

## Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay

Cruz, G.<sup>1</sup> y Saravia, C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Unidad de Sistemas Ambientales. Facultad de Agronomía Montevideo. Av. Garzón 780.*

*Correo electrónico: gcruz@fagro.edu.uy*

<sup>2</sup> *Unidad de Sistemas Ambientales. Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto (EEFAS)*

Recibido: 5/10/07 Aprobado: 15/10/08

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización del ambiente térmico del verano, determinando las condiciones meteorológicas que pueden generar estrés por calor en el ganado lechero. Se utilizó un índice construido con variables meteorológicas: índice de temperatura y humedad (ITH) para determinar frecuencia y duración de valores que pueden resultar críticos. Se trabajó con datos meteorológicos horarios, diarios y mensuales provenientes de diez estaciones meteorológicas permanentes distribuidas en el país. Se determinaron, a nivel promedio, valores por encima del crítico durante enero en las zonas ubicadas al norte del Río Negro. En seis localidades del norte del país se obtuvieron para el mismo mes, probabilidades de ITH por encima del valor crítico mayores a 50 %, siendo en Salto y Artigas superiores a 80 %. La duración diaria promedio de la situación crítica fue superior a 10 horas en la fase diurna y a 4 horas en la fase nocturna durante enero en las dos localidades anteriormente mencionadas.

**Palabras clave:** clima, estrés por calor, índice temperatura y humedad

### Summary

## Air temperature and humidity index for regionalization of dairy farming in Uruguay

The aim of this study was to characterize the thermal environment of summer in Uruguay and to identify the meteorological conditions that can potentially cause heat stress on dairy cattle. We used an index including two meteorological variables: Temperature and Humidity Index (THI) to assess the frequency and duration of critical values. We worked with hourly, daily, and monthly data obtained from ten permanent meteorological stations distributed around the country. Average values above the critical level during January were found for the areas north of the Río Negro. In January, for six localities north of the Río Negro, we calculated probabilities of THI values above the critical level greater than 50 % in general and above 80 % for Salto and Artigas. The average daily duration of above critical values was greater than 10 h for the diurnal phase and 4 h for the nocturnal phase during January for those two localities.

**Key words:** climate, heat stress, Temperature and Humidity Index

## Introducción

La caracterización del ambiente térmico de un sitio permite conocer las condiciones en que se desenvuelven los animales, siendo posible determinar la frecuencia, duración y momentos de situaciones desfavorables que puedan resultar limitantes productivas.

De los animales de producción pecuaria, el ganado lechero es particularmente sensible al estrés por calor debido al elevado metabolismo de la vaca lechera durante la lactancia (Swan y Broster, 1982).

Trabajando con vacas Holstein en lactación en condiciones controladas, Johnson *et al.* (1961) determinaron a qué valores de temperatura y humedad del aire comenzaba a disminuir la producción de leche. Para expresar las diferentes combinaciones de temperatura y humedad utilizaron un índice (ITH) desarrollado con anterioridad por Thom (1959). El valor crítico de ITH obtenido por Johnson *et al.* (1961) fue de 72.

Adoptando ese valor crítico, el Livestock Weather Safety Index (LWSI) distingue cuatro categorías: 1) menor a 70 considerada situación normal, 2) alerta de 70 a 78 y por encima de 72 se supera el límite crítico para la producción de leche, 3) de 78 a 82 se considera situación de peligro y 4) mayor a 82 se califica como situación de emergencia (Johnson, 1994)

En Uruguay, Flamenbaum (1994) enfatizó la necesidad de estudiar las características climáticas del verano en las diferentes regiones y cuencas lecheras usando el ITH.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las condiciones meteorológicas de diferentes localidades de Uruguay a los efectos de determinar los valores de ITH que se alcanzaron en una secuencia de veranos. Dichas condiciones fueron comparadas con los umbrales de ITH de referencia establecidos por Johnson *et al.* (1961) y el LWSI (Johnson, 1994).

## Materiales y métodos

El ITH desarrollado por Thom (1959), se calculó a partir de la conversión de Valtorta y Gallardo (1996):  

$$ITH = (1,8 T_a + 32) - (0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 T_a - 26)$$

Donde:  $T_a$ : temperatura del aire (°C)

HR: Humedad del aire (%)

Cálculo del ITH medio normal

En la primera etapa del estudio se utilizó la información meteorológica procesada mensualmente, a los efectos de compatibilizar las escalas temporal y espacial para la regionalización del país de acuerdo al índice.

Los valores correspondientes al promedio mensual de ITH se calcularon con datos mensuales de temperatura y humedad relativa de 30 años (DNM, 1996) para diez localidades del país en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

Las localidades consideradas fueron: Artigas (30°23,9'S; 56°30,6'W; 120,9m), Rivera (30°53,8'S; 55°32,6'W; 259m), Salto (31°23,8'S; 57°57,9'W; 32,9m), Paysandú (32°20,9'S; 58°02,2'W; 61m), Melo (32°22,1'S; 54°11,6'W; 100,4m), Paso de los Toros (32°48'S; 56°31,6'W; 75 m), Treinta y Tres (33°13,3'S; 54°23,3'W; 46.4m), Mercedes (33°15'S; 58°04.1W; 17.01m), Rocha (34°29,6'S; 54°18,7'W; 19,06m) y Montevideo (Prado) (34°51,7'S; 56°12,4' W; 16,27m).

Los mapas se realizaron utilizando el método de Kriging para la interpolación espacial del ITH a través del programa SURFER versión 6 (1993).

De acuerdo a los resultados obtenidos con el procesamiento anterior (Figuras 1 y 2), el criterio consistió en trabajar con localidades del norte del país que contaran con información horaria para el cálculo del ITH.

### Cálculo de ITH horario

Se contó con datos horarios de temperatura de bulbo seco y húmedo de las estaciones Artigas, Salto y Paso de los Toros para los meses de diciembre, enero, febrero y marzo del período 1992 - 1997.

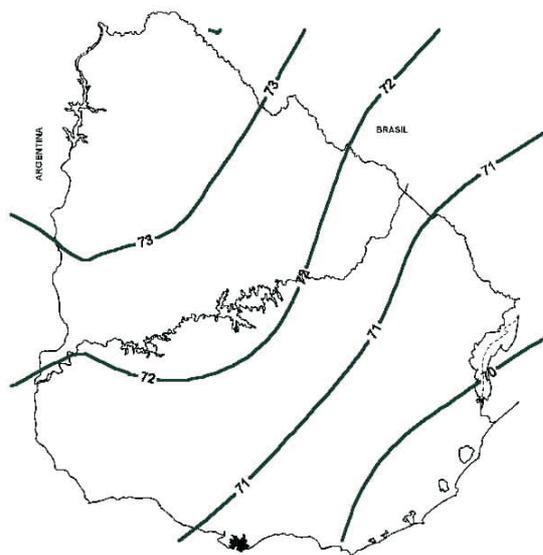
A partir de los datos horarios de temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo se estimó en forma horaria la humedad relativa según los cálculos y conversiones que figuran en Smithsonian Meteorological Tables (List, 1951).

Posteriormente, se calculó la probabilidad de ocurrencia de valores de ITH según los rangos establecidos por el LWSI (Johnson, 1994) y la duración promedio de ITH por encima de 72.

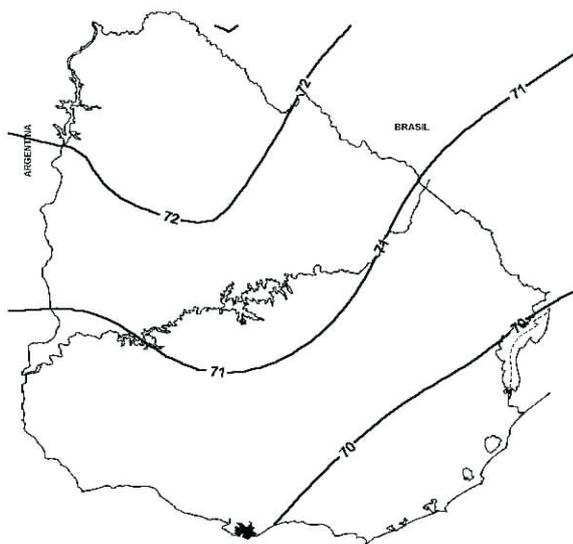
La duración de la situación crítica se obtuvo computando el número de horas promedio con valores de ITH superiores a 72. Se consideró la fase diurna de 6:00 a 20:00 h y la nocturna de 20:00 a 6:00 h.

### Cálculo de ITH diario

A los efectos de extender el estudio a otras localidades del norte del país, se incluyeron las localidades de Rivera, Paysandú y Melo, donde se disponía de información meteorológica de sólo 4 horas al día. Según Saravia *et al.* (2002) en Artigas, Salto y Paso de los Toros, existió alta correlación entre los valores de ITH obtenidos con la información de la observación meteorológica de las 9:00 a.m. y el promedio obtenido de los



**Figura 1.** Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de enero



**Figura 2.** Variación espacial del Índice de Temperatura y Humedad del aire en el mes de febrero.

24 ITH al día. De acuerdo a lo anterior, en Rivera, Paysandú y Melo se consideró representativo del ITH medio diario el calculado con los datos de temperatura y humedad relativa del aire correspondientes a la observación de la hora 9:00 a.m. de cada día de los mismos meses y años.

En Artigas, Salto y Paso de los Toros, el ITH medio diario resultó del promedio de los ITH de las 24 horas de cada día.

### Procesamiento estadístico

Los cálculos de probabilidades se realizaron procesando la frecuencia acumulada según la distribución empírica de los datos. En Artigas, Salto y Paso de los Toros, las probabilidades se calcularon con datos horarios y luego con datos diarios para su comparación con las otras localidades.

### Obtención de la información meteorológica

La información meteorológica correspondiente a temperatura y humedad relativa del aire de las 9:00 a.m. fue suministrada por la Dirección Nacional de Meteorología y la información horaria fue adquirida a la misma institución.

### Resultados y discusión

#### Caracterización del Uruguay utilizando valores normales de ITH

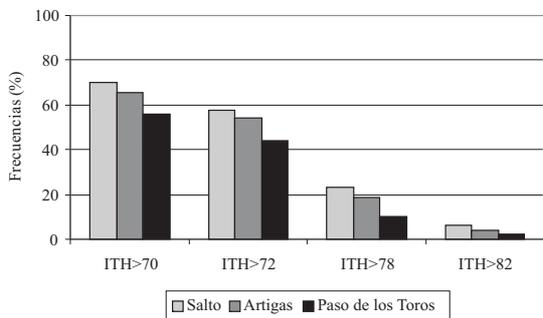
A partir de la información climática media mensual se determinaron que las localidades del país que presentaron condiciones de ITH superiores a 72 en el mes de enero fueron las ubicadas al norte del río Negro y en el mes de febrero la zona problemática se desplaza aún más al norte del país (Figuras 1 y 2).

De acuerdo a la regionalización presentada en los mapas, el estudio probabilístico sobre la ocurrencia y duración de las situaciones críticas según el ITH se limitó a las localidades del norte.

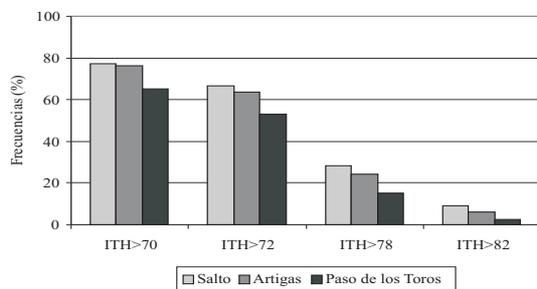
#### Frecuencia de ITH crítico

En términos probabilísticos se confirmó la tendencia detectada a nivel medio para el norte del país. Según las categorías establecidas por el LWSI (Johnson, 1994), en las tres localidades estudiadas con datos horarios resultaron más probables situaciones de "alerta" (entre 65 % y 55 %) que condiciones "normales" en el mes de enero (Figura 3). Lo mismo se verificó durante febrero, aunque en este caso solamente para Salto y Artigas (Figura 4).

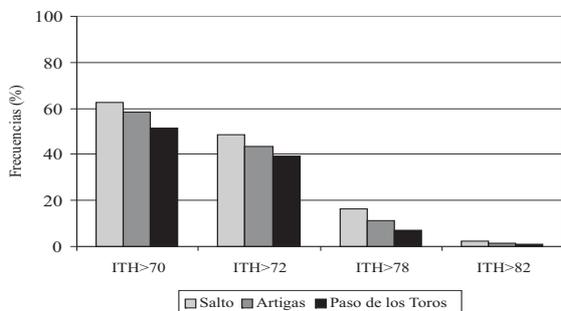
La frecuencia acumulada de valores de ITH en cada categoría aumentó de diciembre a enero y luego disminuyó hacia marzo (Figuras 3, 4, 5 y 6).



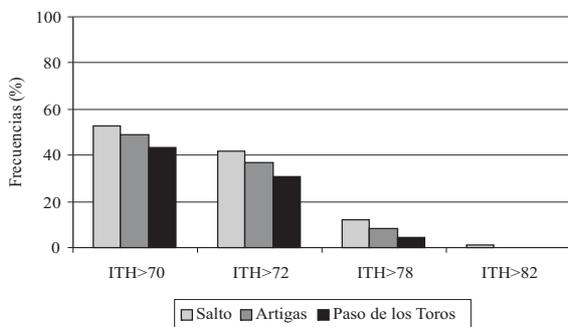
**Figura 3.** Frecuencias acumuladas de valores de ITH en diciembre.



**Figura 4.** Frecuencias acumuladas de valores de ITH en enero.



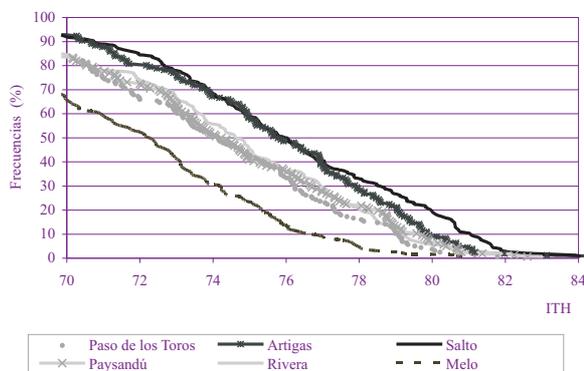
**Figura 5.** Frecuencias acumuladas de valores de ITH en febrero.



**Figura 6.** Frecuencias acumuladas de valores de ITH en marzo.

Los valores de ITH considerados de «peligro» y «emergencia» presentaron frecuencias superiores al 20 % y al 6 % respectivamente para enero en las localidades de Salto y Artigas (Figura 4).

En el mes de enero, la frecuencia acumulada de valores diarios de ITH mayor a 72, resultó superior a 80 % en Artigas y Salto, a 65 % en Rivera, Paysandú y Paso de los Toros y a 50 % en Melo (Figura 7). Fue consistente para las seis localidades del norte que este mes resultara el más crítico



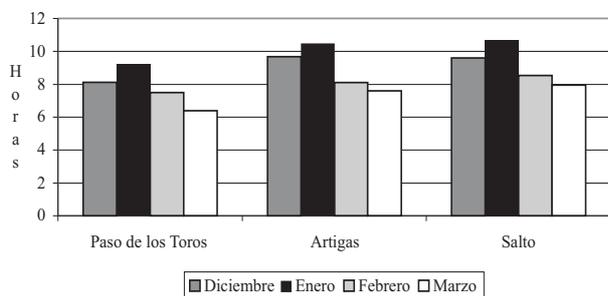
**Figura 7.** Frecuencias acumuladas de ITH en enero. Período 1993-1997.

**Duración de la situación crítica a lo largo del día**

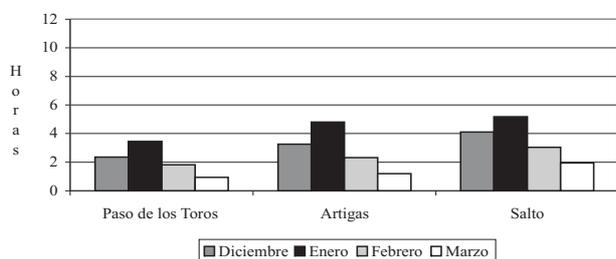
Según Valtorta y Gallardo (1996), cuanto mayor es la duración de valores críticos de ITH, mayor es el perjuicio ocasionado. El número de horas promedio con valores de ITH superiores a 72 abarcó más del 75 % del tiempo de la fase diurna y más del 45 % del tiempo de la fase nocturna (Figuras 8 y 9). Esto reveló la baja duración del período de recuperación disponible para los animales. Llamó especialmente la atención que solamente una parte del período nocturno se ubicara fuera del nivel crítico, cuando lo esperado era que durante la noche se recuperara la situación de equilibrio térmico.

La elevada probabilidad de ocurrencia de condiciones ambientales que predisponen al estrés por calor y la duración que las mismas presentaron a lo largo del día, permiten concluir que el ambiente atmosférico puede ser una limitante productiva para los rodeos lecheros en el norte de nuestro país.

En cuanto a las implicancias de este trabajo, se señala la necesidad de abordar el estudio de los efectos del calor en los animales en producción en el norte de Uruguay. Distintos autores han relacionado valores del ITH con producción lechera, cuantificando la disminución



**Figura 8.** Duración promedio de la situación crítica en las horas diurnas.



**Figura 11.** Duración promedio de la situación crítica en horas nocturnas.

en producción por efecto del calor (Johnson, 1994; Hahn, 1995; Leva *et al.*, 1996). Alteraciones en la composición de la leche (Azanza y Machado, 1997) y disminución en la capacidad reproductiva son aspectos que también pueden verse afectados en estas condiciones (Ingraham *et al.*, 1974; Ealy *et al.*, 1993; Johnson, 1994).

Conocer dichos efectos sobre nuestros rodeos permitiría - además de la validación local del índice - establecer recomendaciones de manejo e implementar sistemas de advertencia que contribuyan a disminuir los efectos adversos del calor.

### Agradecimientos

Las autoras agradecen al Ing. Agr. Pablo Speranza por las sugerencias realizadas en la elaboración del Resumen y por la traducción al inglés del mismo.

Las autoras agradecen a la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la UdelaR por el financiamiento otorgado al proyecto que dio lugar al presente trabajo.

### Bibliografía

- Azanza, J. y Machado, E.** 1997. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano, en vacas lecheras con distintos niveles de producción. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
- DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA (DNM).** 1996. Normales climatológicas, período 1960 - 1990. Uruguay.
- Ealy, A. D.; Drost, M. and Hansen, P. J.** 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *Journal of Dairy Science* 76:2899
- Flamenbaum, I.** 1994. Factores que afectan la producción lechera en la zona norte. Informe de Consultoría. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario.
- Ingraham, R. H.; Gillette, D. D. and Wagner, W. D.** 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 57:476-481
- Johnson, H. D.; Kibler, H. H.; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L. and Shanklin, M.D.** 1961. Role of heat tolerance and production level in response of lactating Holstein to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*, 44:1191.
- Johnson, H.D.** 1994. Animal physiology. *In Handbook of Agricultural Meteorology*. Ed. John Griffiths, New York.
- Hahn, L.G.** 1995. Environmental management for improving livestock performance, health and well-being. *Japanese Journal of Livestock Management* 30 (3): 113-127.
- Leva, P. E.; Valtorta, S. E. y Fornasero, L. V.** 1996. Disminución de la producción lechera estival: situación actual y efecto del cambio global. *In Congreso Argentino de Producción Animal. Resúmenes, AAPA Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 16 Sup.1: 26.*
- List, R. J.** 1951. *Smithsonian Meteorological Tables*. Washington D.C., Volume 114.
- Saravia, C.; Cruz, G. y Franco, J.** 2002. Cálculo del Índice de Temperatura y Humedad diario y su estimación a partir de un mínimo de registros. *In Congreso Argentino de Agrometeorología. Anales. AADA. Córdoba, Argentina.*
- SURFER (tm) for Windows V6 (c) Copyright Golden Software Incorporated.** 1993-95.
- Swan, H. y Broster, W. H.** 1982. Principios para la producción ganadera. Capítulo V. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Thom, E.C.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-59.
- Valtorta, S. y Gallardo, M.** 1996. El estrés por calor en producción lechera. pp 173-185. *In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Miscelánea N°81.*