Adán, A. (2020). Caracterización del índice de temperatura y humedad y el estrés calórico en el ganado bovino de leche en dos lecherías en la provincia Mayabeque, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(1), 11-18. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207934802020000100011&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207934802020000100011&script=sci_arttext&tlng=en)
- Espinoza, J., Ortega, R., Palacios, A., & Guillén, A. (2011). Tolerancia al calor y humedad atmosférica de diferentes grupos raciales de ganado bovino. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1), 2302-2309. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3682264>
- Lucena, C. (2014). Efecto del estrés calórico sobre parámetros de la curva de lactancia de un rebaño lechero en el trópico. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 19(1), 11-16. <http://www.ucla.edu.ve/dveterin/departamentos/CienciasBasicas/gcv/2530int2530er2530no/articulos/documasp/~umqk3d3r.pdf>
- Mader, T. L. (2003). Environmental stress in confined beef cattle. *Journal of animal science*, 81(14\_suppl\_2), E110-E119. [https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14\\_suppl\\_2/E110/4789865](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/14_suppl_2/E110/4789865)
- Nguyen, T. T., Bowman, P. J., Haile-Mariam, M., Pryce, J. E., & Hayes, B. J. (2016). Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2849-2862. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9685>
- Pragna, P., Archana, P. R., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E. K., Varma, G., & Bhatta, R. (2017). Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, 12, 1-11. <https://krishi.icar.gov.in/jspui/handle/123456789/27614>
- Ravagnolo, O., Misztal, I., & Hoogenboom, G. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of dairy science*, 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)

- 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>
- Ruiz, L. F., Carcelén, F., & Sandoval-Monzón, R. (2019). Evaluación de los indicadores de estrés calórico en las principales localidades de lechería intensiva del departamento de Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 88-98. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15694>
- Ruiz-Jaramillo, J. I., Vargas-Leitón, B., Abarca-Monge, S., & Hidalgo, H. G. (2019). Efecto del estrés calórico sobre la producción del ganado lechero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 733-750. <https://hdl.handle.net/10669/78939>
- Ruiz-García, L. F., Carcelén-Caceres, R., & Sandoval-Monzón, R. S. (2018). El índice temperatura-humedad máximo y la producción de leche de los establos en Lima-Perú. *Archivos de zootecnia*, 67(257), 99-107. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3497>
- SAS (2013). User's Manual of Statistical Analysis System (SAS) (Version 9.4). Cary, NC.
- Suárez Tronco, M., Rodríguez Castro, M., Cos Domínguez, Y., Lamothe Crespo, Y., Guerra Rojas, M., & Martínez Gutiérrez, M. (2020). Caracterización climática de la EPG "Manuel Fajardo" y su relación con las pruebas de comportamiento en ganado Criollo cubano. *Revista de Producción Animal*, 33(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3591>
- Suárez Tronco, Marco A., Rodríguez Castro, Manuel, Martínez Gutiérrez, Ma. Segunda., Guerra Rojas, & Ma. del Carmen. (2018). Valoración agrometeorológica de empresas pecuarias en Cuba. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 12(2).
- Tapkı, İ., & Şahin, A. (2006). Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 99(1-2), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.10.003>

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

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

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.