

Respuestas conductuales de vacas lecheras de alta producción durante el período cálido en un sistema automatizado



Behavioral responses of high-producing dairy cows during the warm period in an automated system

Toffoli, Guillermo Daniel; Costamagna, Dianela Anahí; Mendez, Lautaro; Leva, Perla Ester

Guillermo Daniel Toffoli

gtoffoli@fca.unl.edu.ar

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Dianela Anahí Costamagna

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Lautaro Mendez

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Perla Ester Leva

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Litoral, Argentina

Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Litoral, Argentina

ISSN: 2346-9129

ISSN-e: 2346-9129

Periodicidad: Semestral

vol. 21, núm. 2, 12322, 2022

revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 30 Marzo 2022

Aprobación: 01 Septiembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863684008/>

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.v21i2.12322>



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

Resumen: Durante los meses estivales (enero y febrero), en el tambo automatizado pastoril con sistema de refrigeración del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Rafaela, se llevó a cabo un estudio observacional con el objetivo registrar las conductas termorreguladoras en vacas lecheras de alta producción. Se seleccionaron 20 vacas multíparas para realizar el seguimiento de las conductas de echados, parados, rumia y locomoción. *In situ* se registró la temperatura y la humedad para estimar el índice de temperatura y humedad. Con este índice se caracterizaron los días en severos y cálidos. Los resultados se analizaron estadísticamente con la prueba Chi-cuadrado. Se puede inferir que, a pesar de que el sistema cuenta con modificaciones ambientales (ventilación, aspersión y/o combinación), sólo el 31 y 49 % de las vacas destinaron tiempo a las conductas rumiando y echado rumiando.

Palabras clave: Tambo robot, Semi-estabulado, Cuenca lechera santafesina..

Abstract: *During the summer months (January and February), in the automated dairy farm with a refrigeration system of the National Institute of Agricultural Technology (INTA) Rafaela, an observational study was carried out with the objective of registering thermoregulatory behaviors in high production dairy cows. . Twenty multiparous cows were selected to monitor lying, standing, rumination and locomotion behaviors. In situ temperature and humidity were recorded to estimate the temperature and humidity index. With this index, the days were characterized as severe and warm. The results were statistically analyzed with the Chi-square test. It can be inferred that, despite the fact that the system has environmental modifications (ventilation, spray and/or combination), only 31 and 49 % of the cows spent time ruminating and lying down ruminating.*

Keywords: robot dairy farm, semi-stabled, Santa Fe dairy basin.

INTRODUCCIÓN

La alta productividad de las vacas lecheras contribuye a la producción de grandes cantidades de calor metabólico que debe ser disipado al ambiente. Con el objetivo de enfriar sus cuerpos, las vacas aumentan su frecuencia respiratoria y consumen menos alimento durante la estación cálida, que, a su vez, provoca una disminución en la producción de leche (West, 2003; Tousova et al., 2017). Sin embargo, en presencia de condiciones ambientales de altas temperaturas y elevada humedad relativa, la disipación de calor se ve dificultada y la temperatura corporal del animal aumenta evidenciando una termorregulación deficiente, sufriendo estrés por calor (Rhoads et al., 1992; Allen et al., 2015). En condiciones ambientales no confortables, se producen cambios metabólicos, hormonales, fisiológicos y conductuales que dan lugar a una disminución de la productividad (Herbut & Angrecka, 2014; Horky, 2014; Herbut et al., 2015). Uno de los comportamientos que son indicadores del estado fisiológico y de salud de las vacas es la actividad de locomoción y el tiempo destinado a los eventos de acostado, parado y de rumia (Tolkamp et al., 2010; Radon et al., 2014; Angrecka & Herbut, 2017). Las vacas pasan entre 40 % al 60 % por día en la posición echada (E) (Tucker et al., 2003; Endres y Barberg, 2007; Brzozowska et al., 2014) y es muy significativo para la salud que estén cómodas en esta condición. Esto último, ayuda a evitar enfermedades de casco, cojera, aumenta el consumo de alimento y la actividad de rumia (Grant, 2006; Kominkova et al., 2015; Horky et al., 2017). En los establecimientos lecheros comerciales, el tiempo de E puede ser utilizado como una medida del bienestar de la vaca (Vasseur et al., 2012) y es destacable señalar que, durante períodos con estrés por calor, se reduce el tiempo de la conducta E (Anderson et al., 2013) y al mismo tiempo se observa una disminución de la actividad de alimentación y de rumia (Kadzere et al., 2002; Bernabucci et al., 2010; Soriani et al., 2013).

Los productores de todo el mundo se enfrentan al problema de estrés por calor en el ganado lechero. La combinación de velocidad del aire, intensidad de la radiación solar, particularmente en zonas sin sombras, además de la elevada temperatura y de la humedad relativa son condiciones que generan disconfort termico en el ganado lechero (Kadzere et al., 2002; West, 2003; Angrecka y Herbut, 2016). Para evaluar estas condiciones no confortables, los científicos han desarrollado índices como, el índice de temperatura equivalente (Baeta et al., 1987) o el índice climático integral (Sejian et al., 2015), entre otros. Pero desde la década del 50, el índice más utilizado es el índice de temperatura y humedad (ITH) de Thom (1959). En una investigación realizada por Cook et al. (2007), se confirmó que, con el aumento del ITH se reduce el tiempo de E en tres horas, conjuntamente con el deterioro de las condiciones microclimáticas, también disminuye la actividad locomotora (Lc) (West, 2003).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el tiempo destinado a las conductas de parado (P), echado (E), rumia (R) y locomoción (Lc) de vacas lecheras, en un sistema automatizado pastoril, durante la estación cálida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el sistema de ordeño automatizado (VMS, por sus siglas en inglés) pastoril con sistema de refrigeración que posee la estación experimental INTA en la localidad de Rafaela localizada a los 61° 29' 12,12" Longitud W y 31° 15' 1,19" Latitud S en el oeste de la provincia de Santa Fe. Esta región se caracteriza por presentar un clima templado con veranos calurosos (Ca) (Clasificación adaptada de Conde, 2000) donde los animales están expuestos a altas temperaturas durante más de tres meses anualmente (Toffoli et al., 2016). Los meses que se realizaron las observaciones (enero y febrero) la temperatura media mensual de los meses más cálidos fue de 24,9 °C y de la humedad relativa fue de 72,2 (Servicio Meteorológico Nacional, Serie 1981-2010).

Animales y manejo

Para este ensayo se seleccionaron 20 vacas Holstein con 120 ± 25 días de lactancia, un peso de 565 ± 71 kg y una producción de leche individual promedio fue de $32,9 \pm 3,6$ L/vaca*día. El VMS está conformado por una sola unidad de ordeño (UO), ubicada por bajo un tinglado, provisto de un software DelPro® DeLaval® que realiza de manera automática todas las tareas ligadas al ordeño.

El corral de espera posee una red de media sombra (80 % de intercepción solar) y un sistema de refrescado con aspersión y ventilación (BCS DeLaval®) que funciona de manera automática cuando el ITH alcanza el valor 68. Para motivar a los animales a concurrir a la UO, en el corral de espera posee bebederos de alta recuperación, un cepillo mecánico y el suministro de alimento. Cuando las vacas salen de la UO acceden al patio de comida, provisto de sombra, ventiladores y aspersores que también funcionan automáticamente cuando el ITH alcanza el valor de 68. El patio de recreación presenta tres sombras móviles (red 80 % de intercepción solar) localizado a continuación de la pista de alimentación, hacia el sur, con orientación N-S y dos veces por semana se pasa un rabasto para mantenerlo limpio. La disponibilidad de sombra por animal fue de 4 m^2 .

Los animales a partir de las 18:00 h tenían acceso a la pastura, donde pasan la noche. Por la mañana retornan a la UO. El suministro de alimento se realizó una vez por día a las 09:00 h cuya composición de la dieta se ajustó a lo sugerido por NRC (2001). La composición de la dieta fue la siguiente: Silaje de maíz (32,0 %), heno de alfalfa (9,0 %), semilla de algodón (6,0 %), grano de maíz partido (4,0 %), pellet de soja (9,0 %); grano de soja (7,0 %) y balanceado (33,0 %) siendo un total de materia seca de $23,19 \text{ Kg MS vaca}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$.

Indicadores ambientales

Los datos de la temperatura del aire (t_m) y de la humedad atmosférica (h_r) se registraron *in situ* con una mini estación meteorológica (Kestrel. 3000) en los días que se realizaron las observaciones de conducta, cada hora desde las 08:00 h de un día hasta las 18:00 h del día siguiente. Con esta información se estimaron los índices de temperatura y humedad (ITH) horario con la ecuación de Thom (1959):

$$\text{ITH} = 1,8 \cdot t_m + 32 - (0,55 - 0,55 \cdot h_r) (1,8 \cdot t_m - 26)$$

Los diferentes valores de ITH horarios permitió determinar el número de horas en que el ITH se mantuvo por encima de 68, umbral limite que separa condiciones de confort y no confort en vacas lecheras de alto rendimiento (Zimbelman et al., 2009).

En las determinaciones de las horas de ITH se utilizó para clasificar a los días de observación en: Severo (S) con más de 12 horas con $\text{ITH} > 68$ y como cálidos (C) con menos de 12 horas con $\text{ITH} > 68$.

Registro de conductas

Para las observaciones de conducta se utilizó la técnica de muestreo focal y de registro por escaneo (Martin y Bateson, 2007) con un intervalo de media hora desde las 08:00 h de un día hasta las 18:00 h del día siguiente y se realizaron una vez por semana durante 6 semanas consecutivas. Las actividad registradas fueron: parado (P: Animal apoyado en el suelo con sus cuatro patas erguidas y sin hacer ningún movimiento), echado (E: Animal que se encuentra con la mayor parte de su cuerpo en contacto con el suelo sin realizar otra acción.), rumia (Animal que realiza movimientos de re-masticación, desplazamiento del maxilar inferior con la boca), distinguiendo la posición echado rumeando (ER) o parado rumeando (PR) y locomoción (Lc: Animal que se encuentra con movimiento de sus miembros para desplazarse, sin realizar otra actividad).

Además, se indicó el sector donde se encontraba la vaca en el momento de realizar los registros de conducta. Los sectores que se consideraron fueron: zonas aledañas al VMS (ALD), patio de comida (PC), patio de recreación (PR), media sombra (SB), callejones (CJ) y pastura (PS).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el análisis de datos categóricos utilizando el test de Chi-cuadrado χ^2 (Mader et al., 2001) para analizar la asociación entre comportamiento y posicionamiento según el recuento y las frecuencias en los 12 días de observación. Los análisis se realizaron utilizando el software InfoStat (2020).

RESULTADOS

Condiciones ambientales

En la Tabla 1 se presentan los valores de ITH que se registraron durante los días en que se realizaron las observaciones. Además, el número de horas diarias de ITH por encima de 68.

TABLA 1 / TABLE 1

Valores diarios de índice de temperatura y humedad (ITH) mínimos, máximos y horas de estrés para los días en que se realizaron las observaciones de conducta. / *Daily values of temperature and humidity index (ITH) minimum, maximum and hours of stress for the days in which the behavior observations were made.*

Fecha	ITH mínimo diario	ITH máximo diario	Horas con ITH>68
13/01	71,8	86,2	15,0
14/01	76,1	87,8	18,0
22/01	70,7	82,3	15,0
23/01	70,3	82,7	15,0
27/01	65,6	78,8	14,0
28/01	59,4	81,1	10,0
03/02	67,4	83,6	16,0
04/02	67,5	87,4	18,0
10/02	58,5	75,2	10,0
11/02	58,8	77,5	10,0
20/02	60,7	73,6	8,0
21/02	57,6	70,8	7,0

Se puede observar en la Tabla 1 que los 4 primeros días de observación (13/01, 14/01, 22/01 y 23/01), los ITH mínimos siempre se mantuvieron por encima de 68 y los ITH máximos por encima de 80. Fueron días de condiciones no confortables (estresantes) para las vacas. Los restantes días el ITH mínimo se registró por debajo de 68, lo que permitió a los animales eliminar la carga excesiva de calor durante período nocturno. Cabe aclarar que los días 28/01, 03/02 y 04/02, durante la fase diurna los ITH fueron superiores a 80.

Los días 13/01 hasta el 27/01 y días 03/02 y 04/02 presentaron un número de horas con ITH > 68 superior a 12 h y fueron clasificados como Severos (S) y el resto de los días de observación que registraron menos de 12 h con ITH > 68 se consideraron como Cálidos (C).

Comportamiento

Este trabajo se centró en el análisis de las conductas que se consideran como indicadores del estado fisiológico y de salud de las vacas que son: el tiempo destinado a los eventos de echado, parado, rumia y locomoción (Tolkamp et al., 2010; Radon et al., 2014; Angrecka y Herbut, 2017).

Comportamiento de las conductas termorreguladoras

Se observó una alta asociación entre las actividades y la condición S/C ($p < 0,0001$). Como se muestra en la Figura 1, las conductas P, E, PR, ER y Lc de las vacas en los períodos S y C alcanzaron los siguientes valores: 43,5 % versus 29,2 %; 19,3 % versus 23,8 %; 22,3 % versus 19,1 %; 12,0 %, versus 25,4 % y 3,0 %; versus 2,5 % respectivamente. Durante el período S las vacas permanecieron 33,0 % más de pie que en el C. También en el período S rumiaron echadas el 51,0 % menos que en el C, pero en el S PR 15,0 % más que en el C.

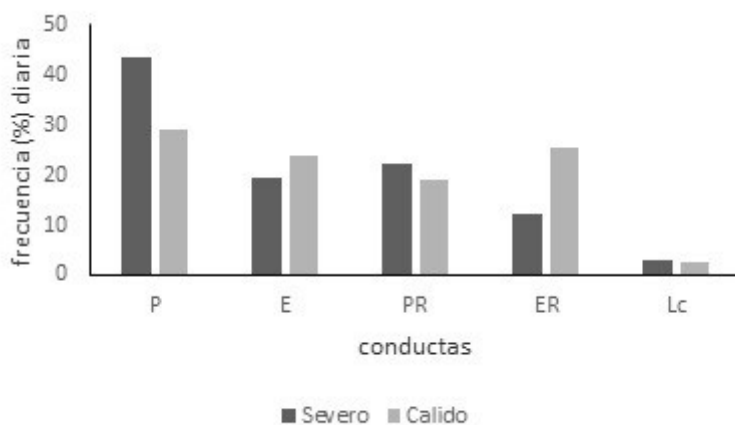


FIGURA 1 / FIGURE 1

Conductas diarias registradas durante el período de observación, discriminadas en Severo y Cálido. /
Daily behaviors recorded during the observation period, discriminated into Severe and Warm.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se muestra el comportamiento horario de las conductas discriminadas en períodos S y C.

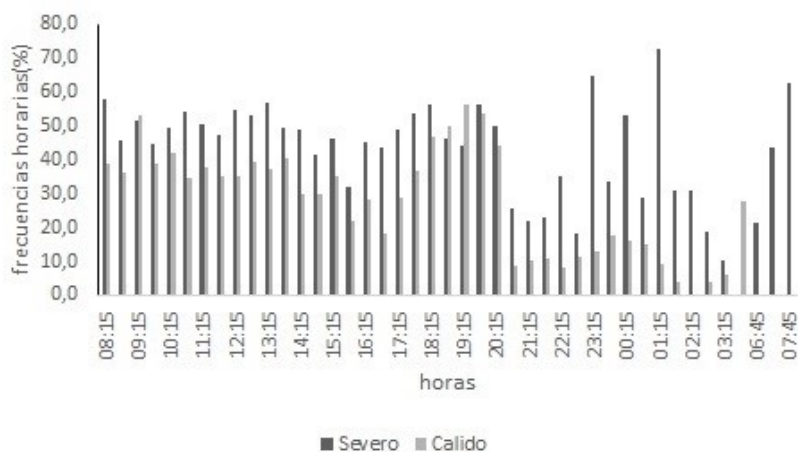


FIGURA 2 / FIGURE 2
 Actividades de parados en los dos periodos Severo y Cálido. /
Unemployed activities in the two Severe and Warm periods.

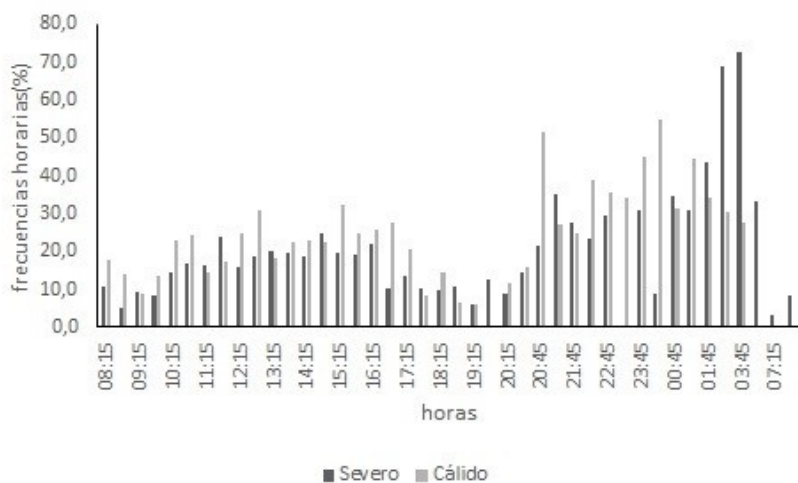


FIGURA 3 / FIGURE 3
 Actividades de echados en los dos periodos Severo y Cálido. /
Casting activities in the two Severe and Warm periods.

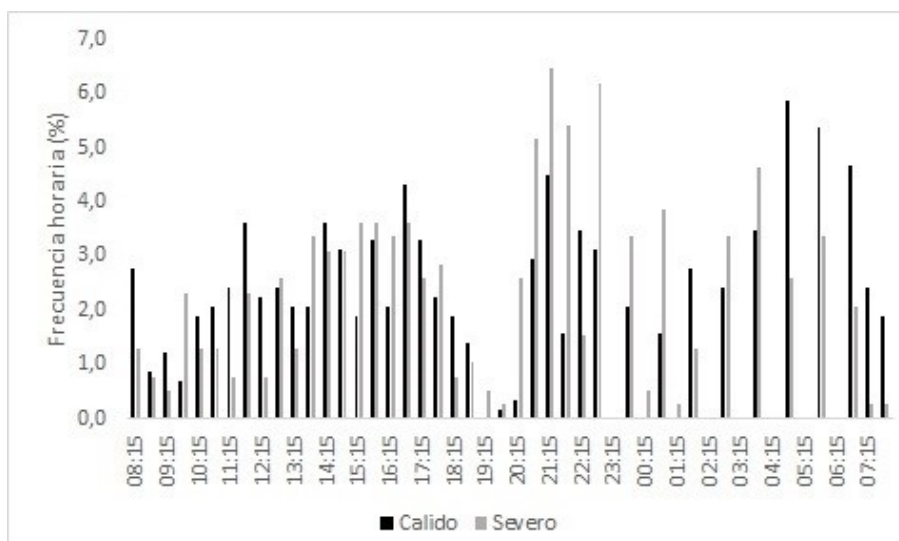


FIGURA 4 / FIGURE 4

Actividades de parado rumiando en los dos periodos Severo y Cálido. / *Unemployed activities ruminating in the two Severe and Warm periods.*

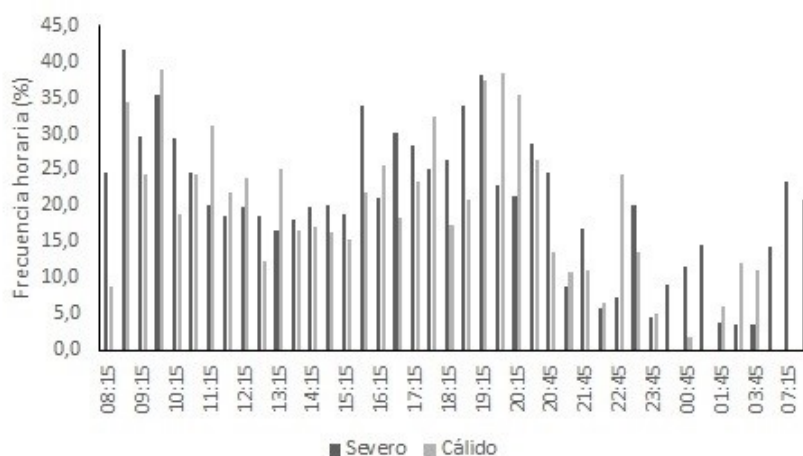


FIGURA 5 / FIGURE 5

Actividades de echados rumiando en los dos periodos Severo y Cálido. / *Activities of lying down ruminating in the two Severe and Warm periods.*

Se puede observar en la Figura 3 y en la Figura 5 que la actividad de E o ER comienza a incrementarse después de las 20:15 h.

La actividad de Lc, en ambos períodos no presentó diferencias. Los horarios donde se observó más Lc fue entre las 06:45 h (11,0 %) y 07:15 h (26,0 %) en el período S, momento en que los animales comenzaron a regresar de la pastura a la unidad de ordeño. En el período C, la conducta Lc presentó un pico a las 07:15 h (9,1 %) este se extendió hasta las 09:15 h (6,1 %) (Figura 6).

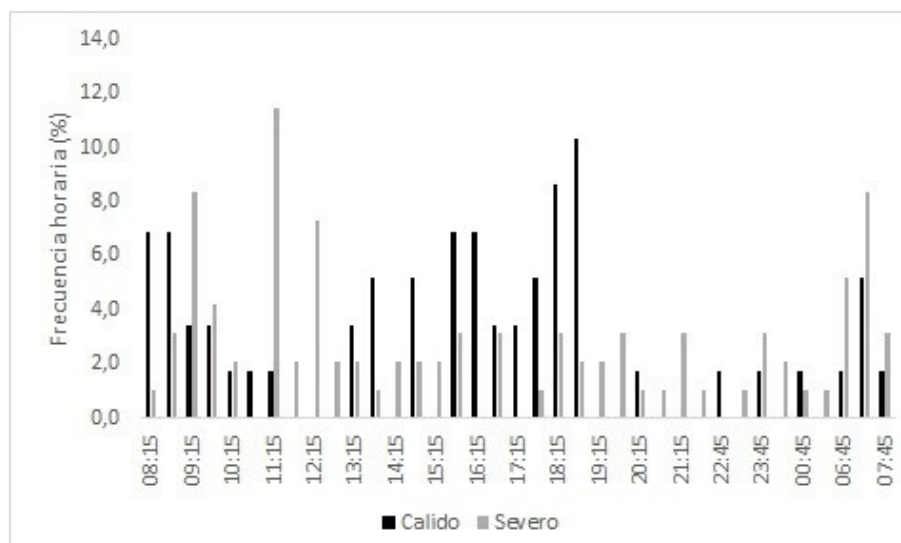


FIGURA 6 / FIGURE 6

Distribución de la conducta locomoción (Lc) horaria en los períodos severo (S) y cálido (C). / *Distribution of hourly locomotion behavior (Lc) in the severe (S) and hot (C) periods.*

Las áreas preferidas por las vacas estuvieron asociadas a las condiciones S y C ($p=0.0001$). En los días no confortables (S) los animales eligieron la red de media sombra (29,4 %) y el corral de espera (24,6 %). En los días confortables (C) las vacas prefirieron el patio recreativo (26,7 %) y la pastura (20,5 %).

Por otro lado, se encontró asociación entre la conducta y el posicionamiento. Prefieren en los días confortables (C) PR en el corral de espera (8 %) y ER en la pastura (9,7 %) y en el patio recreativo (9,8 %). En cambio, en los días no confortables (S) las vacas prefirieron permanecer P (13,5 %) y PR (10 %) en el corral de espera, y en la red de media sombra PR (10,6 %), E (9 %) y ER (5,1 %).

DISCUSIÓN

El entorno térmico que rodea a las vacas lecheras se considera como uno de los factores externos que afectan negativamente su desempeño (Nardone et al., 2010). Durante el verano en la localidad de Rafaela se presentaron días con temperatura del aire por encima de la temperatura crítica superior para vacas lecheras que es de 25 - 26 °C según Berman et al., (1985) acompañadas con altos porcentaje de humedad, lo que genera un ITH por encima del umbral 68 (Zimbelman et al., 2009). Por encima de este umbral crítico las vacas lecheras entran en estrés por calor (Kadzere et al., 2002; Bohmanova et al., 2007). Cabe considerar, que los animales más productivos generan más calor según Purwanto et al., (1990). Estos autores encontraron que las vacas de alta producción (31,6 Kg/día), generan 10,0 % más calor comparadas con las de baja producción (18,5 Kg/día).

En este estudio se emplearon vacas de alta producción y se comparó las conductas termorreguladoras entre días confortables (Cálidos) y no confortables (Severos). En situaciones de estrés por calor se produce una reducción en la rumia (Collier et al., 1982). Las vacas lecheras de alta producción para afrontar el estrés por calor disminuyen la rumia para producir una tasa más baja de calor metabólico (Kadzere et al., 2002). Menos rumia puede ser el mecanismo que permite a las vacas de alta producción reducir el efecto adverso del estrés por calor (Kadzere et al., 2002; Bernabucci et al., 2010; Soriani et al., 2013). En el presente trabajo, se registró una disminución de la rumia durante los períodos severos, además, prefirieron rumiar, en la conducta parado. Esto es para minimizar el contacto con la superficie del suelo, de modo que la distancia entre los vasos sanguíneos y la superficie sea la mayor posible (Kadzere et al., 2002). También, para las vacas estar echadas

con la ubre llena de leche, puede ser incómodo o incluso doloroso ya que hay una presión externa (Österman y Redbo, 2001), además de recibir calor por conducción desde el suelo. Otros autores (Herburt y Angreka, 2018) informaron que las vacas permanecieron más tiempo paradas durante el día, evitando el contacto con el suelo donde se acumula del calor proveniente de la radiación solar (Tapki & Sahin 2006), y comenzaron a echarse durante las horas nocturnas. Los animales en este trabajo, incrementaron la conducta echado tanto en días severos como en cálidos, después de las 20:00 h momento en que se encontraban en la pastura.

El tiempo total de echada de las vacas por día es un factor importante como indicador de comodidad (Norrington, 2008). Las vacas muestran una fuerte necesidad conductual de echarse, por lo tanto, la disminución del tiempo de echado es perjudicial para las mismas (Steensels et al., 2012). La tendencia a disminuir el tiempo de echado se observó en los días severos (12 %) coincidiendo con lo informado por Allen (2015) que estableció una relación inversa entre el ITH y la conducta echada. Esta tendencia a permanecer más de parado, en condiciones de estrés por calor, no es favorable porque perjudica la correcta circulación sanguínea en las ubres (Rulquin y Caudal, 1992) y aumenta el riesgo de cojera (Cook y Nordlund, 2004). Las vacas en los días severos, y en mayor medida en las horas diurnas, prefirieron permanecer en la conducta parada (43,5 %), dado que realizar cualquier actividad física intensificaría la generación de calor metabólica, lo cual aumentaría su disconfort (West 2003; Tapki y Sahin, 2006). Por otro lado, en días severos, la conducta rumiar se observó preferentemente parada y en el corral de espera (13,5 %). En cambio, en días cálidos la actividad rumiar se registró en vacas echadas y en la pastura (9,7 %).

Otro criterio importante de bienestar, son las actividades locomotoras. En condiciones climáticas óptimas la conducta de locomoción depende, entre otros factores, de la etapa de la lactancia que se encuentre, pero en condiciones de estrés calórico se observó una disminución de esta actividad (Broucek et al., 2013). Las vacas lecheras de alta producción tienden a moverse menos para equilibrar su temperatura corporal, dado que el movimiento requiere de trabajo metabólico que produce un incremento de calor metabólico. En este trabajo no se observó diferencias de locomoción entre los días confortables (cálidos) y menos confortables (severos). La frecuencia de la locomoción en este trabajo (3,0 y 2,6 %) fue superior al informado por Tapkeri y Sahin (1,7 %; 2006). La conducta de locomoción se incrementó en los momentos de retorno de la pastura a la unidad de ordeño.

CONCLUSIÓN

En este estudio, del total de animales observados, entre el 31 y 49% de las vacas destinaron tiempo para las actividades que indican confort, echados y echados rumiando. Estos porcentajes son cercanos al valor inferior (40,0 %) informado por varios autores siendo lo deseable el 60,0 %.

Por los resultados alcanzados se puede inferir que las vacas eligen realizar las actividades de rumia en la conducta echados en lugares sombreados y preferentemente en la pastura en la época estival. A pesar de que este establecimiento bajo estudio, ofrece lugares sombreados y refrigerados no es suficiente para lograr el total bienestar en vacas de alta producción durante la época estival.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, J. D., L. W. Hall, R. J. Collier, & J. F. Smith. (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *J. Dairy Sci.* 98(1):118-127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>.
- Anderson, S. D., Bradford, B. J., Harner, J. P., Tucker, C. B., Choi, C. Y., Allen, J. D., Hall, L. W., Rungruang, S., Collier, R. J., & Smith, J. F. (2013). Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. *J Dairy Sci.* 96:4738–4750.

- Angrecka, S., & Herbut, P. (2016). Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. *Ann Anim Sci.* 16:887–896.
- Angrecka, S., Herbut, P. (2017). Eligibility of lying boxes at different THI levels in a freestall barn. *Ann Anim Sci.* 17:257–269.
- Baeta, F. C., Meador, N. F., Shanklin, M. D., & Johnson, H. D. (1987). Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. ASAE Paper 87–4015. St. Joseph (MI): American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Broucek, J., Uhrincat, M., Lendelova, J., Mihina, S., Hanus, A., Tancin, V., & Tongel, P. (2013). Effect of management change on selected welfare parameters of cows. *Anim Sci Pap Rep.* 31:195–203.
- Brzozowska, A., Łukaszewicz, M., Sender, G., Kolasinska, D., & Oprządek, J. (2014). Locomotor activity of dairy cows in relation to season and lactation. *Appl Anim Behav Sci.* 156:6–11.
- Berman, A., Folman, Y. M., Kaim, M., Mamen, Z., Herz, D., Wolfenson, A., & Graber, Y., (1985). Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *J. Dairy Sci.* 68, 488–495.
- Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H., Baumgard, R. P., Rhoads, B., Ronchi, A. & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4(7):1167-1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>.
- Bohmanova, J., Misztal, I., & Cole, J. B. (2007). Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *J. Dairy Sci.* 90(4):1947-1956. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-513>.
- Collier, R. J., Beede, D. K., Thatcher, W. W., Israel, L. A., & Wilcox, C. J., (1982). Influences of environment and its modifications on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65, 2213–2227.
- Conde, J. (2000). Mapa climático Köppen. <https://www.terra.es/personal/jesusconde>. Accessed November 25th 2007.
- Cook, N. B., & Nordlund, K. V. (2004). Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 20:495–520.
- Cook, N., Mentink, R., Bennett, T., & Burgi, K. (2007a). The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90(4):1674-1682. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-634>.
- Endres, M. I., & Barberg, A. E. (2007). Behavior of dairy cows in an alternative bedded-pack housing system. *J Dairy Sci.* 90:4192–4200.
- Grant, R. J. (2006). Incorporating dairy cow behavior into management tools. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop; University Park, PA. p. 31–41
- Horky, P. (2014). Effect of protein concentrate supplement on the qualitative and quantitative parameters of milk from dairy cows in organic farming. *Ann Anim Sci.* 14:341–352.
- Herbut, P., Bieda, W., & Angrecka, S. (2015). Influence of hygrothermal conditions on milk production in a free stall barn during hot weather. *Anim Sci Pap Rep.* 33:49–58.
- Herbut, P. & Angrecka, S. (2018) Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. *ITALIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE*, 2018 VOL. 17, NO. 1, 226–233.
- Herbut, P., & Angrecka, S. (2014). Ammonia concentrations in a free-stall dairy barn. *Ann Anim Sci.* 14:153–166.
- Horky, P., Skladanka, J., Nevřkla, P., Falta, D., Caslavova, I., & Knot, P. (2017). Effect of protein concentrate supplementation on the composition of amino acids in milk from dairy cows in an organic farming system. *Potr.* 11:88–95.
- INFOSTAT versión 2020. Centro. de Transferencia. de InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Arg.
- Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E., (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 77, 59–91.
- Kominkova, M., Horky, P., Cernei, N., Tmejova, K., Ruttkay Nedecky, B., Guran, R., Pohanka, M., Zitka, O., Adam, V., & Kizek R. (2015). Optimization of the glutathione detection by high performance liquid chromatography with electrochemical detection in the brain and liver of rats fed with taurine. *Int J Electrochem Sci.* 10:1716–1727.

- Mader, T. L., Hungerford, L. L., Nienaber, J. A., Buhman, M. J., Davis, M. S., Hahn, G. L., Cerkoney, W. M., & Holt, S. M. (2001). Heat stress mortality in Midwest feedlots. *J Anim Sci* 79 (Suppl. 2), 33.
- Martin, P., Bateson, P. 2007. *La medición del comportamiento*. Alianza Universidad. Versión española de Fernando Colmenares, 3° edición. Ed. Alianza. Madrid - España. Pp:215 <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810893>
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S. & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science* 130, 57–69.
- Norring, M., Manninen, E., de Passille, A.M., Rushen, J., Munksgaard, L., & Saloniemi, H. (2008). Effects of sand and straw bedding on the lying behavior, cleanliness, and hoof and hock injuries of dairy cows. *J Dairy Sci.* 91:570–576.
- NRC (National Research Council). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy of Science Press, Washington, DC.
- O'sterman, S., & Redbo, I., (2001). Effects of milking frequency on lying down and getting up behaviour in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 167–176.
- Purwanto, B. P., Abo, Y., Sakamoto, R., Furumoto, F., & Yamamoto, S., (1990). Diurnal patterns of heat production and HR under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 114, 139–142.
- Radon, J., Bieda, W., Lendelova, J., & Pogran, S. (2014). Computational model of heat exchange between dairy cow and bedding. *Comput Electron Agric.* 107:29–37.
- Rulquin, H., & Caudal, J. P. (1992). Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. *Ann Zootech.* 41:101.
- Sejian, V., Malik, I. H., Soren, P. K., Mech, N. M., Mishra, A., & Ravindra, J. P. (2015). Chapter 3: Strategies for alleviating abiotic stress in livestock. In: Malik PK, Bhatta R, Takahashi J, Kohn RA, Prasad CS, editors. *Livestock production and climate change*. Wallingford: CABI Publishing; p. 25–60.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2022. *Estadísticas Climáticas Normales 1981-2010*. <https://www.smn.gov.ar/>
- Soriani, N., Panella, G. & Calamari, L., (2013). Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science* 96, 5082–5094.
- Steensels, M., Bahr, C., Berckmans, D., Halachmi, I., Antler, A., & Maltz, E. (2012). Lying patterns of high producing healthy dairy cows after calving in commercial herds as affected by age, environmental conditions and production. *Appl Anim Behav Sci.* 136:88–95.
- Tapki, I., & Sahin, A. (2006). Comparison of the thermoregulatory behaviours of low and high producing dairy cows in a hot environment. *Applied Animal Behaviour Science* 99:1-11 12.
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12:57–59. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Toffoli, G. D., Leva, P. E. & García, M. S. (2016). Régimen agroclimático de olas de calor en dos localidades del centro santafesino. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Merlo, San Luis. Argentina.
- Tolkamp, B. J., Haskell, M. J., Langford, F. M., Roberts, D. J., & Morgan, C. A. (2010). Are cows more likely to lie down the longer they stand? *Appl Anim Behav Sci.* 124:1–10.
- Tousova, R., Duchacek, J., Stadnik, L., Ptacek, M., & Pokorna, S. (2017). Influence of temperature-humidity relations during years on milk production and quality. *Acta Univ Agric Silv Mendel Brun.* 65:211–218.
- Tucker, C. B., Weary, D. M., & Fraser, D. (2003). Effects of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *J Dairy Sci.* 86:521–529.
- Vasseur, E., Rushen, J., Haley, D. B., & de Passille, A. M. (2012). Sampling cows to assess lying time for on-farm animal welfare assessment. *J Dairy Sci.* 95:4968–4977.
- West, J. W. (2003). Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 86(6):2131-2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).

Zimbelman, R. B., Rhoads, R. P., Rhoads, M. L., Duff, G. C., Baumgard, L. H. & Collier, R. J. (2009). A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Proceedings of the Southwest Nutrition Conference (ed. RJ Collier). University of Arizona. pp. 158-169.