

Efecto del índice de temperatura-humedad sobre la producción de leche, la frecuencia de ordeño y el comportamiento de vacas en sistemas de ordeño automático pastoriles

Dianela Anahi Costamagna¹   Guillermo Toffoli  
Perla Ester Leva   Lautaro Mendez   Miguel Ángel Taverna²  

Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ciencias Agrarias. R.P. Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

Effect of the temperature-humidity index on milk production, milking frequency, and cow behavior in pasture-based automatic milking

Abstract. Heat stress has a negative impact on the production, behavior, health and welfare of dairy cows. The objective of this work was to determine the effect of the temperature and humidity index during the summer on respiratory rate, milk production, milking frequency and behavior in high production cows managed under daytime automatic milking and cooling systems and access to grazing. night. The trial was carried out from 2016 to 2021, in the summer months, using an annual average of 65 high production Argentine Holando cows. The temperature and humidity index of the day of the measurement and three days prior to it were calculated. The respiratory frequency was determined by counting the movements of the franks of each animal. The temperature and humidity index was associated with milk production (0.18 kg average decrease for each unit increase in temperature and humidity index) during all test days (0,-1,-2 and -3 days). The respiratory frequency suffered an increase of 13.1 movements per minute when the temperature and humidity index was higher than 68. During the day, the % of E cows decreased (13 %) in the opposite direction to the increase in the ITH, while the % of cows P increased (33 %). The opposite occurs at night (27 % and 19 % respectively). This allows us to infer that, during the summer months, despite the cooling strategies present in the automatic pasture-based milking system, individual milk production, milking frequency, and activities related to cow rest were lower. affected by the temperature and humidity index.

Key words: heat stress, meteorological variables, physiological variables

Resumen. El estrés calórico provoca un impacto negativo sobre la producción, el comportamiento, la salud y el bienestar de las vacas lecheras. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del índice de temperatura y humedad durante el verano sobre la frecuencia respiratoria, producción de leche, frecuencia de ordeño y comportamiento en vacas de alta producción manejadas bajo sistemas de ordeño y enfriamiento automático diurno y acceso a pastoreo nocturno. El ensayo se realizó desde 2016 hasta el 2021, en los meses de verano, utilizando un promedio anual de 65 vacas Holando argentino de alta producción. Se calculó el índice de temperatura y humedad del día de la medición y tres días anteriores a la misma. La frecuencia respiratoria fue determinada por conteo de los movimientos de los francos de cada animal. El índice de temperatura y humedad estuvo asociado con la producción de leche (disminución promedio 0,18 kg por cada aumento de unidad de índice de temperatura y humedad) durante todos los días de prueba (0,-1,-2 y -3 días). La frecuencia respiratoria sufrió un incremento de 13,1 movimientos por minutos cuando el índice de temperatura y humedad fue mayor de 68. Durante el día, el % de vacas E disminuyó (13 %) en sentido inverso al aumento del ITH, mientras que el % de vacas P aumentó (33 %). Durante la noche ocurre lo contrario (27 % y 19 % respectivamente). Esto permite inferir que, durante los meses de verano, a pesar de las estrategias de enfriamiento presentes en el sistema de ordeño automático basado en pasturas, la producción de leche individual, la frecuencia de ordeño y actividades relacionadas con el descanso de las vacas se vieron afectadas por el índice de temperatura y humedad.

Palabras claves: estrés calórico, variables meteorológicas, variables fisiológicas

Recibido: 2022-04-27. Revisado: 2022-12-02. Aceptado: 2023-11-21

¹Autor para la correspondencia: costamagna.dianela@inta.gob.ar

²Estación Experimental Agropecuaria Rafaela (INTA). Ruta Nacional N°34-Km 227, Rafaela, Santa Fe, Argentina.

Efeito do índice de temperatura e umidade na produção de leite, na frequência de ordenha e no comportamento da vaca em sistemas de ordenha automática a pasto

Resumo. O estresse calórico tem um impacto negativo na produção, comportamento, saúde e bem-estar das vacas leiteiras. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do índice de temperatura e umidade durante o verão sobre a frequência respiratória, produção de leite, frequência de ordenha e comportamento de vacas de alta produção, manejadas em sistema de ordenha com resfriamento automático diurno e acesso a pasto à noite. O ensaio foi realizado no período entre 2016 a 2021, nos meses de verão, utilizando uma média anual de 65 vacas Holando Argentina de alta produção. O índice de temperatura e umidade do dia foi calculado com informações do dia da medição e dos três dias previos. A frequência respiratória foi determinada pela contagem dos movimentos dos francos de cada animal. O índice de temperatura e umidade foi associado com a produção de leite (diminuição média de 0,18 kg para cada unidade de aumento no índice de temperatura e umidade) durante todos os dias de teste (0,-1,-2 e -3 dias). A frequência respiratória sofreu um aumento de 13,1 movimentos por minuto quando o índice de temperatura e umidade foi superior a 68. Durante o dia, a porcentagem de vacas deitadas diminuiu (13 %) conforme o aumento do ITH, por outro lado, a porcentagem de vacas em estação aumentou (33 %). O inverso ocorreu à noite (27 % e 19 % respectivamente). Isso permite inferir que, durante os meses de verão e apesar da estratégia de redução da temperatura no sistema de ordenha automática a pasto, a produção individual de leite, a frequência de ordenha e as atividades de descanso das vacas foram todas menores, as quais foram afetadas pelo índice de temperatura e umidade.

Palavras-chave: estresse por calor, variáveis meteorológicas, variáveis fisiológicas

Introducción

El estrés calórico provoca un impacto negativo sobre la producción, el comportamiento, la salud y el bienestar de las vacas lecheras (Garner *et al.*, 2017). Para agravar este efecto, la selección de vacas para un potencial genético mejorado para la producción también ha reducido la tolerancia al calor de las vacas lecheras (Sejian *et al.*, 2018). En este sentido, el umbral del índice de temperatura-humedad (ITH) promedio para la reducción de la producción de leche ha sido disminuido de 72 (aproximadamente 25° C al 50 % de humedad relativa; Igono *et al.*, 1992) a 68 (aproximadamente 22 °C a 50 % de humedad relativa; Román *et al.*, 2019).

Se han reportado a nivel internacional, en sistemas de ordeño automático (AMS) bajo techo donde las vacas transitan voluntariamente a la instalación de ordeño, mayores reducciones en la producción de leche en comparación con las vacas ordeñadas en sistemas convencionales bajo techo. Esta tendencia se observó cuando el ITH superó el valor de 72 y las vacas en AMS se ofrecieron como voluntarias para ordeñar con menos frecuencia (Speroni *et al.*, 2006). Esta información es

más escasa en AMS basados en pasturas, pero, debido al efecto negativo del clima cálido sobre la actividad y la producción de las vacas (West, 2003) y las mayores distancias de caminatas que realizan las vacas en sistemas pastoriles, se predice que el efecto del ITH sobre la producción de leche, la frecuencia de ordeño y el comportamiento en un AMS basado en pasturas será mayor y necesita ser cuantificado.

Se planteó la hipótesis de que la frecuencia de ordeño y el comportamiento son afectados negativamente por condiciones de ITH alto o superior al umbral en el mismo día y que la producción de leche es asociada negativamente con un mayor ITH en los días anteriores. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto del estrés térmico sobre la producción de leche, la frecuencia de ordeño y la conducta animal en un sistema de ordeño automático (AMS) con tráfico voluntario basado en pasturas, mediante indicadores ambientales (índice de temperatura y humedad -ITH) y fisiológicos (frecuencia respiratoria-FR).

Materiales y Métodos

Ubicación

Los datos fueron obtenidos del AMS ubicado en las instalaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Rafaela, Santa Fe, Argentina (latitud Sur 31° 15,09' 12" y longitud oeste 61° 29,30' 32") (figura n°1) desde el verano 2016 hasta el verano 2021 (enero-febrero-marzo).

Animales y manejo

El estudio se realizó con un promedio total de 65 vacas Holando argentino de alta producción (34,50 ± 11,24 l). El promedio de días (d) en leche fue de 179 d.

Mediante puertas inteligentes se manejan los permisos de acceso a los distintos sectores: desde las



07:00 h hasta las 20:00 h, las vacas permanecieron en un corral estabilizado para alimentación (CEA) con una asignación de 75 m²/vaca de superficie y 70 cm de frente de comedero por animal. El mismo está provisto de una estructura de media sombra fija y sistema de refrigeración que se acciona automáticamente cuando el ITH > 68 al igual que en el corral de espera. Además, cuenta con tres estructuras de media sombra móviles ubicadas al este de los comederos. Desde las 20:00 h hasta las 07:00 h del día siguiente las vacas accedieron a la pastura. Una vez por día se suministró una Ración Parcialmente Mezclada (PMR) con mixer (07:30 h). La composición física de la dieta se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. composición de la ración parcialmente mezclada suministrada a los animales

Alimentos	Kg.MS. vaca ⁻¹ .día ⁻¹
Silo de maíz	7
Balamceado	5,6
Grano de maíz molido	1,8
Expeller de soja	1,8
Semilla de algodón	0,9
alfalfa	2,5
total	23

Procedimientos

Registro de datos

La producción de leche y la frecuencia de ordeño se registraron automáticamente utilizando transponder para identificar vacas individuales mediante el software DelPro® (De Laval, Tumba, Suecia).

Información meteorológica

La información meteorológica incluyó registros horarios de temperatura (°C) y humedad relativa (%) obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la EEA INTA Rafaela. Estos registros se usaron para calcular el ITH medio (ITH), máximo (ITHmx) y mínimo (ITHmn) diarios de los días del ordeño (0) y 3 días previos (-1 -2 y -3), según la siguiente fórmula (modificada por Kelly and Bond, 1971):

$$ITH = (1.8 \times T + 32) - (0.55 - 0.0055 \times HR) \times (1.8 \times T - 26)$$

Donde T= temperatura ambiente (°C) y HR= humedad relativa (%).

Mediciones fisiológicas

La FR se realizó por conteo del movimiento de los flancos por minuto (rpm) a 10 animales durante 24 h pero en horarios fijos (09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 h). La FR se utilizó para clasificar el estrés calórico de acuerdo a lo propuesto por Silanikove (2000).

Comportamiento animal

Para las observaciones del comportamiento se utilizó un muestreo por barrido con registro temporal a intervalo de 15 minutos, sugerido por Martín y Bateson (1991). Los registros se efectuaron semanalmente durante 24 h. Los rasgos de conducta parada (P), echada (E), jadeando (J), comiendo (C), bebiendo (B) parada rumeando (PR) y echada rumeando (ER) y el posicionamiento del animal (corral de espera (CE), patio de comida (PC), media sombra (MS) y pastura (p).

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se realizó un estudio observacional y retrospectivo. Para el análisis de los datos se utilizó un modelo lineal mixto. La producción promedio de leche por vaca por día y la frecuencia de ordeño por vaca por día fueron las variables de resultado, cada variable de ITH se ajustó como un efecto fijo (covariable) y el año fue el efecto aleatorio. Para el análisis de conducta y posicionamiento se confeccionaron tablas de contingencias y se realizó un análisis de χ^2 . Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Resultados y Discusión

El promedio de producción anual en la serie estudiada (2016-2021) fue de 32,9 ± 1,6 l/v y la frecuencia de ordeño fue de 2,4 ± 0,2 ordeños/v. Durante el periodo estival estudiado, el ITH medio fue de 73,6 ± 6,1 con una producción individual promedio de 29,7 ± 3,6 l/v y una frecuencia de ordeño promedio de 2,3 ± 0,2 ordeños/v. El 82,1% de los registros de ordeño durante la época estival analizada se correlacionaron con un ITH medio de 68 o mayor, con una producción de leche promedio de 29,1 ± 0,9 l/v y una frecuencia de ordeño de 2,3 ± 0,3.

Se encontró asociación entre todas las variables del ITH y la producción de leche por vaca por día (P < 0,001). El ITH tuvo el mayor efecto en la producción de leche (disminución promedio de 0,18 l por cada aumento de

unidad de ITH) durante todos los días de prueba (días 0, -1, -2 y -3), seguido por el ITH mx (disminución promedio de 0,14 l), donde el día -3 tuvo el efecto más bajo en general. El ITH mn durante todos los días de prueba, no estuvo asociado a la producción de leche por vaca por día (P > 0,05). La frecuencia promedio de ordeño por vaca por día se asoció negativamente con el ITH en los días 0, -1 y -2 (P < 0,002). Cabe aclarar que, si bien el ITH afectó negativamente la frecuencia de ordeño, los valores alcanzados están dentro de los valores óptimos recomendados para un sistema de ordeño voluntario basado en pasturas.

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la hipótesis de que en condiciones con valores de ITH > 68 de hasta 3 días anteriores tienen un efecto negativo en la



producción de leche, de acuerdo a lo informado por Bouraoui *et al.* (2002). Específicamente, las condiciones ITH en los días 0, -1 y -2 en el presente estudio se asociaron con las mayores disminuciones en la producción de leche en comparación con el día -3 y el ITHmx de todos los días. Investigaciones anteriores en AMS también han informado un retraso de los efectos directos del estrés por calor sobre la producción de leche de hasta 2 días antes Wildridge *et al.* (2018).

Por otro lado, se encontró asociación entre ITH del día 0 y la FR ($p < 0,05$). La frecuencia respiratoria media fue de 70 ± 12 rpm, de acuerdo a la escala de Silanikove (2000) es estrés mediano-alto (60-80 rpm). La FR sufrió un incremento de 13,1 mov/min cuando el ITH > 68.

Las conductas P, E y ER estuvieron asociadas con el ITH del día 0 ($p < 0,05$). Cuando el ITH > 68 disminuyó el porcentaje (%) de vacas E (14 %) y aumentó el % de vacas P (33 %). Cuando el ITH < 68 el % de vacas E y P fue de 21 % y 17 %, respectivamente. Durante el día, el % de vacas E disminuyó (13 %) en sentido inverso al aumento del ITH, mientras que el % de vacas P aumentó (33 %). Durante la noche ocurre lo contrario (27 % y 19 % respectivamente). Estos datos son coincidentes con los reportados por Curtis *et al.* (2017)

donde las vacas lecheras estresadas por el calor pasan más tiempo de pie y exhiben comportamientos reducidos de echarse, lo cual es consistente con nuestros resultados.

El posicionamiento no estuvo afectado al ITH del día 0 ($p = 0,57$), probablemente debido a los permisos de acceso a los distintos sectores durante el día, pero si se evidenciaron ciertas tendencias: cuando el ITH > 68 las vacas permanecieron más tiempo P en los lugares donde se les proporcionaba confort (CE, PC, MS). Por el contrario, cuando el ITH < 68 las vacas permanecieron más tiempo E en MS y p. En esta conducta rumearon más (27 %) que cuando el ITH > 68 (10 %). Las vacas prefieren rumar E cuando el ITH < 68 y P cuando ITH > 68. La mayor parte de las vacas cuando están P rumean en el CE, MS y/o PC (con confort).

Se evidenció J cuando el ITH > 68 aunque en bajos porcentajes (0,5 %), pero las vacas J más en la conducta P que la E. No hubo diferencias en el porcentaje de vacas C cuando el $68 > \text{ITH} > 68$ ya que estaban en sectores con confort durante el día y pastoreaban durante la noche.

Conclusiones

La producción de leche individual y la frecuencia de ordeño de vacas en sistemas de ordeño automático basado en pasturas se vieron afectadas por el índice de temperatura y humedad durante el periodo evaluado.

Además, se observó que durante los períodos de índice de temperatura y humedad elevados predomina la conducta parada y disminuye el porcentaje de vacas echadas rumeando.

Agradecimientos/Reconocimientos

A la estación experimental del instituto nacional de tecnología agropecuaria (INTA.- Rafaela) por permitir la ejecución del este trabajo en su tambo robotizado. Al personal a cargo de dicho tambo por facilitarnos toda la

información requerida. A la Facultad de Ciencias agrarias por facilitarnos los medios de transporte y la tecnología necesario para el procesamiento de los datos recogidos.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal: Este trabajo es de tipo observacional, donde no se interviene sobre el animal, por lo tanto, no se requiere de la aprobación de dicho comité.

Contribuciones de los autores: Conceptualización, C.D.A., L.P.E. y T.G.A.; metodología. C.D.A y M.L.A, análisis de datos. C.D.A y L.P.E., investigación: T.G.D y M.L.A, escritura y preparación del manuscrito: C.D.A., L.P.E. y T.G.A., escritura y edición final del manuscrito, C.D.A., L.P.E., T.G.A y M.L.A, administración del proyecto, T.M.A. y C.D. A, Todos los autores leyeron y están de acuerdo para la publicación del manuscrito.

Financiación: Proyecto CAID- UNL- : 50520190100032LI

Editado por: Antonio Landaeta-Hernández

Literatura Citada

Bouraoui, R., M. Lahmar, A. Majdoub, M. Djemali, and R. Belyea. 2002. The relationship of temperature humidity-index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research* 51: 479-491. <http://dx.doi.org/10.1051/animres:2002036>

Curtis, A.K., Scharf, B., Eichen, P.A., Spiers, D.E. 2017. Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. *J. Therm. Biol.* 63:104-111. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015>



- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Cuadro & C. W. Robledo. 2018. InfoStat. Versión 2018. Córdoba, Argentina: GrupoInfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Garner, J. B., M. Douglas, S. R. O. Williams, W. J. Wales, L. C. Marett, K. Digiacomo, B. J. Leury, and B. J. Hayes. 2017. Responses of dairy cows to short-term heat stress in controlled-climate chambers. *Anim. Prod. Sci.* 57:1233-1238. <https://doi.org/10.1071/AN16472>
- Igono, M.O., G. Bjotvedt and H.T. Sanford-Crane. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int. J. Biometeorology* 36:77-87. <https://doi.org/10.1007/bf01208917>
- Kelly, C. F., and T. E. Bond. 1971. *Bioclimatic Factors and Their Measurement: A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academy Press, Washington, DC. <https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=ad82b9ad8ea17c9744b192877c24e7df>
- Martin, P., Bateson, P. 1991. *La medición del comportamiento*. Alianza Universidad. Versión española de Fernando Colmenares, 1º edición. Ed. Alianza. Madrid - España. Pp:215
- Roman, L., Saravia, C., Astigarraga, L., Bentancur, O., La Manna, A. 2019. Shade access in combination with sprinkling and ventilation effects performance of Holstein cows in early and late lactation. *Anim. Prod. Sci.* 59:347-358. <http://dx.doi.org/10.1071/AN16571>
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Lacetera, N. 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal* 12:s431-s444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 67, 1-18. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)
- Speroni, M., G. Pirlo, S. Lolli. 2006. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *J. Dairy Sci.* 89:4687-4693. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72519-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72519-x)
- Wagener-Storch, A., R.W. Palmer. 2003. Feeding behaviour, milking behaviour, and milk yield of cows milked in a parlour versus an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* 86:1494-150. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73735-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73735-7)
- 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)
- Wildridge, A. M., Thomson, P.C., Garcia, S.C., John, A.J, Jongman, E.C., Clark, C.E.F., Kerrisk, K.L. 2018. Short communication: The effect of temperature-humidity index on milk yield and milking frequency of dairy cows in pasture-based automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 101:4479-4482. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13867>