

Estrés calórico en vacas lecheras: principios básicos y aplicación práctica

Alejandro Palladino^{1,2,3} y Fernando Barqo^{1,3,4}

1- Fundación Instituto de la Leche (FIL);

2- Conicet, Argentina;

3- Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ);

4- Escuela Graduados, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (EPG - FAUBA)

INTRODUCCION

El ganado vacuno, así como otros mamíferos y aves, son homeotermos. Estos poseen la capacidad de mantener su temperatura interna constante dentro de ciertos límites independientemente de la temperatura ambiental. Dichos límites determinan la Zona Termoneutral en la cual la productividad es máxima (Johnson et al. 1987). Fuera de esos límites los animales presentan cierto grado de estrés dependiendo de la intensidad de los factores que lo generan. Se puede definir al estrés como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas. En general, el ganado lechero es más sensible al estrés por calor y más resistente al estrés por frío (Collier et al. 1982).

El estrés calórico resulta de la incapacidad de los animales para disipar suficiente calor hacia el ambiente y así mantener la homeotermia (Valtorta et al. 2002). El estrés calórico afecta directa e indirectamente el consumo de alimento, la temperatura corporal del animal, los requerimientos de mantenimiento, procesos metabólicos, la eficiencia de conversión de alimento a leche, la producción de leche, la performance reproductiva, el estado sanitario y el comportamiento y bienestar animal (Thatcher, 1974, Cook et al. 2007, Tucker et al. 2007, Rhoads et al. 2009)

ESTRÉS CALORICO Y SU IMPACTO EN VACAS LECHERAS

Estrés calórico e índice de temperatura y humedad (ITH)

La temperatura no es el único parámetro meteorológico que afecta la intensidad del estrés calórico. El índice de temperatura y humedad (ITH; Thom, 1958) se ha utilizado ampliamente como indicador del grado de estrés calórico sufrido por un animal. Este involucra no solo a la temperatura ambiente, sino también la humedad relativa. Su ecuación es la siguiente:

$$ITH = (1.8 T_a + 32) - (0.55 - 0.55hr) \times (1.8 T_d - 26)$$

Donde:

- T_a es la temperatura del aire
- T_d es la temperatura del punto de rocío
- hr es la humedad relativa expresada en forma decimal

El valor del ITH considerado como límite entre situaciones de confort y de estrés ha variado a lo largo de los años desde 72 en vacas produciendo 10 litros de leche por día (Whittier, 1993; Armstrong, 1994) a 68 en vacas de alta producción actuales (Zimbelman et al. 2009).

Estrés calórico y producción de leche

El estrés calórico afecta de dos maneras a las vacas lecheras, por un lado, en la reducción del consumo de alimento, y por el otro en una disminución en la eficiencia de conversión

de alimento a leche. Esta última se da por un incremento en los requerimientos de mantenimiento debido a la activación de procesos termoregulatorios para mantener la homeotermia. Esta energía extra utilizada para la termorregulación contrarresta otros procesos fisiológicos como la producción de leche (Buffington et al. 1983). Las principales vías de disipación del calor del animal en climas calurosos y húmedos son el jadeo y la transpiración, conocidas como enfriamiento evaporativo. En condiciones de excesiva temperatura ambiente y humedad relativa, estas vías se ven reducidas, y la vaca lechera ingresa en un estado de estrés calórico, donde no puede disipar el calor corporal, aumentando su temperatura corporal y ritmo respiratorio. Esto provoca un mayor costo energético, incrementando los requerimientos diarios de mantenimiento del animal entre un 7 a un 25% (NRC, 1981). Las vacas en estrés calórico sufren un balance energético negativo (NEBAL por sus siglas en inglés) ya que el consumo de alimento no cubre las necesidades energéticas de mantenimiento ni de lactación. La disminución del consumo de alimento explica solo un 36% de la disminución de producción de leche, la cual puede caer hasta un 35-40% con respecto a la situación de no estrés. Spiers et al. (2004) demostraron que la reducción del consumo de alimento se da 1 día después de comenzado el estado de estrés calórico, mientras que la disminución en la producción de leche 2 días posteriores. Por su parte, Collier et al. (1981) demostraron que la mayor caída se da luego de 48 horas de iniciado el estado de estrés calórico.

Por otra parte, cambios en el metabolismo postabsortivo y la partición de nutrientes explicarían el resto de la disminución de leche (Rhoads et al., 2009). Entre los cambios fisiológicos más importantes durante la situación de estrés se puede mencionar un aumento en el uso de la glucosa (principal precursor de la lactosa de la leche en glándula mamaria) por parte de los tejidos periféricos, como consecuencia de un aumento en los niveles de insulina y la sensibilidad a la misma (Martínez et al. 2021; Baumgard and Rhoads, 2013). La adaptación

ha llevado a la vaca lechera a minimizar la producción de calor metabólico y maximizar la disipación de calor. Esto lleva a una disminución de la producción de leche y a una mayor necesidad de energía y nutrientes para lograr la termoneutralidad, con el consiguiente aumento de los requerimientos de mantenimiento.

En condiciones de termoneutralidad, las vacas experimentando NEBAL incrementan la tasa de lipólisis, aumentando los niveles de ácidos grasos no esterificados (NEFA por sus siglas en inglés) en plasma, mientras que la glucosa es utilizada en gran medida por la glándula mamaria para la síntesis de leche. Por otro lado, las vacas experimentando situaciones de estrés calórico, tienen menores niveles de NEFA en plasma y mayores tasas de utilización de la glucosa en tejidos periféricos, no así en la síntesis de leche en la glándula mamaria (Rhoads et al. 2009). Durante episodios de estrés calórico se afecta la secreción de la hormona de crecimiento somatotropina (GH por su sigla en inglés), lo cual provoca menores tasas de crecimiento y afecta negativamente la performance productiva de las vacas lecheras (Mitra et al. 1972).

Estrés calórico y eficiencia de la producción

Cuando las vacas se encuentran en estado de estrés calórico, hay una mayor utilización de energía para mantenimiento celular, lo cual provoca un exceso de calor metabólico. Por lo tanto, es fundamental que haya un intercambio de calor desde el animal hacia el ambiente que lo rodea para mantener una óptima temperatura corporal (Kadzere et al. 2002). Una relación inversa se ha observado entre diferentes hormonas metabólicas como tiroide, somatotropina y prolactina (Mitra et al. 1972, Johnson et al. 1988, Lu 1989, Collier et al. 2006). Estas hormonas son las responsables de un mayor uso de energía para el mantenimiento celular y producción de calor metabólico, una menor motilidad intestinal y un menor flujo sanguíneo hacia el sistema digestivo (Hales et al. 1984, Johnson et al. 1988). La disminución en la motilidad intestinal provoca menores tasas de pa-

saje, con el consiguiente menor consumo de alimento. West (2003) reportó una disminución de 0.85 kg de materia seca por cada 1 °C de incremento en la temperatura ambiente por encima de la zona termoneutral del bovino lechero.

Los mecanismos fisiológicos que mejoran la disipación del calor llevan a mayores requerimientos de mantenimiento debido a una mayor utilización de nutrientes. Los ejemplos más claros son: aumento de la respiración, sudoración, ritmo cardíaco y salivación (Atrian and Shahryar, 2012). Esto incrementa la pérdida de fluidos corporales con la consiguiente deshidratación y pérdida de la homeostasis sanguínea (Collier et al. 2006). Por su parte, la respiración, por ejemplo, disipa un 15% del total del calor metabólico generado por el animal (McDowell et al. 1976) y cuanto mayor es la misma (jadeo), mayor es la disipación de calor.

Estrés calórico y salud animal

El principal efecto del estrés calórico sobre la salud animal es el aumento de la incidencia de laminitis (Cook et al. 2007). También se han reportado aumentos de la incidencia de mastitis (Dohoo and Meek, 1982, Elvinger et al. 1991) y problemas reproductivos asociados a los meses de verano (Collins and Weiner, 1968, Silanikove, 2000, Kadzere et al. 2002). El estrés calórico modifica el comportamiento animal, las vacas lecheras buscan sombra y lugares frescos (Tucker et al. 2007). Para maximizar la pérdida de calor corporal, las vacas tienden a pasar más tiempo paradas para incrementar la superficie corporal para disipación del calor (Igono et al. 1987, Anderson et al. 2012, Smith et al. 2012). Debido a esto, durante episodios de estrés calórico se incrementa la probabilidad de ocurrencia de laminitis, principalmente cuando los animales permanecen parados más de 45% del día (Galindo and Broom, 2000). También durante el verano se incrementa el score de locomoción (Cook et al., 2007). También se ha reportado una correlación negativa entre el tiempo que las vacas permanecen echadas y la incidencia de laminitis, y el tiempo que permanecen echadas y el ITH (Leonard et

al. 1996, Privolo and Riva, 2009). Esto sugiere que las vacas expuestas a elevados valores de ITH pasan mayor tiempo paradas para poder disipar mayor calor corporal, pero con el consiguiente aumento del riesgo de sufrir laminitis. También se ha reportado que una disminución en el tiempo de echado reduce la producción de leche (Bach et al. 2008, Grant, 2007). Por cada hora que se reduce el tiempo de echada, la producción de leche disminuye 1.7 kg/díapor vaca.

Otro cambio usual de comportamiento es la frecuencia y duración de las comidas durante periodos de estrés calórico. Usualmente los animales bajo condiciones adversas realizan menos visitas al comedero pero de mayor duración. Este comportamiento puede aumentar la posibilidad de sufrir eventos de acidosis, lo cual aumenta potencialmente la presencia de casos de laminitis en los rodeos estresados. Una práctica común es ofrecer a los animales una dieta “fría” con mayor concentración energética para mejorar el balance energético negativo producto de la reducción del consumo de materia seca. El principio conceptual de la “dieta fría” se basa en que tienen menor proporción de fibra, lo cual disminuye el calor de fermentación. Sin embargo, el cambio de comportamiento de consumo expone a los animales a un mayor riesgo de acidosis ruminal e intestinal. Menores niveles de pH reducen la motilidad del tracto digestivo, incluido el rumen, lo cual asociado a un aumento de bacterias productoras de lactato y una disminución de bacterias fibrolíticas generan un cuadro complejo para el animal (Kim et al. 2022). Estos efectos negativos se trasladan al intestino, donde debido a una carga mayor de almidón y otros productos de alta fermentabilidad se produce un aumento indeseado de la acidez, modificando el microbioma intestinal y aumentando el daño sobre las paredes del intestino, todo esto sumado a un estado de anoxia por parte de las células epiteliales como consecuencia del aumento de irrigación sanguínea hacia la periferia corporal (Koch et al. 2019). Este efecto conocido como “leakygut” despierta una respuesta inmune y aumenta el grado de inflamación a nivel intesti-

nal, lo cual genera a su vez un aumento en los requerimientos debido al consumo de glucosa por parte de las células del sistema inmune (Kvidera et al. 2017). Se cree que en parte el aumento de insulina y el ahorro de glucosa por parte de la glándula mamaria son en definitiva disparados por esta disrupción del epitelio intestinal durante el estrés calórico. Otro cambio sufrido en el metabolismo es a nivel del microbioma intestinal. Chen et al. (2018) encontraron que vacas lecheras bajo estrés calórico presentaron menores índices de diversidad, lo cual se correlacionó negativamente con los niveles de cortisol en leche de estos animales (a mayor diversidad del microbioma intestinal menor nivel de cortisol en leche). Además, el análisis de rutas metabólicas (KGEE pathway-analyses) del microbioma expresado por vacas bajo estrés calórico mostraron un aumento de rutas relacionadas con la presencia de enfermedades.

CONCLUSIONES

Las vacas lecheras generan un abanico importante de respuestas comportamentales y fisiológicas para disminuir el impacto del estrés calórico. Principalmente reducen el consumo de materia seca como respuesta inicial, pero esto solo explica un porcentaje menor de la disminución de la respuesta productiva. Los cambios en el metabolismo de los carbohidratos son en gran medida los responsables de los cambios productivos.

La evidencia actual y el conocimiento de la respuesta fisiológica de los animales al estrés calórico establecen que las dietas frías son potencialmente riesgosas para el animal y que consecuentemente, una reducción de los niveles de almidón en la dieta y un aumento de la digestibilidad de la fibra pueden considerarse como una estrategia válida para disminuir el impacto del calor en vacas lecheras de alta producción.

REFERENCIAS

- Anderson, S. D., B. J. Bradford, J. P. Harner, C. B. Tucker, C. Y. Choi, J. D. Allen, L. W. Hall, S. Rungruang, E. Rajapaksha, R. J. Collier, and J. F. Smith. 2012. Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and resting behavior of lactating dairy cows in a semi-arid climate. *J. Dairy Sci.*
- Armstrong, D., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77:2044-2050.
- Atrian, P., and H. A. Shahryar. 2012. Heat stress in dairy cows (a review). *Res. in Zoology.* 2:31-37.
- Bach, A., N. Valls, A. Solans, and T. Torrent. 2008. Associations between non-dietary factors and dairy herd performance. *J. Dairy Sci.* 91:3259-3267.
- Baumgard, L.H., and Rhoads, R.P. (2013) Effects of heat stress on postabsorptive
- Buffington, D. E., R. J. Collier, and G. H. Canton. 1983. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 26:1798:1803.
- Chen, S., J. Wang, DPeng, GLi, J Chen and X. Gu. 2018. Exposure to heat-stress environment affects the physiology, circulation levels of cytokines, and microbiome in dairy cows. *Sci. Reports* 8:14606. DOI:10.1038/s41598-018-32886-1
- Collier, R. J., D. K. Beede, W. W. Thatcher, L. A. Israel, and C. J. Wilcox. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.* 65:2213-2227.
- Collier, R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253.

Collier, R. J., R. M. Eley, A. K. Sharma, R. M. Pereira, and D. E. Buffington. 1981. Shadema-
nagement in subtropical environment for milk
yield and composition in Holstein and Jersey
cows. *J. Dairy Sci.* 64:844-849.

Collins, K. H., and H. S. Weiner. 1968. En-
docrinological aspects of exposure to high en-
vironmental temperature. *Physiol. Rev.* 48:785-
794.

Cook, N. B., R. L. Mentink, T. B. Bennett,
and K. Burgi. 2007. The effect of heat stress
and lameness on time budgets of lactating
dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1674-1682.

Dohoo, I. R., and A. H. Meek. 1982. Somatic
cell counts in bovine milk. *Can. Vet. J.* 23:119-
125.

Duncan, I. J. H., Fraser, D., 1997. Unders-
tanding animal welfare. *Animal Welfare*, M.C.
Appleby, y B.O. Hughes, eds., CABIPublishing,
Wallingfor, pp. 19–31.

Elvinger, F., P. J. Hansen, and R. P. Natzke.
1991. Modulation of function of bovine

Galindo, F., Broom, D., 2002. Effects of
lameness of dairy cows. *J ApplAnimWelfSci*:193-201.

Grant, R. 2007. Taking advantage of natural
behavior improves dairy cow performance. Pa-
ges 225- 236 in *Proc. Western Dairy Manage-
ment Conf.*, Reno, NV.

Hales, J. R. S., A. W. Bell, A. A. Fawcett, and
R. B. King. 1984. Redistribution of cardiac ou-
tput and skin AVA activity in sheep during exer-
cise and heat stress. *J. Therm. Biol.* 9:113-116.

Igono, M. O., H. D. Johnson, B. J. Steevens,
G. F. Krause, and M. D. Shanklin. 1987. Phy-
siological, productive, and economic benefits
of shade, spray, and fan system versus shade
for Holstein cows during summer heat. *J. Dairy
Sci.* 88:2454-2461.

Johnson, H. D., P. S. Katti, L. Hahn, and M.
D. Shanklin. 1988. Short-term heat acclimation
effects on hormonal profile of lactating cows.
In: *Research Bulltetin No. 1061*. University of
Missouri, Columbia.

Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove,
N., and Maltz, E. (2002) H eat stress in lacta-
ting dairy cows: a review. *Livestock Productio
Science* 77, 59–91.

Kim, S.H., S. Ramos, R. Valencia, Y. Cho,
and S.S. Lee. 2022. Heat Stress: Effects on
Rumen Microbes and Host Physiology, and
Strategies to Alleviate the Negative Impacts
on Lactating Dairy Cows. *Front. Microbiol.*,
28 February 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.804562>

Koch, F., Thom, U., and E. Albrecht. 2019.
Heat stress directly impairs gut integrity and re-
cruits distinct immune cell populations into de
bovine intestine. *PNAS.* 116(21)10333-10338.

Kvidera, S., E.A. Horst., M. Abuajamieh,
E.J. Mayorga, M.V. Sanz Fernandez, and L.H.
Baumgard. 2017. Glucose requeriments of an
activated immune system in lactating Holstein
cows. *J.Dairy Sci.* 100:2360–2374

Leonard, F. C., J. M. O’Connell, and K. J.
O’Farrell. 1996. Effect of different housing con-
ditions on behavior and foot lesions in Friesian
heifers. *Veterin. Rec.* 134:490-494.

Lu, C. D. 1989. Effect of heat stress on goat
production. *Small Rumin. Res.* 2:151-162.

Martinez, R. Palladino, R.A., G. Banchemo,
R. Fernandez-Martin, M. Nanni, N. Juliano, J.
lorio, and A. La Manna.2021. Providing heat-
stress abatement to late-lactation Holstein
cows affects hormones, metabolit blood pro-
files, and hepatic gene expression but not pro-
ductive responses. *Applied Anim. Sci.* 37-490-
503.

McDowell, R. E., N. W. Hooven, and J. K.
Camoens. 1976. Effects of climate on perfor-

mance of Holsteins in first lactation. *J. Dairy Sci.* 59:965-973.

Mitra, R. G., G. I. Christison, and H. D. Johnson. 1972. Effect of prolonged thermal exposure on growth hormone (GH) secretion in cattle. *J. Anim. Sci.* 34:776-779.

NRC, 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academic, Washington, DC, pp 75-84.

Privolo, G., and E. Riva. 2009. One year study of lying and standing behaviour of dairy cows in a freestall barn in Italy. *J. Ag. Eng.* 2:27-33.

Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, J. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker, and L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92:1986-1997.

Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Prod. Sci.* 67:1-18.

Smith, J. F., B. J. Bradford, J. P. Harner, K. Ito, M. von Keyserlingk, C. R. Mullins, J. C. Potts, J. D. Allen, and M. W. Overton. 2012. Effect of cross ventilation with or without evaporative pads on core body temperature and resting time of lactating cows. *J. Dairy Sci.*

Spiers, D. E., J. N. Spain, J. D. Sampson, and R. P. Rhoads, 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *J. Therm. Biol.* 29:759-764.

stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 73, 325–332.

Thatchet, W. W. 1974. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. *J. DairySci.* 57:360-368.

Thom, E.C. 1958. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-59.

Tucker, C. B., A. R. Rogers, and K. E. Shutz. 2007. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109:141-154.

Valtorta, S. E., Gallardo, M. R., 2003. Evaporative cooling for Holstein Dairy cows under grazing conditions. *Journal Biometeorology* (2004) 48:213-217.

West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86, 2131–2144.

Whittier, J. C. 1993. Hot weather livestock stress. *Univ. Missouri. Ext. Bull.* G2099. Mt. Vernon.

Zimbelman, R. B., R. P. Rhoads, M. L. Rhoads, G. C. Duff, L. H. Baumgard, and R. J. Collier. 2009. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe temperature humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proceedings of the 24th Southwest Nutrition and Management conference, Tempe, AZ.* pp. 158-168.