

Características del índice de temperatura y humedad modificado por viento y radiación en Entre Ríos, Argentina

Rondán, G.A.; Michelin, C.I.; Brizuela, A.B.; Maltese, N.; Kemerer, A. y Aguirre, C.

RESUMEN

Entre Ríos, Argentina, posee un clima templado húmedo con verano caluroso. Dadas estas condiciones climáticas es frecuente que las vacas lecheras experimenten estrés calórico durante el verano, afectando tanto su fisiología como productividad. El índice de temperatura-humedad (ITH), utilizado como indicador del nivel de estrés, no contempla el efecto de la radiación solar ni del viento. En este trabajo se compara el ITH con el índice modificado por radiación y viento (ITH_{vr}) y se lo caracteriza en cuatro localidades representativas de dos cuencas lecheras. La escala de resolución del índice fue horaria, diferenciando condiciones diurnas y nocturnas y se obtuvieron las respectivas estadísticas descriptivas. En el 70% de los casos o más, el ITH_{vr} superó el umbral crítico de 72 en las cuatro localidades indicando que la probabilidad de ocurrencia de condiciones de estrés durante un día es alta. Como se esperaba, durante el día, el ITH_{vr} supera el umbral en mayor proporción que durante la noche. Además, durante el día, en situaciones de disconfort, el ITH produce valores menores que ITH_{vr} mientras que, por debajo del umbral, la situación se invierte. Los resultados muestran la importancia de considerar el efecto de radiación y viento en la construcción del ITH_{vr} , mejorando la sensibilidad respecto de ITH, a partir de datos disponibles a escala horaria. Además, reafirman la utilidad de estos en orden a promover prácticas de manejo tendientes a mitigar el estrés calórico en el rodeo.

Palabras clave: bienestar animal; ganado lechero; índice de estrés.

Rondán, G.A.; Michelin, C.I.; Brizuela, A.B.; Maltese, N.; Kemerer, A. and Aguirre, C., 2019. Characteristic of the temperature and humidity index modified by wind and radiation in Entre Ríos, Argentina. RADA X: 49-57

SUMMARY

The Entre Ríos province has a humid temperate climate with a hot summer. These features cause heat stress on dairy cows, mainly in the summer months, affecting both their physiology and productivity. The Temperature Humidity Index (THI), used to indicate the degree of stress, does not take into account the effect of solar radiation or wind speed. In this paper, the conventional THI was contrasted with an index modified by solar radiation and wind speed (THI_{vr}), in

order to obtain specific information in four representative locations in two dairy regions. The hourly value has been obtained, day and night conditions were differentiated, and descriptive statistics were obtained. In 70% or more of the cases, the ITH_{vr} exceeded the threshold of 72 in the four localities indicating that the probability of occurrence of stress conditions during a day is high. As expected, during the day, the ITH_{vr} exceeds the threshold in greater proportion than during the night. Also, during the day, in situations of discomfort, the ITH tends to underestimate its value with respect to the ITH_{vr} , while, below the threshold, the situation is reversed. The results show the importance of considering the effect of radiation and wind on the construction of the ITH_{vr} , improving the sensitivity with respect to ITH , based on data available at time scale. In addition, they reaffirm their usefulness in order to promote management practices aimed at mitigating heat stress in the rodeo.

Key words: animal welfare; dairy cattle; stress index.

Rondán, G.A.; Brizuela, A.B.; Aguirre, C. y Maltese, N.: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Michelin, C.I.: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Kemerer, A.: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Correspondencia a: guillermo.rondan@fca.uner.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La provincia de Entre Ríos se caracteriza por contar con una actividad lechera importante, con un aporte histórico del 3% al 4% de la producción nacional de leche, integrando el grupo de provincias productoras junto a Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y La Pampa (Jaureguiberry y Barrera, 2017). Según datos provinciales disponibles en el año 2017, Entre Ríos tuvo una producción anual de 285 millones de litros aportados por 370 tambos (Moreira, 2018).

La provincia cuenta con dos cuencas lecheras (Figura 1). La cuenca "A" que concentra más del 60% de los tambos de la provincia y que comprende a los departamentos Paraná, La Paz, Diamante, Victoria y Nogoyá; y la cuenca "B" que incluye a los tambos situados en los departamentos Gualeguaychú, Uruguay, Colón y Rosario del Tala (López *et al.*, 2015).

Los sistemas productivos en su mayoría se basan en dietas pastoriles con suplementación principalmente de forrajes conservados y alimentos concentrados (Jaureguiberry y Barrera, 2017). En estos sistemas, los animales se encuentran gran parte del tiempo expuestos a condiciones ambientales adversas como altas temperaturas y humedad del aire, que afectan el equilibrio térmico, la productividad y la eficiencia reproductiva, tanto

en el ganado de carne como en el lechero (Arias y Mader, 2010).

Principalmente durante el periodo estival, el efecto combinado de elevadas temperaturas, humedad relativa y radiación solar, dependiendo de su intensidad, duración y tiempo de exposición, causan estrés calórico en los animales generando condiciones de discomfort, afectando el nivel de producción (Gallardo y Valtorta, 2011; Armstrong, 1994) e incluso, causando la muerte de los animales cuando ocurren olas de calor intensas y persistentes.

El estrés por calor es relevante aún en regiones con clima templado por cuanto la producción de leche resulta afectada si los animales están bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa durante períodos prolongados. Ouellet *et al.*, 2019 y Amamou *et al.*, 2019, reportaron efectos negativos del estrés por calor sobre vacas lecheras Holstein, disminuyendo su producción de leche, grasas y proteínas. Heinicke *et al.*, 2019, estudiando un rodeo de la raza Holstein-Frisia, encontraron que el nivel de actividad de los animales se ve reducido cuando acumulan una carga térmica adicional durante tres días consecutivos.

Con el objetivo de valorar el efecto de las variables ambientales sobre el ganado lechero se han desarrollado diversos índices de estrés. Uno de los más ampliamente utilizados es el Índice de



Figura 1. Cuencas lecheras A y B de Entre Ríos. Se indican además los cuatro sitios de estudio.

Temperatura y Humedad (ITH) desarrollado por Thom, 1959, y modificado por Valtorta y Gallardo, 1996, el cual permite cuantificar el grado de disconfort del rodeo. Trabajos realizados en la provincia de Entre Ríos utilizando el ITH, mostraron que las condiciones de estrés calórico, son frecuentes y de larga duración (López *et al.*, 2015) y dieron lugar a un sistema de pronóstico a 4 días (Kemerer *et al.*, 2017) dirigido a los productores de la cuenca lechera A.

Sin embargo, el ITH no considera otras variables meteorológicas como radiación y velocidad de viento, las cuales tienen un rol importante en los mecanismos de regulación de la carga calórica interna de los animales, afectando su equilibrio térmico. Davis y Mader, 2003, señalan que con la inclusión de estas dos variables ambientales en el ITH se mejoraría en gran medida la aplicabilidad del LWSI (Livestock Weather Safety Index) en diferentes condiciones ambientales y proponen un ajuste para lograr mayor precisión en la estimación de estrés por calor. En este sentido, Mader *et al.*, 2005; 2006, reportaron un nuevo índice, el ITH ajustado por velocidad de viento y radiación solar (ITH_{vr}), que permitió reflejar mejor los eventos de

disconfort para los animales bajo sistema de engorde a corral en EEUU.

Teniendo en cuenta que el estrés calórico afecta la producción, resulta relevante conocer las características del ITH_{vr} en ambientes propios de las cuencas lecheras A y B de Entre Ríos y su posible aplicación en los sistemas productivos locales. El objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento del ITH_{vr} mensual y horario, en el periodo diciembre-febrero de las campañas 2015/2016 y 2016/2017 y establecer sus diferencias con el ITH para cuatro localidades de Entre Ríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron cuatro localidades de Entre Ríos las cuales, además de ser representativas de ambas cuencas lecheras, contaban con un conjunto de datos meteorológicos completo del periodo en estudio y con frecuencia horaria proveniente de estaciones meteorológicas automáticas (EMA). Las localidades de Paraná ($31^{\circ}44'50''$ S, $60^{\circ}32'21''$ O) y Costa Grande ($31^{\circ}08'25''$ S; $60^{\circ}27'36''$ O) correspondientes a los departamentos Paraná y Diamante, incluidas en la cuenca lechera A, y las localidades de Gualeguaychú ($33^{\circ}00'44''$ S, $58^{\circ}36'54''$ O) y General Galarza ($32^{\circ}43'20''$ S, $59^{\circ}24'33''$ O) pertenecientes a los departamentos Gualeguaychú y Gualeguay respectivamente, se consideran representativas de la cuenca B, en el caso de Galarza por su proximidad. La ubicación geográfica de las localidades estudiadas puede observarse en la Figura 1.

Las variables meteorológicas utilizadas en el análisis fueron: temperatura del aire T ($^{\circ}$ C), humedad relativa HR (%), velocidad del viento VV (m/s) a los dos metros de altura y radiación solar RS (W/m^2). Los datos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, el INTA y la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Particularmente para diciembre de 2015, los datos de la EEA INTA Paraná se completaron con registros de la EMA Crespo ($30^{\circ}04'14''$ S, $60^{\circ}14'52''$ O).

A partir de estos datos se calculó para cada hora el ITH propuesto por Valtorta y Gallardo, 1996, (Ecuación 1) y el ITH_{vr} planteado por Mader *et al.*, 2006, (Ecuación 2), en ambos casos para los periodos estivales del 1/12/2015 al 29/02/2016 y del 1/12/2016 al 28/02/2017.

$$ITH = (1,8 T + 32) - [(0,55 - 0,55 \frac{HR}{100})(1,8 T - 26)] \quad (1)$$

Donde: **T** corresponde al valor de temperatura ($^{\circ}$ C) y **HR** es la humedad relativa (%).

$$ITH_{vr} = 4,51 + ITH_0 - (1,992 VV) + (0,0068 RS) \quad (2)$$

Donde: ITH_0 es el valor de ITH obtenido a partir de la Ecuación 3, utilizada en Mader *et al.*, 2006; VV es la velocidad del viento (m/s) y RS es la radiación solar (W/m^2)

$$ITH_0 = (0,8 T) + \left(\frac{HB}{100}\right)(T - 14,4) + 46,4 \quad (3)$$

Se calcularon los estadísticos descriptivos del índice ITH_{vr} : mensuales, diurnos y nocturnos -discriminando entre registros de 'día' ($RS \geq 1W/m^2$) o 'noche' ($RS < 1W/m^2$) - y los horarios. Además, se calcularon las medidas estadísticas de la diferencia ($ITH_{vr} - ITH$) sobre la base de subgrupos por mes y hora del día.

Se obtuvieron diagramas de boxplot para realizar una interpretación visual del comportamiento de los valores horarios de ITH_{vr} vs. ITH en cuanto a dispersión y simetría. Además, se determinó la asociación lineal entre los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estadísticos de las variables temperatura, humedad relativa, viento y radiación solar de las 4 localidades consideradas se presentan en la Tabla 1, a-d. Los datos corresponden a los registros horarios de las cuatro localidades de Entre Ríos y de los períodos estivales 2015-2016 y 2016-2017. Puede observarse que los promedios y los valores extremos de temperatura presentan diferencias mínimas para las cuatro localidades. Algo similar ocurre con la radiación solar, salvo en Costa Grande, que indica una media más baja. La humedad relativa media es mayor en Galarza y el viento medio es superior en Gualaguaychú.

El desvío estándar (DE) de la temperatura fue similar para las cuatro localidades evaluadas. Galarza tuvo el mayor DE de humedad relativa y Gualaguaychú el menor DE. Aunque el DE de la velocidad de viento fue similar entre las localidades evaluadas, Costa Grande tuvo el mayor DE y Galarza la menor variación. El DE de la radiación

Tabla 1. Estadísticas de la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento ($VV > 0$) y radiación solar ($RS > 0$) de las cuatro localidades analizadas de Entre Ríos.

a) Paraná

Variable	Media	Desvío estándar	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	24,8	4,5	37,7	11,2
Humedad Relativa (%)	73,2	19,5	100,0	16,7
Velocidad del viento (m/s)	2,2	1,3	10,8	0,1
Radiación solar (W/m^2)	519,8	416,4	1463,1	0,2

b) Costa Grande

Variable	Media	Desvío estándar	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	24,6	4,9	37,9	8,7
Humedad Relativa (%)	77,7	17,3	99,0	25,2
Velocidad del viento (m/s)	2,4	1,9	14,5	0,1
Radiación solar (W/m^2)	399,8	316,5	1007,5	0,2

c) G. Galarza

Variable	Media	Desvío estándar	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	24,4	5,1	38,2	10,2
Humedad Relativa (%)	84,1	22,5	100,0	21,9
Velocidad del viento (m/s)	1,8	1,2	7,7	0,1
Radiación solar (W/m^2)	494,1	361,2	1186,1	2,8

d) Gualaguaychú

Variable	Media	Desvío estándar	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	24,7	4,8	38,7	9,5
Humedad Relativa (%)	70,9	14,4	100,0	18,0
Velocidad del viento (m/s)	3,1	1,7	12,8	0,5
Radiación solar (W/m^2)	497,8	370,9	1250,0	2,8

solar entre localidades varió entre 316 y 416 W/m²), correspondientes a Costa Grande y Paraná, respectivamente.

En la Tabla 2, a-d, se muestran los estadísticos descriptivos para ITH e ITH_{vr}. Los estadísticos correspondientes al ITH e ITH_{vr} mensuales y diferenciados en 'día' y 'noche' para las localidades de Paraná y Gualeguaychú, una de cada cuenca lechera, reflejan valores medios superiores del ITH_{vr} a los de ITH. Esta condición es válida tanto para los datos sin diferenciar como para los correspondientes a la categoría de 'día' o de 'noche' con excepción de ITH_{vr} Noche que, en

el caso de Gualeguaychú, tiene valores levemente inferiores.

El comportamiento mensual muestra que en Paraná tanto ITH como ITH_{vr} promedio superan el umbral de estrés, ITH_{vr} ≥ 72 (tomando el umbral de discomfort propuesto para ITH por Johnson *et al.*, 1961) en los tres meses, algo similar ocurre en Gualeguaychú, aunque en diciembre es levemente inferior. En cambio, para el caso de 'noche' los valores promedios de ambos índices no superan el valor umbral de 72.

Tabla 2. Estadísticas de los índices ITH e ITH_{vr} de 2 localidades de Entre Ríos. Donde DE: corresponde a desvío estándar.

a) ITH Paraná

	ITH			ITH Día			ITH Noche		
	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb
N° de horas	1463	1488	1368	870	902	753	593	586	615
Media	72,2	74,0	73,7	74,3	76,0	75,9	69,2	70,8	70,9
DE	5,5	5,3	5,9	5,2	4,9	5,6	4,6	4,1	5,0
Mínimo	53	56	56	54	56	56	53	57	57
Máximo	84	86	86	84	86	86	80	79	83
Rango	31	30	30	30	30	30	27	22	26

b) ITH Gualeguaychú

	ITH			ITH Día			ITH Noche		
	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb
N° de horas	1484	1488	1368	857	869	751	627	619	617
Media	71,3	73,8	73,5	73,3	75,6	75,3	68,8	71,3	71,3
DE	6,2	5,7	5,7	5,9	5,7	5,7	5,5	4,8	4,8
Mínimo	50	53	54	50	53	54	50	55	56
Máximo	85	88	86	85	88	86	84	83	83
Rango	35	35	32	35	35	32	34	28	27

c) ITH_{vr} Paraná

	ITH _{vr}			ITH _{vr} Día			ITH _{vr} Noche		
	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb
N° de horas	1463	1488	1368	870	902	753	593	586	615
Media	75,6	76,1	75,9	78,6	79,0	79,3	71,3	71,5	71,8
DE	7,6	7,1	8,1	7,3	7,0	8,1	5,7	4,3	5,8
Mínimo	51	57	48	52	57	56	51	58	48
Máximo	95	94	94	95	94	94	84	82	84
Rango	44	37	46	43	37	38	33	24	36

d) ITH_{vr} Gualeguaychú

	ITH _{vr}			ITH _{vr} Día			ITH _{vr} Noche		
	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb	Dic	Ene	Feb
N° de horas	1484	1488	1368	857	869	751	627	619	617
Media	71,6	74,2	74,3	73,9	76,5	76,9	68,5	71,0	71,1
DE	7,2	5,7	7,4	7,0	6,9	7,5	6,1	5,0	5,8
Mínimo	50	50	51	50	50	51	50	53	51
Máximo	92	93	93	92	93	93	86	84	84
Rango	42	43	42	42	43	42	36	31	33

Al comparar el ITH_{vr} medio se observa que el valor es más alto en Paraná. El efecto de mayor radiación incrementa el índice en Paraná y el viento mejora las condiciones de confort en Gualeguaychú. Estos efectos de las condiciones ambientales, señaladas en la Tabla 2, a-d, son expresados por el ITH_{vr} .

Para un análisis detallado se obtuvieron los diagramas múltiples de caja y bigote (box-plot) del ITH_{vr} horario de las cuatro estaciones (Figura 2). Este procedimiento representa gráficamente, para las 24 horas del día, los estadísticos: -mínimo, máximo, cuartil inferior y superior, mediana, media y valores atípicos-. Prácticamente en el 70% de los casos o más, el ITH_{vr} supera el umbral de 72 en las cuatro localidades. Esto ocurre principalmente durante el día, entre las 8-9 h y las 21-22 h, lo que significa que es alta la probabilidad de ocurrencia

de condiciones de estrés durante un día estival. Especialmente entre las 13 h y las 15 h período en el cual ocurren con más frecuencia las condiciones de estrés moderado o severo.

La incorporación de viento y radiación, en el ITH_{vr} de las gráficas anteriores, produce mayor dispersión y por lo tanto hay mayor cantidad de valores atípicos. El viento favorece los menores valores de ITH_{vr} como se evidencia en Gualeguaychú.

Otro aspecto de interés para caracterizar el ITH_{vr} es compararlo con el ITH convencional, examinar la diferencia y el grado de asociación entre ambos. Para cada localidad se calculó la diferencia $ITH_{vr} - ITH$ de los valores horarios y las estadísticas descriptivas. Los resultados para el mes de enero en las 4 localidades se muestran en la Tabla 3. Se destaca que en Gualeguaychú el promedio de la

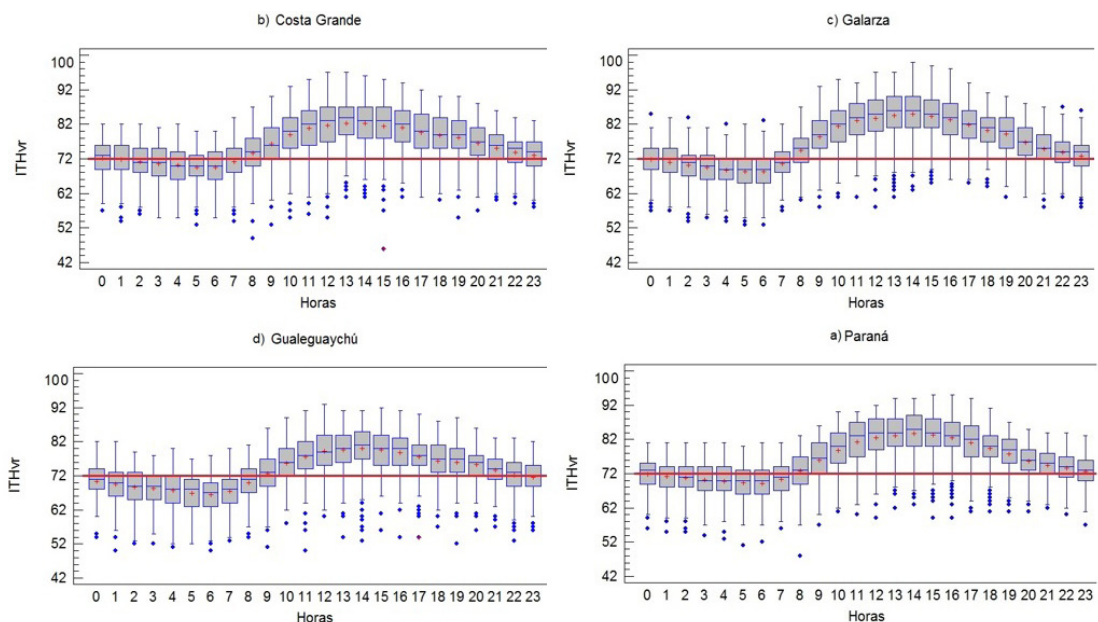


Figura 2. Valores de ITH_{vr} en distintas horas del día para los meses diciembre, enero y febrero (campañas 2015/2016 - 2016/2017).

Tabla 3. Estadísticas de la diferencia ($ITH_{vr} - ITH$) de enero en los cuatro puntos de estudio.

Estadísticos (enero)	Paraná	Costa Grande	G. Galarza	Gualeguaychú
Nº de horas	1488	1488	1415	1488
Media	2,1	2,3	2,8	0,4
Mediana	2	3	3	1
Desviación Estándar	3,1	3,3	3,3	3,6
Mínimo	-12	-15	-8	-17
Máximo	11	10	10	12

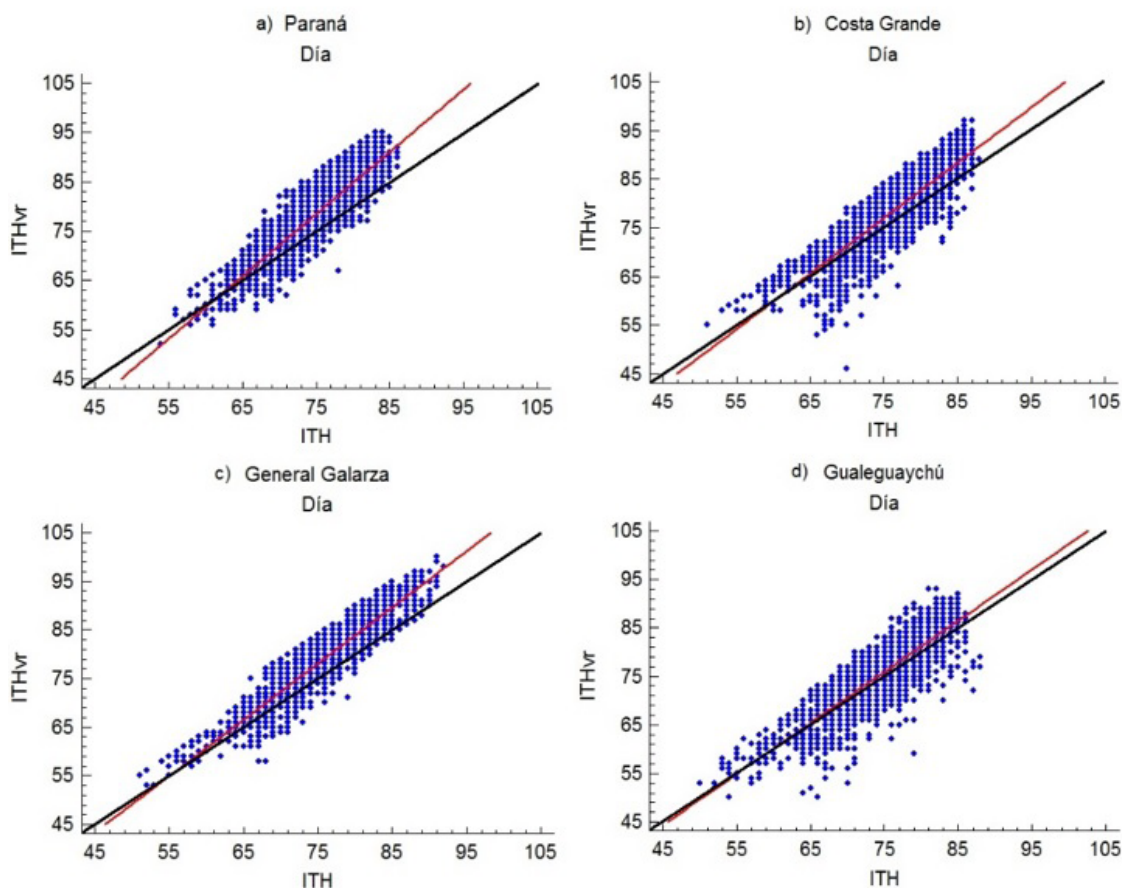


Figura 3. Diagramas de dispersión de ITH_{vr} e ITH de 'día' y ajuste lineal (campañas 2015/2016 - 2016/2017). La línea roja representa el ajuste lineal de los puntos y la línea negra la relación 1:1.

diferencia es el más bajo y también la mediana es más baja. Esto muestra que la modificación del ITH por viento y radiación en esta localidad no cambia el valor medio significativamente. Pero la dispersión es mayor dando lugar a un mínimo de -17 unidades y un máximo de 12; en valor absoluto superiores a los de las restantes localidades.

Mediante un ajuste lineal se analizó la relación entre ambos índices. Como se espera la asociación entre los índices, en cada localidad, es fuerte con más del 60% de varianza explicada. En razón que ambos indicadores incluyen las variables temperatura y humedad relativa la asociación entre ellos es estrecha. Por otro lado, la radiación solar está relacionada con la temperatura y el viento es más independiente de las restantes. Por eso cuando el viento es suave o moderado y las demás variables mantienen su valor, el índice disminuye representando una reducción en el desconfort animal. El efecto principal de la velocidad del viento

es la remoción del aire próximo al animal, evitando la saturación de la capa límite y favoreciendo de esta manera los procesos evaporativos, que constituyen la vía principal de disipación de calor a altas temperaturas (Gallardo y Valtorta, 2011).

En los gráficos de ITH_{vr} vs. ITH se puede observar que, durante el día, en situaciones de desconfort el ITH tiende a subestimar su valor respecto al ITH_{vr} mientras que por debajo del umbral la situación se invierte (Figura 3, a-d). En Paraná y Galarza ese apartamiento es superior incluso para valores de ITH mayores a 65.

Por la noche en Paraná y Gualeguaychú el comportamiento es similar para todo el rango analizado, observando una relación muy próxima a 1:1. En Costa Grande y en Galarza en cambio, durante todo el rango el ITH_{vr} predomina sobre el ITH (Figura 4, a-d).

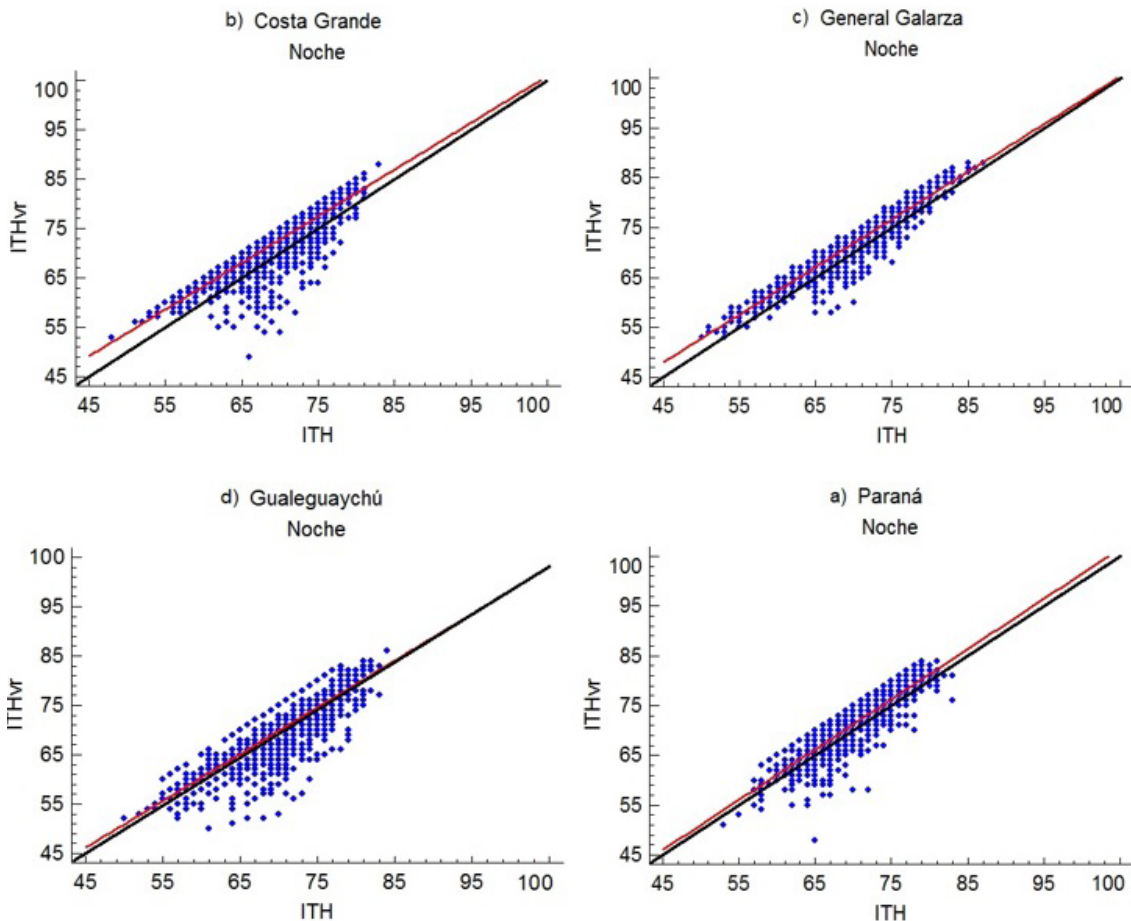


Figura 4. Diagramas de dispersión de ITH_{vr} e ITH de 'noche' y ajuste lineal (campañas 2015/2016 - 2016/2017). La línea roja representa el ajuste lineal de los puntos y la línea negra la relación 1:1.

CONCLUSIONES

El ITH_{vr} fue caracterizado para las cuatro localidades de Entre Ríos, destacando que el uso de las EMA permitió generar información más detallada de las variables de interés, a partir de datos en escala horaria o incluso menor.

El análisis del ITH_{vr} -ajustado por viento y radiación- permitió confirmar que en estos meses se presentan las condiciones ambientales de estrés muy desfavorables. Prácticamente en el 70% de los casos o más, el ITH_{vr} supera el umbral de 72 en las cuatro localidades lo que indica que la probabilidad de ocurrencia de condiciones de estrés durante un día estival es alta.

Se comprueba que, durante el día, el valor de ITH_{vr} supera el umbral en mayor proporción que

durante la noche. Además, durante el día, en situaciones de desconfort, el ITH tiende a producir valores más bajos que ITH_{vr} mientras que, por debajo del umbral, la situación se invierte.

El ITH_{vr} estimado a partir de los datos proporcionados por las EMA se debe considerar como una herramienta más sensible para la toma de decisiones ante situaciones de estrés calórico, ya que cubre las falencias del ITH derivadas del hecho de no considerar velocidad del viento y radiación.

Estos resultados reafirman la utilidad de los índices de desconfort animal en orden a promover prácticas de manejo de rodeos que tiendan a mitigar el efecto del estrés en la producción lechera.

REFERENCIAS

- Amamou, H., Beckers, Y., Mahouachi, M., & Hammami, H. 2019. Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. *Journal of thermal biology*, 82, 90-98.
- Arias, R. y Mader T. 2010. Determination of potential risk of heat stress of cattle in four locations of Central and Southern Chile. *Arch Med Vet* 42, 33-39.
- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77:2044-2049.
- Davis, S. and Mader, T. 2003. Adjustments for Wind Speed and Solar Radiation to the Temperature-Humidity Index. *Nebraska Beef Cattle Reports*. 224. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/224>. (Consultado el 02/08/2018)
- Gallardo, M. y Valtorta S. 2011. Producción y bienestar animal: estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Gaughan, J.; Mader, T.; Holt, S.; and Lisle, A. 2008. A New Heat Load Index for Feedlot Cattle. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. 613.
- Heinicke, J., Ibscher, S., Belik, V., & Amon, T. 2019. Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. *Journal of thermal biology*, 82, 23-32.
- Jaureguiberry, L. y Barrera, M. 2017. Consejo Federal de Inversiones. Programa de Desarrollo Ambiental, de Infraestructura y Productivo "Laboratorio Regional de Leche". Informe Final. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/lecheinforme-final-cfi.pdf> (Consultado el 09/08/2019).
- Johnson, H.D., Kibler H.H., Ragsdale A.C., Berry I.L. and Shanklin 1961 M.D. Role of heat tolerance and production level in response of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *J. Dairy Sci.* 44:1191.
- Kemerer, A.; Rondán; G.; Brizuela, A.; López, G.; Michelin, C.I.; Madikian, F. 2017. Verificación de pronóstico de ITH horario en cuatro localidades de Entre Ríos, Argentina. VII Simposio Internacional de Climatología. Petrópolis, R.J., Brasil.
- López, G.; Brizuela, A.; Rondán, G.; Lissaso, C.; Kemerer, K.; de los Santos, M. 2015. Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH) como indicador de estrés calórico, para vacas lecheras del departamento Nogoyá, Entre Ríos. IX Reunión de Comunicaciones Científicas y VII Reunión de Extensión de la FCA-UNER. Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- Mader, T; Davis, M y Gaughan, J. 2005. Adjustments for Wind Speed and Solar Radiation to the Temperature-Humidity Index. 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology.
- Mader, T; Davis M; Brown-Bland, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Animal Science* 84, 712-719.
- Moreira, M. 2018. Información sobre producción lechera de Entre Ríos, cierre anual 2017. Área Lechería, Dirección de Ganadería y Pesca Subsecretaría de Producción Primaria, Secretaría de Producción. <http://www.entrerios.gov.ar/minpro> (consultado 09/08/2019)
- Ouellet, V., Cabrera, V. E., Fadul-Pacheco, L., & Charbonneau, É. 2019. The relationship between the number of consecutive days with heat stress and milk production of Holstein dairy cows raised in a humid continental climate. *Journal of Dairy Science*.
- Saravia, C y Cruz, G. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Uruguay, Fac. Agr. Nota Técnica N° 50. 36p.
- Thom EC. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. En INTA. *Misceláneas*. 81:173-185.