

Índice de temperatura y humedad en localidades argentinas

Temperature and humidity index in Argentine towns



Gastaldi, Laura Beatriz; Gattinoni, Natalia Noemí; De Ruyver, Roberto; Toffoli, Guillermo

Laura Beatriz Gastaldi

gastaldi.laura@inta.gob.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,
Argentina

Natalia Noemí Gattinoni

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,
Argentina

Roberto De Ruyver

deruyver.roberto@inta.gob.ar

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,
Argentina

Guillermo Toffoli

gtoffoli@fca.unl.edu.ar

Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Resumen: El Índice de Temperatura y Humedad (ITH) es empleado para el seguimiento de las condiciones ambientales que resultan estresantes para los bovinos. Valores del ITH iguales o superiores a un umbral de 72 están asociados a condiciones de estrés térmico para el ganado lechero de producción media a baja, mientras que dicho umbral es igual a 68 para ganado de alta productividad. En este trabajo se analizó el comportamiento del ITH en Rafaela (Santa Fe), Marcos Juárez (Córdoba), Concepción del Uruguay (Entre Ríos) y Trenque Lauquen (Buenos Aires) durante el período 1/11/2012 al 31/12/2020 utilizando datos horarios y diarios. Trenque Lauquen resultó la localidad con condiciones de temperatura y humedad menos estresantes para el ganado lechero. Mientras que Rafaela, presentó una exposición al riesgo de estrés calórico más alta, especialmente en los meses estivales.

Palabras clave: agrometeorología, estrés calórico, marcha horaria, ganado lechero.

Abstract: *The Temperature and Humidity Index (ITH) is used to assess the heat stress conditions for livestock. ITH values equal to or greater than 72 are associated with heat stress conditions for dairy cattle. In this paper we analyzed the behavior of ITH in Rafaela (Santa Fe), Marcos Juárez (Córdoba), Concepción del Uruguay (Entre Ríos) and Trenque Lauquen (Buenos Aires), during the period 1/11/2012 to 31/12/ 2020 using hourly data. Trenque Lauquen is less stressful for dairy cattle than Rafaela, where the risk of heat stress was high, especially between December and February.*

Keywords: *agrometeorology, running time, heat stress, dairy cattle.*

Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Litoral, Argentina

ISSN: 2346-9129

ISSN-e: 2346-9129

Periodicidad: Semestral

vol. 21, núm. 2, 12324, 2022

revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 01 Mayo 2022

Aprobación: 22 Septiembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863684010/>

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.v21i2.12324>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

El estrés calórico bovino es uno de los problemas más comunes durante el período estival. El indicador más utilizado para señalar la falta de confort es el índice de temperatura y humedad (ITH) desarrollado por Thom E.C. (1959).

Según Armstrong (1994), el valor de ITH igual a 72 es el punto crítico a partir del cual el ganado comenzaría a sufrir estrés, especialmente las vacas de producción media y baja. Gastaldi *et al.* (2014 a)

encontraron un punto de inflexión similar al analizar el comportamiento de las ventas diarias de leche de 577 tambos de la región pampeana argentina con respecto a los valores de ITH registrados en distintas estaciones meteorológicas próximas a las unidades productivas. Asimismo, el valor crítico de ITH varía según el potencial productivo de los animales, existiendo evidencias más recientes que indican que las vacas de alta producción comienzan a sufrir los efectos del discomfort térmico a partir un umbral igual a 68 (Lendez, *et al.* 2020). Otro concepto clave cuando se analizan las condiciones de discomfort, es el de ola de calor, que se define como un periodo en el cual se cumple con el criterio de un ITH promedio diario igual o mayor a 72, por lo menos durante tres días consecutivos (Valtorta, *et al.* 2004 y Valtorta, *et al.* 2008). Durante las olas de calor se ve comprometido el intercambio calórico de los animales y disminuye el grado de recuperación del bienestar animal. De esta manera, cuando se producen condiciones de estrés calórico el ganado bovino lechero disminuye su desempeño reproductivo (Vicentini, *et al.* 1991; Alonso, *et al.* 2001) y también productivo en términos de rendimiento lechero (Leva, *et al.* 1997, Valtorta, *et al.* 1997), con mermas de entre un 5 y 11% según la intensidad del evento de calor (Gastaldi, *et al.* 2014 b).

Existen diversas estrategias que permiten reducir el impacto negativo de los eventos de estrés calórico sobre la producción y economía de las empresas lecheras. Algunas se vinculan con el manejo del rodeo (alimentación, reproducción, sanidad, componente racial) mientras que otras demandan un cierto nivel de inversiones tales como sombra artificial, ventilación y refrigeración (Ghiano, *et al.* 2012; Gastaldi, *et al.* 2011).

En los tambos argentinos la adopción de estrategias de mitigación del estrés calórico bovino es incipiente según concluyeron Cuatrin *et al.* (2014), en base a datos de una encuesta realizada a 1400 sistemas lecheros localizados en la región pampeana, predominantemente en la Cuenca Lechera Central (Santa Fe–Córdoba). Dicho relevamiento puso en evidencia que sólo el 11,3% de los tambos posee sombra en cantidad suficiente, aspersores y ventiladores en el corral de espera a la sala de ordeño, el 30,2% sólo dispone de sombra y el resto tiene sombra en cantidad insuficiente o directamente no posee estas estructuras. También fue baja la disponibilidad de sombra artificial en el campo, donde sólo el 37,8% de los encuestados posee sombras suficientes para toda la hacienda. En relación a variables vinculadas con el manejo del rodeo, dicho estudio encontró que la mitad de los tambos posee agua de bebida calificada como apta (50,6% de los casos), siendo más elevada la proporción de casos que dispone de cantidad de agua suficiente para reponer lo consumido antes de la próxima toma de los animales (76%). Finalmente, el concepto de dieta fría y su implementación en el verano estuvo presente en el 33,4% de los casos.

Una de las razones que podría explicar la reducida adopción de estrategias de mitigación del estrés calórico, observada en el trabajo de Cuatrin *et al.* (2014), es la baja percepción de este riesgo por parte de los productores ganaderos.

La información se considera un elemento clave del proceso de percepción de riesgos, adquiriendo un rol fundamental en los modelos explicativos del comportamiento preventivo. Con la finalidad de brindar un aporte a la información de ITH, en el presente trabajo una caracterización de los registros promedios horarios, diarios y mensuales de este indicador meteorológico considerando las campañas a partir del 2014, en distintas localidades situadas en las principales cuencas lecheras de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo del ITH se utilizaron los registros de temperatura y humedad relativa del aire de estaciones meteorológicas automáticas de INTA (EMA), modelo NIMBUS-THP, ubicadas en Rafaela-Santa Fe (RAF), Concepción del Uruguay-Entre Ríos (CU), Marcos Juárez-Córdoba (MJ) y Trenque Lauquen-Buenos Aires (TL), localidades incluidas en las principales cuencas lecheras de Argentina. En la Tabla 1 y Figura 1 se presentan la ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de las EMAs.

TABLA 1 / TABLE 1

Latitud (°), longitud (°) y altura (m.s.n.m.) de las estaciones meteorológicas automáticas del INTA. / *Latitude (°), longitude (°) and height (m.a.s.l.) of INTA's automatic weather stations.*

Localidad	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura (m)
Rafaela, Santa Fe	-31,20	-61,50	99,8
Concepción del Uruguay, Entre Ríos	-32,49	-58,35	17,0
Marcos Juárez, Córdoba	-32,72	-62,11	110,0
Trenque Lauquen, Buenos Aires	-35,97	-62,77	57,0

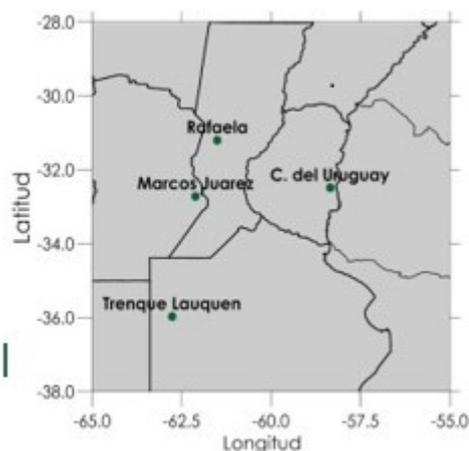


FIGURA 1 / FIGURE 1

Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas automáticas del INTA. / *Geographical location of INTA's automatic weather stations.*

Las EMAs registran las variables meteorológicas por minuto, y cada 10 minutos informan el promedio de ese período, generando una serie de datos con 144 observaciones por día. De la misma manera, las EMAs promedian todas las observaciones horarias (144 datos) generando series de datos a nivel diario.

En este trabajo se emplearon los datos a nivel horario y diario para analizar el comportamiento del ITH en las localidades antes mencionadas.

Para el presente trabajo se consideraron dos periodos: para el análisis con datos horarios se utilizó el período comprendido entre el 1/11/2012 y el 29/02/2016 y para el análisis con datos diarios se consideró un periodo más reciente desde el 1/07/2014 al 30/06/2020. La selección de estos periodos estuvo condicionada al acceso a los datos horarios de las EMAs, en particular obtener los datos horarios para el periodo más actual presentó una dificultad informática y por ello se consideraron solamente a escala diaria.

A continuación, se describen los análisis realizados según la estructura temporal de datos.

Análisis de datos horarios de temperatura y humedad

- Período analizado: 1/11/2012 al 29/02/2016
- Días totales: 1.216
- Datos totales: 175.104 observaciones por variable meteorológica (1.216 días x 144 obs diarias)

Los sensores de una EMA obtienen un valor de temperatura y humedad por minuto, de manera tal que cada 10 minutos, registran el valor máximo y mínimo de temperatura de ese intervalo y el valor promedio de

humedad relativa. De ese modo, cada EMA posee 6 registros de temperatura máxima y mínima por hora, lo que potencialmente lleva a un total de 144 registros diarios.

Para asegurar un buen seguimiento del ITH se exigió que cada día tuviera por lo menos 136 registros, de esta manera los días que no cumplieron la condición fueron descartados. Para los días que superaron esta exigencia, se realizó un control de calidad de los datos con el fin de detectar valores anómalos, tanto de temperatura como de humedad del aire. De esta manera, se conformó una base de datos integrada por el 97% de los datos potenciales.

Los datos de temperatura media y humedad relativa media asociado al mismo período de tiempo se utilizaron para estimar el ITH siguiendo la fórmula propuesta por Thom E. C. (1959) y utilizada por Valtorta y Gallardo (2011):

$$ITH = (1,8 * Tme + 32) - (0,55 - 0,55 * HR) * (1,8 * Tme - 26) \quad \text{[Ecuación 1]}$$

donde TMe es la temperatura media (°C) y HR es la humedad relativa expresada en base decimal en el intervalo de tiempo analizado.

Los valores de ITH asociados a los lapsos de diez minutos ($t =$ tiempo) fueron empleados para estimar un valor de ITH medio de cada hora del día, un ITH medio de todo el día, el valor máximo diario y las medias mensuales, como se indica a continuación:

$$ITH \text{ medio horario } (ITH_{med_h}) = \frac{\sum_{t=1}^6 ITH_t / 6}{\sum_{t=1}^6 ITH_t / 6} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

Se estima como el promedio de los valores de ITH contenidos en un período de una hora. Situación óptima = 6 valores de ITH por hora.

$$ITH \text{ medio diario } (ITH_{med_d}) = \frac{\sum_{t=1}^n ITH_t / n}{\sum_{t=1}^n ITH_t / n} \quad \text{[Ecuación 3]}$$

Se estima como el promedio de los valores de ITH registrados en un día. Situación óptima = 144 valores de ITH por día.

$$ITH \text{ máximo diario } (ITH_{max_d}) = \max ITH_t \quad \text{[Ecuación 4]}$$

Es el valor máximo de ITH registrado en día. Situación óptima = máximo de 144 valores de ITH.

$$ITH \text{ media mensual } (ITH_{med_pm}) = \frac{\sum_{d=1}^n ITH_{med_d} / n}{\sum_{d=1}^n ITH_{med_d} / n} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Se estima como el promedio de los valores de ITH diario contenidos en el mes “x” de todos los años analizados. Situación óptima = 144 valores de ITH por día x 30/31 días del mes x n° años analizados

$$\text{ITH máximo mensual (ITH}_{\text{max_pm}}) = \frac{\sum_{d=1}^n \text{ITH}_{\text{max_d}}/n}{\sum_{d=1}^n \text{ITH}_{\text{max_d}}/n} \quad [\text{Ecuación 6}]$$

Se estima como el promedio de los valores máximos ITH diarios contenidos en el mes “x” de todos los años analizados. Situación óptima = 30/31 valores máximos de ITH x n° años analizados

$$\text{ITH máximo mensual (ITH}_{\text{max_pm}}) = \frac{\sum_{d=1}^n \text{ITH}_{\text{max_d}}/n}{\sum_{d=1}^n \text{ITH}_{\text{max_d}}/n} \quad [\text{Ecuación 7}]$$

Es el máximo valor de ITH registrado sobre el total de registros horarios disponibles en un mismo mes y para todos los años analizados.

Análisis de datos diarios de temperatura y humedad

- Período analizado: 1/07/2014 al 30/06/2020
- Días totales: 2.192
- Datos totales: 2.192 observaciones por variable meteorológica (2.192 días x 1 obs diarias)

En este caso, el ITH se estimó considerando el promedio diario de temperatura media y humedad relativa media; también siguiendo la Ecuación 1. Es decir, mientras que en el análisis anterior se disponía de 144 valores de ITH por día, en este caso sólo se dispone de 1 valor de ITH por día que resulta del comportamiento promedio diario de la temperatura y la humedad.

A partir de esta estructura de datos, la situación óptima es trabajar con 365 valores de ITH por año, condición que se logró parcialmente en las EMAs analizadas (Tabla 2). La mayor cantidad de datos faltantes fue en Marcos Juárez en el año 2020, pero generalmente en los meses de otoño, invierno y primavera que no son críticos desde el punto de vista del estrés calórico bovino. Finalmente, se realizó una descripción de los eventos de olas de calor (OC), considerando el umbral de ITH igual 72 como inicio de estrés calórico, según lo indica su definición.

TABLA 2 / TABLE 2
Cantidad de datos anuales de ITH por estación meteorológica. /
Amount of annual ITH data per weather station.

Localidad	2016	2017	2018	2019	2020
Rafaela, Santa Fe (R)	355	363	365	364	366
Concepción del Uruguay, Entre Ríos (CU)	350	355	365	362	355
Marcos Juárez, Córdoba (MJ)	366	365	365	365	255
Trenque Lauquen, Buenos Aires (TL)	366	363	358	365	366

RESULTADOS

El análisis a nivel diario mostró que durante el periodo:2014-2020, en la localidad de Rafaela los días con $ITH \geq 72$ se registran, en promedio, a partir del mes de agosto extendiéndose hasta el mes de junio (figura 2). En particular, en agosto el promedio es de un evento en el mes, pero cabe destacar que en este mes pueden presentarse situación que conlleven a disconfort como lo ocurrido en el año 2014 con 4 días con condiciones desfavorables.

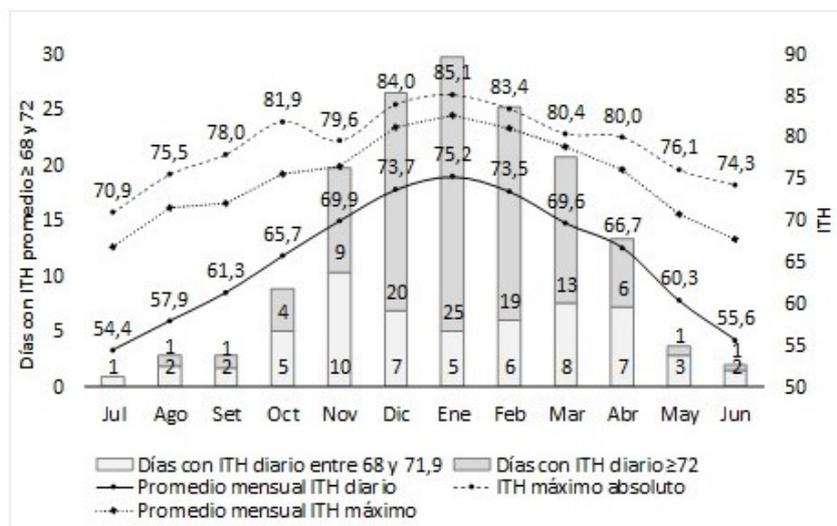


FIGURA 2 / FIGURE 2

Evolución mensual de los valores del índice de temperatura y humedad (ITH) en Rafaela. Valor máximo diario (línea llena), ITH horario máximo absoluto (línea punteada superior), ITH medio (línea punteada inferior) y cantidad promedio de días con ITH entre 68 y 71,9 e $ITH \geq 72$ (barras). / *Monthly evolution of the values of the temperature and humidity index (ITH) in Rafaela. Daily maximum value (solid line), absolute maximum hourly ITH (upper dotted line), mean ITH (lower dotted line), and average number of days with ITH between 68 and 71.9 and $ITH \geq 72$ (bars).*

La mayor cantidad de días con ITH superior a 72 tiene lugar en el período estival lo cual es acorde a las condiciones climáticas de la época y se extienden desde diciembre y hasta marzo inclusive, registrándose en promedio un total de 77 días. Si se considera todo el año, en promedio, el ganado de media productividad en Rafaela está expuesto a 100 días con $ITH \geq 72$.

La exposición a estrés calórico se incrementa en el caso de vacas de alta producción, las cuales comenzarían a registrar problemas a partir de un $ITH \geq 68$. En estos casos, todos los meses, exceptuando julio, registran al menos dos episodios de ITH superior a ese umbral. Más de 21 días con ITH superior a 68 se observan entre diciembre y marzo y en total se contabilizan 158 días al año, en promedio.

En cuanto a los valores de ITH, el mes más crítico corresponde a enero, que tienen una media diaria de ITH de 75,2 y un máximo absoluto de 85,1, registrado el 2 de enero de 2019.

Cuando el análisis se centra en la proporción de horas del día según el valor de ITH (figura 3), en enero el ganado estaría expuesto a valores de ITH iguales o superior a 78 durante al menos 8 horas, es decir, el 33% de las horas del día. Según la marcha horaria (figura 4), estos valores de ITH se registran entre las 12 hs y hasta las 19 hs, aproximadamente. Si consideramos como umbral el valor 68, el ganado de alta producción se encuentra expuesto a más de 10 horas con valores superiores a este umbral entre noviembre y abril, presentándose en enero 21 horas en promedio.

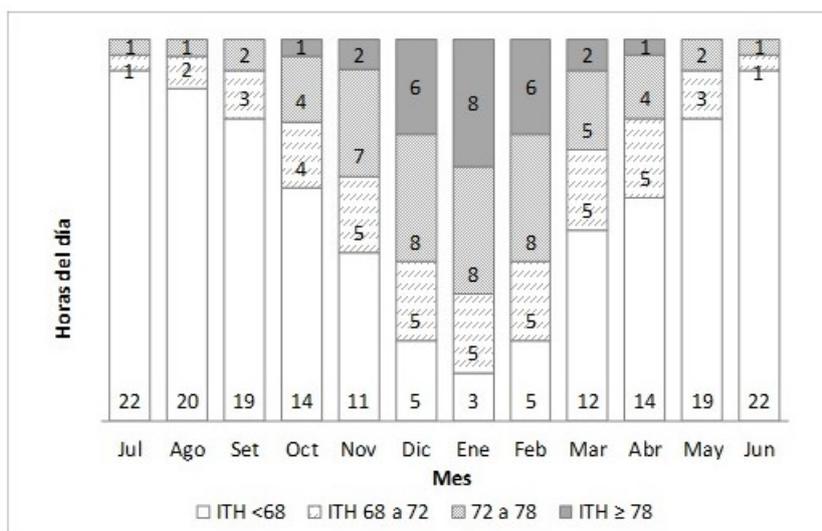


FIGURA 3 / FIGURE 3

Cantidad mensual promedio de horas del día con diferentes umbrales de ITH en Rafaela. / Average monthly number of hours of the day with different ITH thresholds in Rafaela.

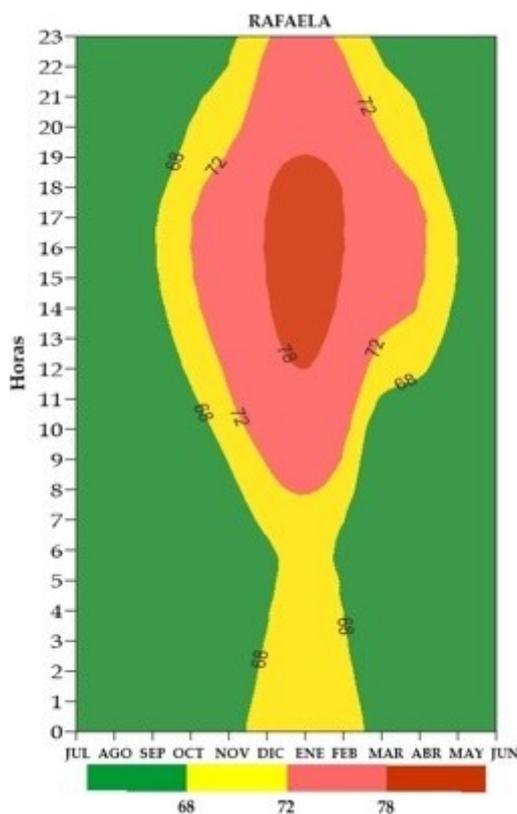


FIGURA 4 / FIGURE 4

Marcha horaria promedio de los valores de ITH para los meses entre julio y junio en Rafaela. / Average hourly march of the ITH values for the months between July and June in Rafaela.

En la localidad de *Concepción del Uruguay* se registraron en promedio 82 días con $ITH \geq 72$, respecto a los 71 días ocurridos en *Marcos Juárez* (figura 5). En ambas localidades el rango horario con valores de ITH

asociados a la categoría Peligro-Emergencia estuvo entre las 12:00 y 18:00hs aproximadamente (figura 6). También resultó similar entre localidades el periodo temporal, tanto en meses como en horas, dentro del cual se detectaron valores de ITH superiores a los 68, con 18 horas en promedio entre diciembre y febrero (figura 7).

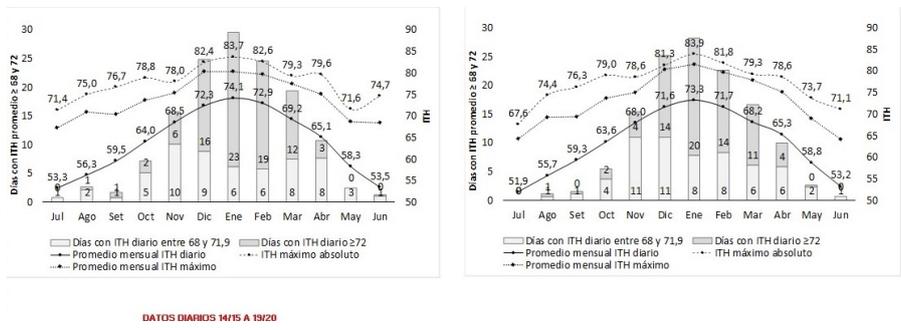


FIGURA 5 / FIGURE 5

Evolución mensual de los valores de ITH en Concepción del Uruguay (izquierda) y Marcos Juárez (derecha). Valor máximo diario (línea llena), ITH horario máximo absoluto (línea punteada superior), ITH medio (línea punteada inferior) y cantidad promedio de días con ITH entre 68 y 71,9 e ITH ≥ 72 (barras). / Monthly evolution of ITH values in Concepción del Uruguay (left) and Marcos Juárez (right). Daily maximum value (solid line), absolute maximum hourly ITH (upper dotted line), mean ITH (lower dotted line), and average number of days with ITH between 68 and 71.9 and ITH ≥ 72 (bars).

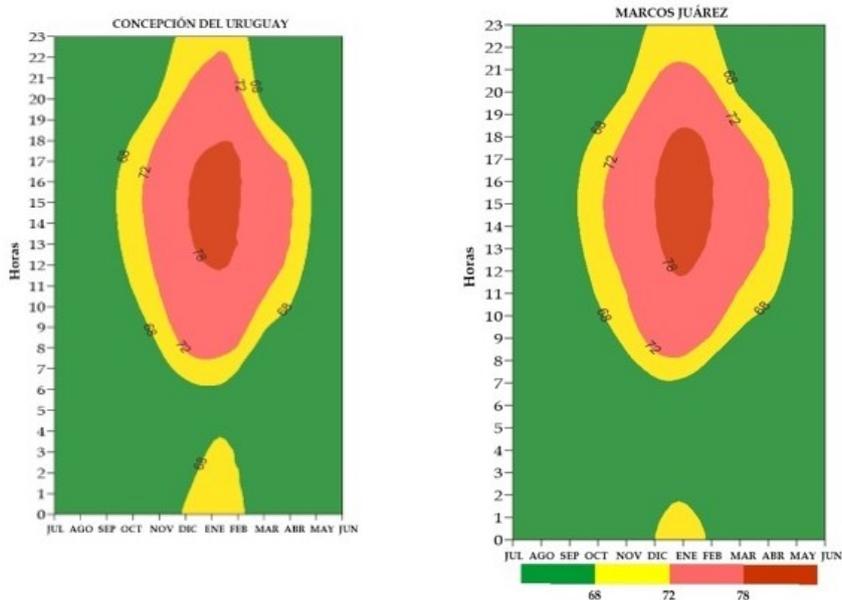


FIGURA 6 / FIGURE 6

Marcha horaria promedio de los valores de ITH para los meses entre julio y junio en Concepción del Uruguay (izquierda) y Marcos Juárez (derecha). / Average hourly march of the ITH values for the months between July and June in Concepción del Uruguay (left) and Marcos Juárez (right).

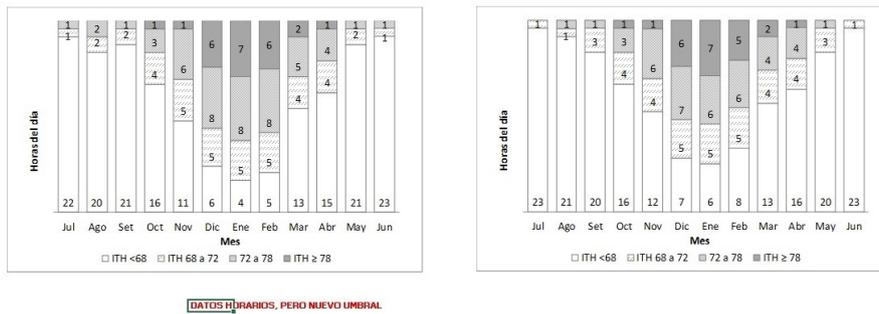


FIGURA 7 / FIGURE 7
 Cantidad mensual promedio de horas del día con diferentes umbrales de ITH en Concepción del Uruguay (izquierda) y Marcos Juárez (derecha). / *Average monthly number of hours of the day with different ITH thresholds in Concepción del Uruguay (left) and Marcos Juárez (right).*

La localidad de *Trenque Lauquen* fue el sitio que mostró, en promedio, condiciones más confortables para el ganado lechero a lo largo de las campañas de seguimiento, con sólo 50 días al año de ITH ≥ 72 (figura 8). Al igual que las restantes localidades, los meses que resultan más estresantes, y por lo tanto con mayor probabilidad de encontrar valores de ITH ≥ 72 , son los meses estivales de diciembre a febrero disminuyendo a menos de la mitad la ocurrencia de dichos valores en los meses de noviembre y marzo (figura 9). En general, estos eventos se registran entre las 9:00 y las 20:00hs (figura 10). En el caso de las condiciones predisponentes para ganado de alta producción, los meses entre diciembre y febrero, presentan entre 20 y 25 días bajo estas condiciones con un total anual promedio de 98 días. Durante los meses estivales se observa, en promedio, entre 14 y 17 horas con ITH superiores o iguales a 68.

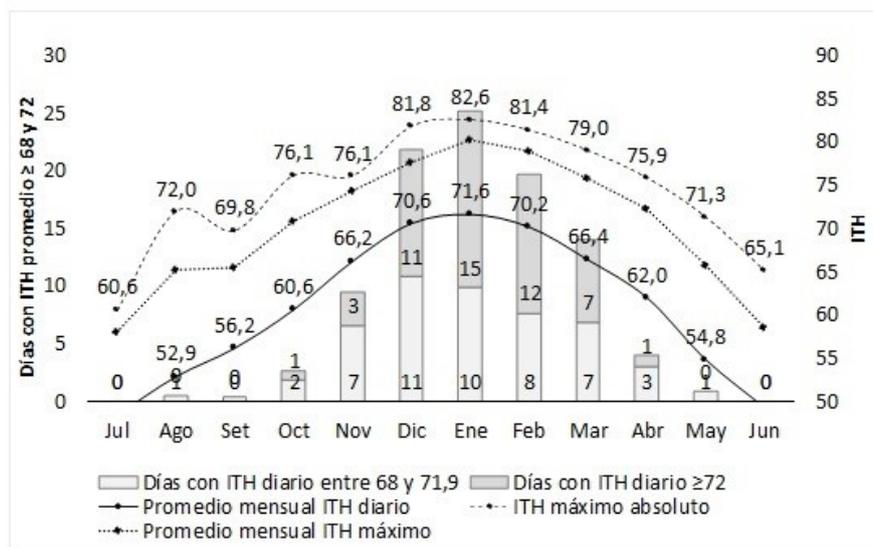


FIGURA 8 / FIGURE 8
 Evolución mensual de los valores de ITH en Trenque Lauquen. Valor máximo diario (línea llena), ITH horario máximo absoluto (línea punteada superior), ITH medio (línea punteada inferior) y cantidad promedio de días con ITH entre 68 y 71,9 e ITH ≥ 72 (barras). / *Monthly evolution of ITH values in Trenque Lauquen. Daily maximum value (solid line), absolute maximum hourly ITH (upper dotted line), mean ITH (lower dotted line), and average number of days with ITH between 68 and 71.9 and ITH ≥ 72 (bars).*

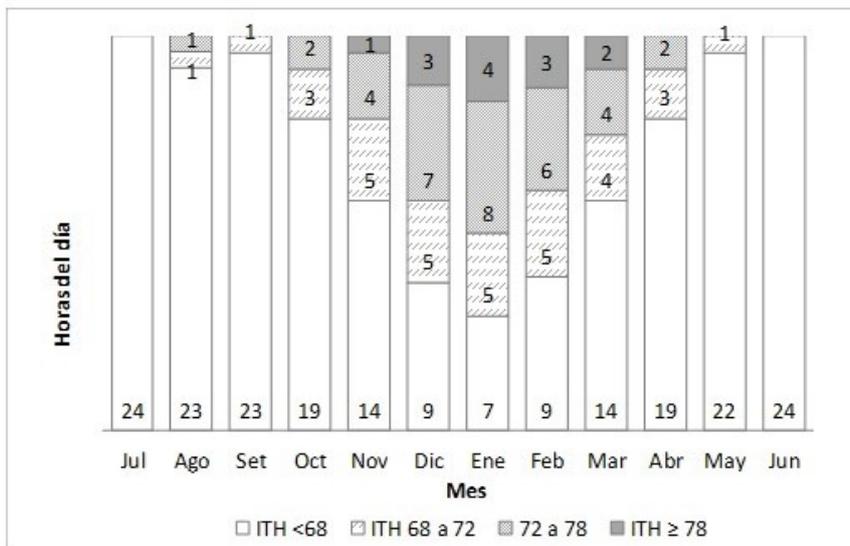


FIGURA 9 / FIGURE 9

Cantidad mensual promedio de horas del día con diferentes umbrales de ITH en Trenque Lauquen. / Average monthly number of hours of the day with different ITH thresholds in Trenque Lauquen

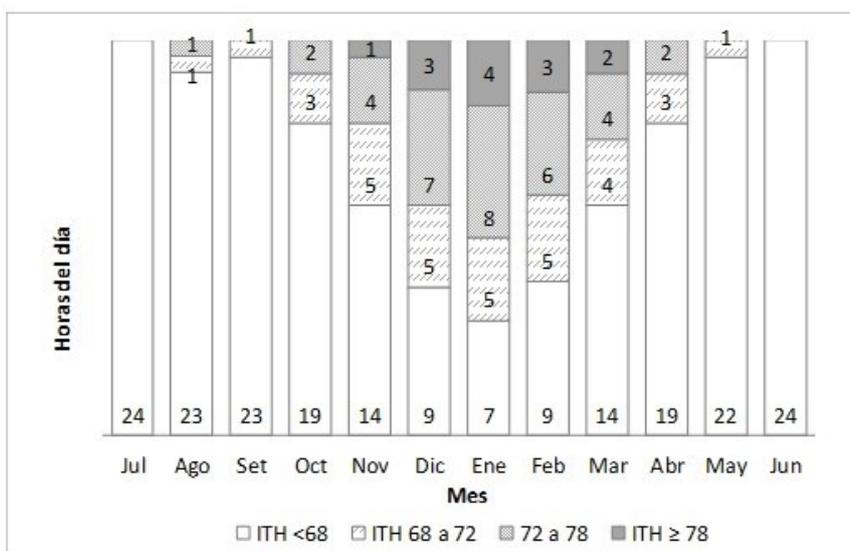


FIGURA 10 / FIGURE 10

Marcha horaria promedio de los valores de ITH para los meses entre julio y junio en Trenque Lauquen. / Average hourly march of ITH values for the months between July and June in Trenque Lauquen.

El régimen promedio de las OC registrado en los últimos 6 años se presenta en la tabla 3. Rafaela lidera el ranking en cuanto a cantidad y duración promedio de OC, como así también en la longitud de ventana de tiempo desde la aparición de la primera y la última OC, que se extiende desde el mes de octubre hasta abril. Por el contrario, Trenque Lauquen presenta la menor cantidad de días con OC alcanzando un valor promedio de 6 días al año con una ventana de tiempo de ocurrencia de las OC se centra entre diciembre y marzo.

TABLA 3 / TABLE 3

Olas de calor por localidad. Cantidad, duración y fechas promedio de inicio y fin de los eventos durante el período 1/01/2016 al 31/12/2020. / *Heat waves by location. Number, duration and average start and end dates of the events during the period 01/01/2016 to 12/31/2020.*

Olas de calor (OC)	RAF	CU	MJ	TL
Años analizados	6	6	6	6
Cantidad OC	12,7	10,8	10,7	6,0
Duración media OC (días)	6,8	6,6	5,3	6,0
Duración máxima OC (días)	24	19	15	12
ITH medio de la OC	75,9	75,5	75,5	75,2
Fecha media de comienzo primera OC	26-oct	15-nov	4-nov	7-dic
Fecha media de comienzo última OC	7-abr	2-abr	4-abr	4-mar

En Rafaela alrededor del 86% de los eventos diarios con $ITH \geq 72$ se registran dentro de una OC, mientras que en Trenque Lauquen este porcentaje cae al 70%; lo que implica que el 30% de los días con $ITH \geq 72$ se dan de manera aislada y no consecutiva.

En cuanto a la duración máxima de una OC, en Trenque Lauquen es de 12 días promedio y particular se registraron en 3 campañas con longitudes máximas como ser: del 2 al 13 marzo 2015; del 25 diciembre 2015 al 5 de enero 2016 y del 21 de enero al 1 febrero 2019. En el caso de Rafaela, la duración máxima de una OC fue de 24 días y en dos oportunidades se registró dentro de la misma campaña estival, separadas por dos días con $ITH < 72$: i) entre 8 al 31 enero 2016 y ii) desde el 3 al 26 febrero 2016.

Valtorta *et al.* (2008), realizaron un estudio similar para localidades de la provincia de Santa Fe considerando para su análisis los datos diarios de temperatura y humedad (1974-2004) y a diferencia del presente trabajo, los datos fueron calculados a partir de las 3 observaciones diarias realizadas según la metodología de medición considerada en las estaciones agrometeorológicas. En dicho trabajo mencionan que las OC en Rafaela tienen una duración promedio de 4,1 días, valor inferior al encontrado en este estudio (12,7). Consideramos que la diferencia podría deberse a dos aspectos, por un lado, al periodo analizado en cada caso lo cual requeriría un análisis climático local incluyendo la variabilidad climática de los valores de ITH para detectar cambios o tendencias a largo plazo que podrían explicar el aumento en el valor promedio de OC, en especial asociados a posibles aumentos en la temperatura media diaria. Por el otro lado, la diferencia podría estar asociada a los datos de base que se utilizaron para el cálculo de índice, siendo datos procedentes de estaciones meteorológicas convencionales en el primer caso y datos de estaciones meteorológicas automáticas con menor resolución temporal en las mediciones. Precisamente, la diferente estructura de los datos analizados imposibilita realizar un análisis estadístico que permita inferir cambio en el régimen de OC, en este en caso para la localidad de Rafaela.

En cuanto a la fecha media de inicio y fin de las OC, los resultados de este trabajo se ubican dentro del rango de variabilidad obtenido en Valtorta *et al.* (2008).

CONCLUSIONES

En este trabajo se caracterizó el comportamiento diario y horario del índice de temperatura y humedad (ITH) en cuatro localidades de la región pampeana, indicador que se utiliza para detectar condiciones ambientales que resultan estresantes para el ganado bovino.

Trenque Lauquen resultó la localidad con condiciones de temperatura y humedad más propicias y menos estresantes para el ganado lechero tanto de media como de alta producción. Su contracara fue *Rafaela*, cuya exposición al riesgo de estrés calórico fue alta, especialmente entre diciembre y febrero.

La información generada se considera de utilidad para orientar la toma de decisiones referida a la implementación de estrategias de mitigación de este riesgo climático. En este sentido, la marcha horaria permitiría establecer horarios óptimos de pastoreo, de ordeño, de tareas sanitarias (vacunaciones) y establecer programas de servicios estacionados, entre los principales. Por su parte, la cantidad de días al año en los cuales el ganado está sometido a estrés puede usarse como parámetro para estimar la conveniencia económica de inversiones (sombra, ventilación, aspersión), contrastando las pérdidas productivas y económicas que ocasiona cada evento de calor respecto al monto de la inversión bajo análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso J, Seguro R, Garnero O, Bertero J, Bertoli J, Leva P y Valtorta S. 2001. Meteorological Effects on Reproduction of Grazing Dairy Cows. En: RR Stowell, R.Bucklin y RW Bottcher (Eds.) Livestock Environment VI, ASAE, St. Joseph MI, USA, 426-431
- Armstrong D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77, 2044-2049.
- Cuatrin A, Gastaldi L, Ghiano J, Galetto A, Taverna M y Walter E. 2014. Medidas de adaptación al estrés calórico adoptadas en sistemas lecheros de la Cuenca Lechera Central. Comunicación. *Revista Argentina de Producción Animal* 1 (34), 213-290.
- Gastaldi L, Cuatrin A, Ghiano J, Taverna M, Walter E y Galetto A. 2014 (a). Respuesta funcional de la producción de leche a las condiciones diarias de temperatura y humedad. *Revista Argentina de Producción Animal*, 1 (34).
- Gastaldi L, Cuatrin A, Ghiano J, Taverna M., Walter E y Galetto A. 2014 (b). Eventos de calor y respuesta productiva en sistemas lecheros de la región pampeana. *Revista Argentina de Producción Animal* (34).
- Gastaldi L, Ghiano J, Dominguez J, Ferreira M, Garcia K, Massoni F, Sosa N, Walter E y Taverna M. 2011. Retorno económico de una inversión en estructuras de sombra para ganado lechero. *Revista Argentina de Producción Animal* 1 (31).
- Ghiano J, Taverna, M, Walter E, Cuatrin A, Gastaldi L, Leva P, Toneatti D, Rodriguez G, Del Bel L, Olocco C y Oliva M. 2012. Alternativas para mejorar el confort térmico de animales en corrales. *Revista Argentina de Producción Animal* 1 (32).
- LCI. 1970. Patterns of transit losses. Livestock Conservation, Inc. Omaha, NE.
- Leva P, Valtorta S y Fornasero L. 1997. Milk production declines during summer in Argentina: present situation and expected effects of global warming. Proceedings of the 14th International Congress of Biometeorology, Ljubljana, Eslovenia, 1-8 september 1996. 2 (2), p. 395-401.
- Thom E.C. 1959. The Discomfort Index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- Lendez P, Nieto Farias M, Martinez Cuesta L, Vater A, Ghezzi M, Mota-Rojas D, Dolcini G y Ceriani M. 2020. Estrés por calor: su efecto sobre el estado inmunológico de las vacas lecheras. *Rev. med. vet. (En línea)* 2020, 101(3): 7 – 13. ISSN 1852-771X
- Valtorta S, Leva P, Gallardo M, Fornasero L, Veles M y García M. 1997. Producción de leche: Respuestas a la alta temperatura. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, Maracaibo. Venezuela. 11 (5), pp. 309-401.
- Valtorta S, Leva P, Garcia M y Rodriguez R. 2008. Regimen agroclimático de olas de calor en la provincia de Santa Fe, Argentina. *Revista FAVE – sección Cs. Agrarias.* 7 (1-2), pp. 131-136.

- Valtorta, S.E.; Gallardo, M. R. y Leva P. E. 2004. Olas de calor: impacto sobre la producción lechera en la cuenca central argentina. Reunión Argentina, (10a.) Latinoamericana de Agrometeorología (4a.), Mar del Plata, Argentina, 13-15 octubre. Memorias en disco compacto. Mar del Plata, Asociación Argentina de Agrometeorología. En CD.
- Valtorta S y Gallardo M. 2011. Producción y bienestar animal: estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. Hemisferio Sur. Buenos Aires AR, Argentina, 125p.
- Vicentini G, Valtorta S, Ostrowski J, Weidmann P y Leva P. 1991. Eficiencia reproductiva de vacas de producción mayor a 4000 kg de leche en la cuenca central de Santa Fe. II: Factores ambientales que afectan la tasa de concepción en tambos comerciales con asistencia veterinaria y control nutricional. Rev. Arg. Prod. Anim. 11, 319-325.