

# VIGILANCIA AGROMETEOROLÓGICA DE CONDICIONES AMBIENTALES PARA GANADO VACUNO

## AGROMETEOROLOGICAL SERVICES FOR CATTLE ENVIRONMENTAL CONDITIONS EVALUATION

**Ismabel María Domínguez-Hurtado\*<sup>\*</sup>; Aldo Saturnino Moya-Álvarez; Alejandro Estrada-Moreno**

Sección de Meteorología Agrícola, Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. Calle Marta Abreu 59, e/ Juan Bruno Zayas y Villuendas, Santa Clara, Villa Clara. C. P. 50100. CUBA. Correo – e: [ismabel.dominguez@vcl.insmet.cu](mailto:ismabel.dominguez@vcl.insmet.cu) (\*Autora responsable).

### RESUMEN

Se describe una nueva metodología para la vigilancia agrometeorológica de las condiciones de explotación del ganado vacuno, mediante la integración de salidas de modelos globales de pronóstico del clima y los datos de las estaciones meteorológicas de superficie ajustados a las características del archipiélago cubano. Como criterios para la evaluación de los animales, se adoptaron el índice de temperatura y humedad (ITH) y los rangos térmicos para animales de razas tropicales y europeas. Se obtuvo un sistema totalmente automatizado para la captación, procesamiento y distribución de la información hacia las entidades interesadas.

**Palabras clave adicionales:** Ganado de leche y carne, bienestar animal, factores climáticos.

### ABSTRACT

A new methodology for monitoring agrometeorological conditions of cattle exploitation is described by integrating the output of global models for weather forecasting and data from surface weather stations, adjusted to the characteristics of the Cuban archipelago. Temperature and humidity index (THI), and also animal thermal ranges were adopted as criteria for evaluation of animals of tropical and European races. A fully automated system for capturing, processing and distribution of information to interested entities is achieved.

**Additional key words:** Dairy cattle, beef cattle, animal welfare, climatic factors.

### INTRODUCCIÓN

Las estrategias de desarrollo agropecuario deben estar respaldadas por el profundo conocimiento de las características agrometeorológicas de las áreas seleccionadas, lo cual es un factor determinante debido a la vinculación que el propio proceso productivo tiene con las mismas.

La influencia de las variables meteorológicas sobre el ganado vacuno ha sido analizada por varios autores. Así, se

señalan a la radiación solar, la temperatura del aire y la velocidad del viento como las de mayor efecto sobre el estado térmico del cuerpo del animal (Kulicov y Rudnev, 1987). Ciertamente, el organismo vivo percibe la acción del clima atmosférico como un fenómeno complicado y único, por lo que la determinación de la dependencia entre el estado del animal y el medio debe realizarse sobre la base de índices complejos.

El calor producido es la suma algebraica de las calorías producidas por las reacciones bioquímicas relacionadas con

el metabolismo (basal, de mantenimiento y causado por las producciones). Considerando el metabolismo basal y de mantenimiento, se encuentran diferencias de producción de calor, a igualdad de condiciones climáticas, entre especies y razas y también entre los individuos de la misma raza. Por lo que se refiere a los bovinos, es evidente que los de origen tropical (originarios del área Indo-Africana, en su mayor parte incluidos en la subespecie *Bos indicus*) se caracterizan por una menor producción de calor por el hecho de un menor contenido de metabolismo basal y de mantenimiento, en comparación a las razas europeas con elevada productividad (Morais *et al.*, 1979; Conrad, 1985).

El balance calórico de un animal es estrictamente dependiente de las condiciones ambientales y por lo tanto es indispensable una correcta descripción del medio (índices climáticos) como punto de referencia para cualquier estimación de la capacidad de termorregulación y adaptación.

En caso de malestar debido al ambiente, el animal modifica su fisiología como forma de garantizar, entre ciertos límites, el mantenimiento de la homeotermia. La acción conjunta de todas las modificaciones fisiológicas busca mantener constante la temperatura corporal, la cual es el resultado global y por lo tanto la estimación de la capacidad de termorregulación.

Las “reacciones” fisiológicas a un determinado clima no óptimo, de manera general, poseen una base genética que puede justificar actividades de selección para aumentar las características que son heredables y por lo tanto modificables por medio de la selección (Vissac, 1994).

La selección por la capacidad de adaptación a un cierto clima, indudablemente es la suma de muchas características elementales, haciéndose muy difícil y costosa; por lo tanto, es necesaria la definición de un parámetro que sea sencillo de interpretar y fácil de detectar, y que al mismo tiempo pueda dar una buena indicación del nivel de adaptación del animal sobre el cual fue detectado. Ésta es la premisa indispensable para una actividad rutinaria de una asociación orientada al manejo de una raza que produzca en ambiente tropical (Rizzi *et al.*, 1997).

Sobre el tema, lo más reciente en Cuba se encuentra en los estudios desarrollados por Cazañas y Pérez (2004), en los cuales se analizaron las condiciones de confort térmico y la disponibilidad de pastos según el balance hídrico. No obstante, y a pesar de los avances logrados en la comprensión de la fisiología y el comportamiento de los animales bajo condiciones ambientales diversas, los efectos de la variabilidad y el cambio climático sobre la actividad agropecuaria imponen 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. Además, la necesidad de incrementar la producción de alimentos de forma sostenible se ha convertido en una prioridad en el sector de la agricultura. En los términos de Arias *et al.* (2008), “en el área de la producción animal los estudios ambientales se han centrado particularmente en la contaminación que éstos generan al medioambiente, en especial aquellos que congregan de cientos a miles de animales

en superficies reducidas. Sin embargo, ésta es tan sólo una de las aristas de la compleja interacción animal-medioambiente”.

La predicción del clima, realizada a escala regional, es la herramienta fundamental para la planificación de labores agrícolas. Esto implica la disponibilidad de predicciones locales, utilizando técnicas de predicción numérica, junto con un profundo conocimiento del medio.

Debido a ello, resulta de vital importancia la obtención de aplicaciones orientadas a la obtención de herramientas de gestión agrícola, las cuales requieren la unión del conocimiento técnico de agentes del sector meteorológico y climático con el de técnicos del sector agrario. Entre los beneficios por este concepto se cuentan el ahorro energético y económico, adecuando la utilización de los recursos a las condiciones medioambientales adecuadas, la preservación del medioambiente y promoción del desarrollo del sector, mediante un impulso en la colaboración entre los diversos grupos implicados y la generación de una información que sirva de base para la generación de nuevo conocimiento (universidades e instituciones) (Herrera, 2003).

Ante dichas razones, se partió de la hipótesis de que si se elabora un sistema automatizado para la generación de salidas gráficas destinadas a la evaluación de las condiciones agrometeorológicas del ganado vacuno, se logrará mejorar la calidad y alcance de los servicios especializados.

De ahí que el objetivo general de esta investigación fue diseñar un servicio agrometeorológico de alcance nacional en Cuba destinado a la evaluación de condiciones ambientales del ganado vacuno sustentado en un sistema automatizado para la generación y distribución del mismo a escala nacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon como variables meteorológicas la presión atmosférica y las temperaturas del aire y del punto de rocío, todas obtenidas a partir de dos modelos de pronóstico: el MEC-PT (Mesoescala de Cuba-Pronóstico del Tiempo), para la red de estaciones meteorológicas de Cuba (Moya y Estrada, 2007) y el GFS (*Global Forecast System*), para el resto del área geográfica analizada en el trabajo. En este último caso, los datos fueron adquiridos del sitio [http://nomad6.ncep.noaa.gov/ncep\\_data/index.html](http://nomad6.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html) (última actualización del 1 de septiembre de 2006) y comprendieron desde los 12.5° hasta los 32.5° de latitud norte, 70° a 90° longitud oeste; mientras que la salida final se enmarcó entre los 19.74° y 23.43° latitud norte y los 73.86° y 85.06° longitud oeste. La aplicación se desarrolló sobre lenguaje de programación *JAVA*, en la plataforma de desarrollo o entorno de desarrollo integrado *Eclipse* versión 3.3.

Índice de confort de ganado vacuno (ITH)

Se calculó mediante la Ecuación (1):

$$ITH = t_d + (0.36 t_d) + 41.2 \quad (1)$$

donde ITH es índice de confort de ganado vacuno y  $t_d$  es temperatura media diaria del punto de rocío pronosticada. La evaluación del índice se realizó de acuerdo con los límites establecidos en el Cuadro 1 (Kulicov y Rudnev, 1987).

CUADRO 1. Evaluación del estado del animal de acuerdo con el ITH.

Límites		Calificación del régimen	Estado del animal
Inferior	Superior		
< 70		Normal	El estado es el mejor y la productividad es máxima. Los animales están activos, la productividad se mantiene a un nivel aceptable.
70	73	Aceptable	Abatimiento insignificante de los animales.
74	76	Alerta	Abatimiento visible de los animales
77	80	Peligro	Abatimiento significativo de los animales.
> 80		Peligro extremo	

A partir de los valores de presión atmosférica y de punto de rocío pronosticados, se calculó la humedad específica para cada estación (Ecuación 2).

$$S = \exp\left(\frac{1936.4 - 235 \cdot \ln(P) + t_d \cdot (25.34 - \ln(P))}{t_d + 235}\right) \quad (2)$$

donde S es humedad específica al nivel de la estación ( $\text{g kg}^{-1}$ ),  $t_d$  es temperatura del punto de rocío pronosticada ( $^{\circ}\text{C}$ ) y P es presión atmosférica al nivel de la estación pronosticada ( $\text{hPa}$ ).

Una vez calculada la humedad específica se redujo su valor al nivel medio del mar con ayuda de la fórmula de Ziuring (Ecuación 3; Matveev, 1984), siendo  $h$  la altura de la estación (m).

$$S_0 = \frac{S}{10^{\frac{-h}{9} - \frac{h^2}{120}}} \quad (3)$$

Después de obtener el valor de la humedad específica para cada estación de la red nacional, se conformó una malla irregular de puntos (Figura 1) al combinarse con los valores tomados de la salida numérica del modelo GFS.

Para convertir la malla mostrada en la Figura 1 en una malla regular de puntos, se procedió a aplicar un método de análisis matemático (Press *et al.*, 1993). El escogido fue el método de Shepard, que consiste en la definición de una función de interpolación  $f(x)$  ponderada por sus ordenadas  $f_i$  (valores de las variables en los puntos dispersos) (Ecuación 4):

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \omega_i(x) f_i \quad (4)$$

En este modelo,  $f(x)$  es una función de interpolación que arroja como resultado los valores de la variable en los nuevos

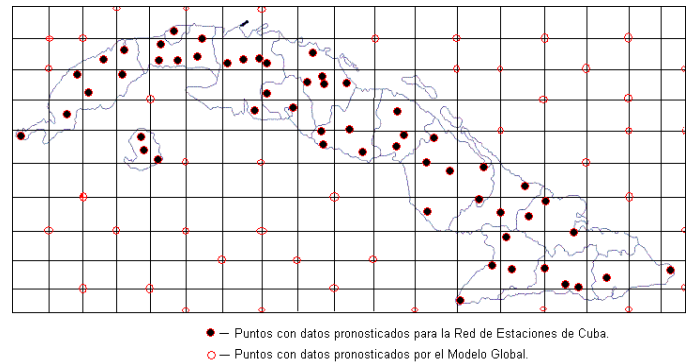


FIGURA 1. Malla irregular construida a partir de los valores de la humedad específica reducida al nivel medio del mar.

puntos como resultado de la interpolación,  $N$  es cantidad de puntos dispersos, y la expresión  $f_i = f(x_i)$  representa valores en los puntos dispersos. Asimismo, la variable  $\omega_i(x)$  es una función que define los pesos en el proceso de ponderación de los puntos para realizar la interpolación y está representada por la Ecuación (5), en tanto que  $s_i(x)$  es una potencia ( $\mu_i$ ) del inverso de la distancia euclidiana ( $d_i(x)$ ), y está representada por la Ecuación (6):

$$\omega_i(x) = \frac{\sigma_i(x)}{\sum_{j=1}^N \sigma_j} \quad (5)$$

$$\sigma_i(x) = \frac{1}{d_i(x)^{\mu_i}} = \frac{1}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{\frac{\mu_i}{2}}} \quad \mu_i \in \mathfrak{R}^+ - \quad (6)$$

El procedimiento descrito constituye un método de inverso de distancia ponderada, es decir, que entre más grande sea la distancia entre  $x$  y  $x_i$ , menor es la influencia que tiene  $f_i$  sobre el valor de  $f$  en el punto  $x$ .

Se asumió lo propuesto por Hoschek y Lasser (1993), quienes recomendaron que  $\mu_i = \mu = 2$ , en aras de conseguir minimizar la complejidad computacional en el proceso de cálculo. Estos autores precisan que esta selección causa que la distancia entre los puntos tenga una mayor influencia en el algoritmo, y agregan que “para valores muy grandes de  $N$ , puede conducir a inestabilidad numérica”.

En este caso dicha situación no constituye un problema, ya que los puntos dispersos a interpolar solamente ascienden a 68 (cantidad de estaciones en la red nacional de meteorología) y la malla regular a obtener como resultado de la interpolación contiene 118X44 puntos, que se consideran relativamente pocos.

Al finalizar la interpolación se obtuvo una nueva malla con una distribución uniforme de los puntos, dispuestos a una distancia de 10 km, tanto en el eje X como en el eje Y (Figura 2).

Posteriormente se calcularon los valores de humedad específica a la altura sobre el nivel del mar de los nodos de la

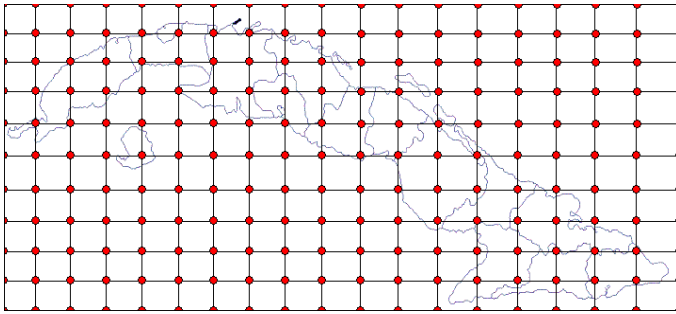


FIGURA 2. Malla regular obtenida con ayuda del método de análisis matemático objetivo de Shepard.

nueva malla regular, invirtiendo los términos de la Ecuación 3. El nuevo valor del punto de rocío a la altura sobre el nivel del mar de cada nodo de la malla regular se obtuvo con ayuda de la Ecuación (7), luego de despejar la Ecuación (2):

$$t_d = \frac{235 \ln(S P) - 1936.4}{25.34 - \ln(S P)} \quad (7)$$

La altura sobre el nivel del mar de cada nodo de la malla regular a una resolución de 10 km fue determinada previamente con ayuda del sistema *MapInfo* Professional versión 7.5 y del *Atlas Nacional de Cuba* (Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1978). La distribución espacial de la altura sobre el nivel del mar de los nodos de la malla regular se muestra en la Figura 3.

Evaluación del régimen térmico

Se partió de los valores de temperatura pronosticados por el modelo MEC-PT para los 8 horarios de observación de la red nacional de estaciones de Cuba. A partir de aquí se aplicó un procedimiento similar al empleado en el cálculo del ITH para tomar en consideración la orografía del terreno, pero en este caso fue la temperatura del aire la variable implicada en el cálculo según los rangos establecidos en los Cuadros 2 y 3.

Reducción al nivel medio del mar de la temperatura pronosticada para las estaciones meteorológicas de la red nacional.

CUADRO 2. Escala de calificación de las condiciones de temperatura para el ganado vacuno de razas tropicales.

Límites de la temperatura media del aire (°C)		Calificación cualitativa de las condiciones de temperatura	Escala
Inferior	Superior		
16	24	Ideal	5
24	27	Favorable	4
27	30	No totalmente desfavorable	3
30	35	Desfavorable	2
35	40	Muy desfavorable	1

Fuente: Kulicov y Rudnev (1987).

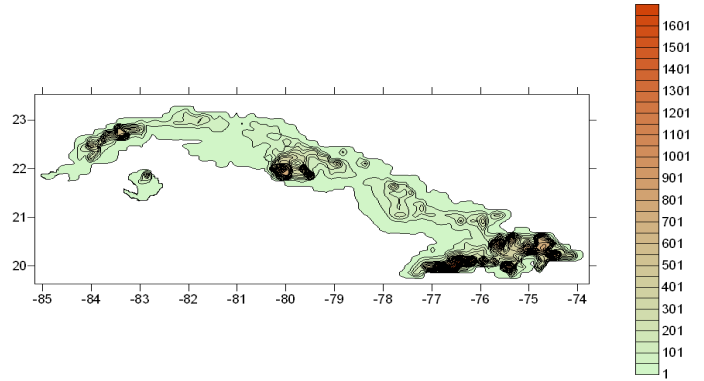


FIGURA 3. Mapa de curvas de nivel de la orografía cubana.

Se empleó la ecuación de estática, modificada sobre la base de la ecuación de estado para el aire no saturado (Ecuación 8):

$$T_0 = -0.06815 \left[ \frac{h_{est}}{\ln\left(\frac{P_i}{P_0}\right)} + 14.6730T_{est} \right] \quad (8)$$

Donde  $T_0$  es temperatura reducida al nivel medio del mar (K),  $T_{est}$  es temperatura en el nivel de la estación (K),  $h_{est}$  es la altura en el nivel de la estación (m) y  $P_i$  y  $P_0$  son presiones al nivel de la estación y reducida al nivel del mar respectivamente (hPa). La transformación de malla irregular a regular se realizó de acuerdo con el procedimiento seguido en el ITH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 4 muestra un ejemplo de la salida obtenida del índice ITH el 29 de junio de 2008. Se puede apreciar la clasificación del confort para los diferentes rangos de los valores del índice. Asimismo, la Figura 5 muestra un ejemplo de la salida considerando el régimen de temperaturas del aire para ganado tropical y europeo.

En sentido general, la escala propuesta por Kulicov y Rudnev (1987) brinda una idea general de la influencia del

CUADRO 3. Escala de calificación de las condiciones de temperatura para el ganado vacuno de razas europeas.

Límites de la temperatura media del aire (°C)		Calificación cualitativa de las condiciones de temperatura	Escala
Inferior	Superior		
5	7	Raramente no confortable	6
7	13	Confortable	5
13	15	Raramente no confortable	4
15	18	Algunas veces no confortable	3
18	21	Frecuentemente no confortable	2
21		Generalmente no confortable	1

Fuente: Kulicov y Rudnev (1987).

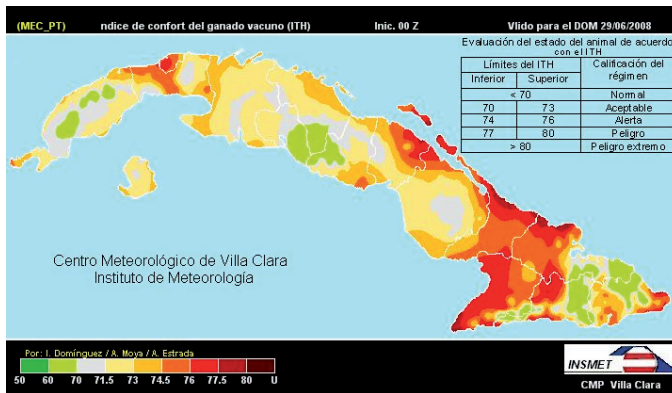


FIGURA 4. Ejemplo de salida del índice de temperatura y humedad.

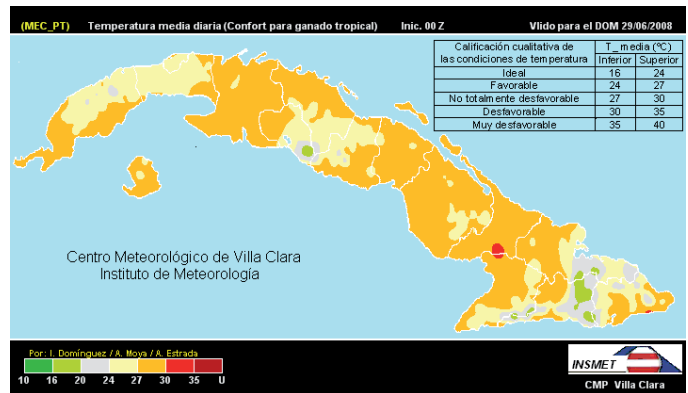


FIGURA 5. Ejemplo de salida de la evaluación de las temperaturas para ganado tropical.

régimen térmico sobre el estado de los animales. En la Figura 6 se muestra la salida correspondiente a la evaluación de condiciones para el ganado europeo, en cuyo caso se desestimó su inclusión en el servicio operativo diario. Dicha decisión se sustentó en el criterio observado que el régimen de temperatura media del aire en Cuba se encuentra por encima de los 21.0 °C, límite mínimo establecido en la escala de Kulicov y Rudnev (1987) para la condición de “generalmente no confortable”. Johnson (1986), citado por Arias *et al.* (2008), informó de los umbrales térmicos a los cuales vacas Holstein disminuyen su producción diaria de leche (-5 °C y 21 °C). Estos valores representan límites a los cuales los animales activan mecanismos fisiológicos que les aseguran su supervivencia en desmedro de la productividad.

En los resultados obtenidos por Mejías *et al.* (2008), en Cuba las condiciones de temperatura para el ganado vacuno lechero de razas locales son desfavorables en el horario del mediodía. Dichos autores atribuyen la situación anterior a la marcha de la temperatura máxima media, durante un periodo aproximado de siete meses que se extiende de abril a octubre, la cual pueden presentar desviaciones de hasta +4.0 °C por encima del límite superior desfavorable (30.0 °C).

Sin embargo, Mejías *et al.* (2008) son del criterio que “el régimen de temperatura media diario no tiene valores tan elevados como para ejercer influencia negativa sobre los animales” y sostienen que “su uso en la práctica no resulta útil, al representar un comportamiento medio del régimen de temperatura, no permite definir el momento del día con determinado grado de favorabilidad”. Aunque aclaran que puede resultar válido para comparaciones entre Cuba y otros países. Esta opinión no coincide con los criterios de Arias *et al.* (2008), quienes mencionan que estudios desarrollados en el oeste de Canadá utilizando datos acumulados de siete años durante el periodo invernal por Christison y Milligan (1974), indican que las variables climáticas, en general, y la temperatura promedio, en particular, afectan fundamentalmente la ganancia diaria de peso y la cantidad de megacalorías requeridas por cada kilogramo de peso ganado.

Por otra parte, tanto el NRC (1981) como Da Silva (2006), ambos citados por Arias *et al.* (2008), reconocen que,

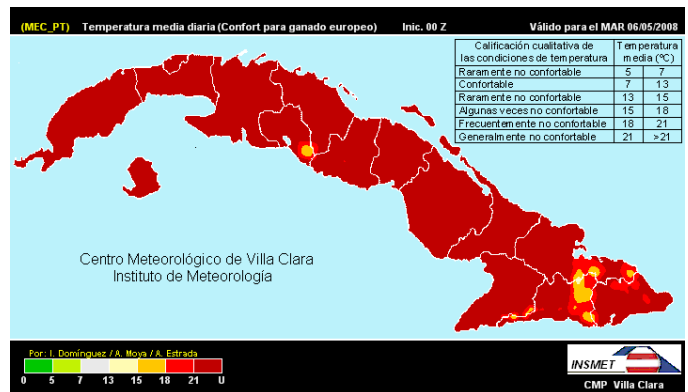


FIGURA 6. Ejemplo de salida de la evaluación de las temperaturas para ganado europeo.

generalmente, el promedio de la temperatura ambiente es considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar confort animal. Aunque Khalifa (2003) concluyó que si bien la temperatura ambiental es importante, por sí sola no es una adecuada expresión de la respuesta animal al estrés. Dentro de los elementos que deben ser considerados en el momento de evaluar las condiciones de confort animal, se encuentra la composición racial de los rebaños.

Según López *et al.* (1986) citados por Valdés *et al.* (2003), como parte de una estrategia del Estado cubano, a partir de 1959 se organizó un programa de mejora genética de la masa ganadera y fundamentalmente la de leche, basado principalmente en la incorporación de genes de la raza Holstein, con un alto grado de especialización para la producción de leche, a la Cebú, muy baja productora pero con un alto nivel de rusticidad y adaptada a las condiciones climáticas de Cuba. Este último criterio es compartido por Bonilla (1999), quien plantea que el ganado Cebú y sus cruas muestran mayor tolerancia al calor que el ganado europeo. En este escenario se obtiene la raza Siboney de Cuba, con una alta capacidad de adaptación al trópico, expresada por su tolerancia al calor, aceptables tasas de crecimiento y desarrollo, temprana incorporación y buenos niveles de prolificidad.

Sin embargo, de acuerdo con los criterios de Rivero *et al.* (2005), la ganadería cubana no se encuentra adaptada a las

condiciones climáticas actuales y la masa ganadera existente se caracteriza por tener una resistencia limitada a los factores climáticos adversos.

De acuerdo con estudios desarrollados por Benítez *et al.* (1998), en la cuenca baja del río Cauto, provincia de Las Tunas, en sentido general, las condiciones climáticas son adversas la mayor parte del año y durante varias horas al día para la implantación de sistemas ganaderos, a partir de razas especializadas, y los índices temperatura humedad relativa presentan valores extremos durante casi todo el año. Un situación igualmente desfavorable describen Valdés *et al.* (2003) en los resultados obtenidos con la raza Siboney en la región Granmense del Valle del Cauto, donde señalan que la permanencia bajo condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) estresantes durante la mayor parte del año es un factor que, aunque no es determinante, sí tiene una marcada influencia en el inadecuado comportamiento reproductivo de la raza en esta región. El esquema de trabajo obtenido se muestra en la Figura 7.

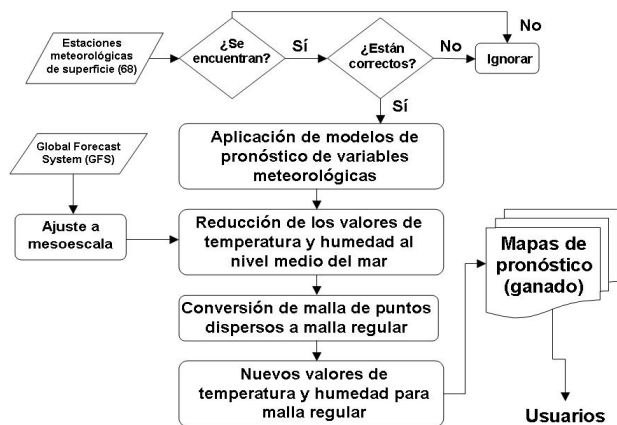


FIGURA 7. Diagrama del proceso del procesamiento de la información.

Sobre la distribución de la información meteorológica, y en ello se incluye aquella dirigida a los productores agrícolas, se han desarrollado variantes que van desde el uso de la comunicación personal especialista-productor hasta las tecnologías de la informática y comunicaciones, por ejemplo sistema de Web Remota (Santana, 2002) y el correo electrónico o la publicación en Internet.

De acuerdo con Santana (2002), las cuestiones fundamentales para la colocación de los productos radican en cómo elaborar y hacer llegar el mismo a sus destinatarios finales. Este autor señala que el uso de la mensajería electrónica para la distribución de los servicios meteorológicos en sentido general tiene dificultades reconocidas, entre las que menciona en primer lugar que el cliente debía ser usuario de algún proveedor de correo electrónico, la excesiva personalización de la información, el costo adicional por tráfico de la misma, la falta de operatividad y la delegación indebida de responsabilidad.

Las salidas se incluyeron en el Boletín Agrometeorológico Nacional de Cuba, una publicación decenal (diez días) elaborada

## CONCLUSIONES

Se obtuvo un sistema automatizado para la vigilancia agrometeorológica de las condiciones de confort térmico para el ganado vacuno de razas tropicales, ajustado para Cuba con disímiles posibilidades de distribución y aplicación. El procedimiento propuesto permitió delimitar la responsabilidad que tiene cada uno de los elementos que intervienen en la confección, interpretación y aplicación de los resultados contenidos en el pronóstico agrometeorológico. La presentación de los resultados a través de representaciones gráficas, como mapas, permite su utilización inmediata aun por planificadores no familiarizados con su uso.

## LITERATURA CITADA

- Arias R. A.; Mader T. L.; Escobar P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria. 40: 7-22.
- Benítez D.; Ray J.; Fernández L.; Nieto M.; García D.; García A.; O M. L.; Ramírez A.; Díaz M.; Guerra J. 1998. Informe de resultado: Adecuación del diseño del sistema de pastoreo racional en condiciones de bajos insumos, y metodología para su aplicación, a las características del Valle del Cauto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Bayamo, Cuba.
- Bonilla A. 1999. El estrés en el ganado. Revista Acovez. pp: 18 - 26.
- Cazañas-Valdeperas J.; Pérez-Valdés E. 2004. Estudio de la disponibilidad de pasto y el confort térmico en la empresa pecuaria Bacuranao. Instituto de Meteorología. Departamento de Meteorología Agrícola, Ed. Trópico. La Habana. (Taller de Meteorología Tropical).
- Christison G. I.; Milligan J. D. 1974. A seven year study of winter performance of feedlot steers in western Canada. Proceeding of the International Livestock Environment Symposium, University of Nebraska-Lincoln, USA. pp: 296 - 300.
- Conrad J. H. 1985. Feeding of farm animals in hot and cold environments. In: Yousef MK, ed. Stress Physiology in Livestock (2): 205 - 226.
- Da Silva R. G. 2006. Weather and climate and animal production. In: Update of the guide to agricultural meteorological practices. WMO-No.134 published in 1982.
- Herrera I. 2003. La agrometeorología: El conocimiento del medio al servicio del desarrollo del sector agrario. Euskonews & Media. pp: 21- 28.
- Hoschek J.; Lasser D. 1993. Fundamentals of Computer Aided Geometric Design A. K. Peters, Madison.
- Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. 1978. Atlas de Cuba: XX Aniversario del Triunfo de la Revolución Cubana, La Habana.
- Johnson H. D. 1986. The effects of temperature and thermal balance on milk production. In: Moberg G. P. (ed). Limiting the effects of stress on cattle. Western Regional Research Publication #009 and Utah Agricultural Experimental Station Research Bulletin 512. pp: 33 - 45.
- Khalifa H. H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. Interactions between climate and animal production. Procedure Symp, EAAP Technical Series 7: 15 - 29.
- Kulicov V.; Rudnev R. 1987. Agrometeorología Tropical. Ed. Academia, La Habana.
- López D.; Ponce-de León R.; Orrel R. 1986. Características del crecimiento y comportamiento reproductivo de novillas de primer nivel inter-se 5/8H 3/8C. Memorias ALPA (21):12
- Matveev L. T. 1984. Física de la atmósfera Guidrometeoizdat, Leningrado.

- Mejías-Cedeño E.; Hernández-Abreu J. A.; Varela-Ledesma N.; Hernández-Guerrero J. M. 2008. Evaluación de la temperatura del aire para el ganado vacuno lechero de razas locales en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología* 14: 25-31.
- Morais M.; Espinosa J.; Saavedra L. 1979. Influencia de la temperatura ambiental y la humedad relativa sobre la tasa de concepción de vacas Holstein en condiciones cálidas húmedas. *Revista de Salud Animal* 1: 63-78.
- Moya-Álvarez A. S.; Estrada-Moreno A. 2007. Pronóstico de cobertura espacial y cantidad de precipitaciones. Un acercamiento al pronóstico probabilístico de tormentas locales severas. Santa Clara. 5 p.
- NRC, National Research Council. 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington DC.
- Press W. H.; Flannery B. P.; Teukolsky S.; Vetterling W. T. 1993. *Numerical Recipes in C++: The Art of Scientific Computing*. Segunda Edición. Cambridge University Press. Cambridge.
- Rivero R. E.; Rivero Jaspe Z. I.; Rivero Jaspe R. R. 2005. Medidas y políticas de adaptación a los impactos negativos del cambio climático en la provincia de Camagüey. *Memorias XI Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*. XIV Congreso Mexicano de Meteorología., Cancún. p. 19.
- Rizzi R.; Heinz E.; Cerruti F.; Álvarez J. C. 1997. Análisis de las fuentes de variabilidad de la temperatura rectal en vacas de raza carora. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5(Suplemento 1): 540-542.
- Santana O. A. 2002. Sistema de Reb Remota. Cienfuegos. 9 p.
- Valdés J. R.; Benítez D. G.; García I. V.; Sánchez J. G.; Rondón G. 2003. Comportamiento reproductivo de la vaca Siboney de Cuba. *Revista de Producción Animal*. 15: 7.
- Vissac B. 1994. Race animale et qualité des systèmes agraires, , In Cef-M-et-al., ed. *Qualité et systèmes agraires: techniques, lieux, acteurs.*, Vol. 28. Etudes Tesch. Sust Agraires Dèv., Versailles. p. 241 – 247.