



Estrategias nutricionales para mitigar los efectos negativos del estrés térmico: suplementación con grasas protegidas

Ing. Zoot. Eloy E. Salado, M.Sc., Dr. Cs. Agrarias

Med. Vet. Pablo Roskopf

Área de Investigación en Producción animal, INTA EEA Rafaela

El estrés térmico afecta negativamente la producción de leche, generando anualmente pérdidas multimillonarias en la industria lechera mundial (Rhoads *et al.*, 2010). En la cuenca lechera central de Argentina, durante el período estival, se dan condiciones de elevadas temperaturas y humedades relativas que generan estrés térmico en vacas lecheras afectando su comportamiento productivo (Leva *et al.*, 2000). El índice de temperatura-humedad (ITH) se utiliza para monitorear las condiciones ambientales diarias, siendo valores ≥ 72 indicativos de situaciones de estrés por calor (Armstrong, 1994).

El estrés por calor reduce el consumo de materia seca, la actividad de rumia y la absorción de nutrientes e incrementa los requerimientos de mantenimiento (Collier *et al.* 2006), resultando en una menor disponibilidad de energía para la producción de leche. En conjunto, estos cambios provocan que las vacas estresadas entren en balance energético negativo, independientemente de la etapa de lactancia (Conte *et al.*, 2018).

Una de las estrategias nutricionales para equilibrar este déficit energético es aumentar la densidad energética de la dieta mediante la suplementación con grasas (Drackley *et al.*, 2003). Las grasas son utilizadas con mayor eficiencia para la producción de leche y tienen un menor incremento calórico con respecto a otros nutrientes como el almidón y la fibra (Conte *et al.*, 2018). Sin embargo, la adición de grasas ricas en ácidos grasos (AG) insaturados puede afectar en gran medida la fermentación ruminal, provocando una reducción en la digestibilidad de las fuentes de energía no lipídicas (Jenkins, 1993). En este contexto, la suplementación con una fuente de grasa protegida contra la degradación ruminal permitiría asegurar un aporte de energía sin el incremento calórico producido por la fermentación (Wang *et al.*, 2010).

A pesar de que la inclusión de grasas en la ración ha sido una estrategia ampliamente aceptada dentro de la industria lechera para reducir la producción de calor metabólico basal, los ensayos diseñados específicamente para evaluar cómo la suplementación con grasas afecta los parámetros productivos en vacas lecheras bajo condiciones de estrés térmico son escasos (Baumgard *et al.*, 2014).

Se llevó a cabo un análisis de los resultados de los estudios revisados por Baumgard *et al.* (2014). Este análisis implicó determinar el efecto medio de las diferencias entre tratamientos (control vs. suplementado) para las variables productivas mediante prueba de t para datos apareados.

Los resultados de dicho análisis (Cuadro 1) indican un efecto medio positivo de las grasas protegidas sobre la producción de leche ($+1,16 \text{ kg día}^{-1}$, $P < 0,01$), leche corregida al 4% de grasa (LGC4%, $+1,22 \text{ kg día}^{-1}$, $P = 0,03$) y grasa ($+0,08 \text{ kg día}^{-1}$, $P = 0,01$) para niveles de consumo promedio de $0,57 \pm 0,21 \text{ kg día}^{-1}$, sin efectos significativos sobre el

contenido (+0,03 g 100 g⁻¹, $P = 0,47$) y la producción de proteína (+0,01 kg día⁻¹, $P = 0,62$). Se observa, además, una tendencia a un mayor contenido de grasa en las vacas suplementadas (+0,14 g 100 g⁻¹, $P = 0,08$). A su vez, para producción de leche y sólidos, la frecuencia de efectos favorables resulta $\geq 50\%$, no observándose efectos negativos significativos de las grasas protegidas sobre estas variables. Sin embargo, para contenido de proteína, la frecuencia de efectos favorables es solo de 12,5%, mientras que la de efectos nulos y desfavorables es de 75 y 12,5%, respectivamente.

Cuadro 1. Efecto del aporte de grasas protegidas sobre la respuesta productiva de vacas lecheras bajo condiciones de estrés térmico.

Lípidos (kg día ⁻¹) (4)	N (1)	Parámetros	Efecto medio (2)	Frecuencia de efectos (%)		
				Favorable	Nulo	Desfavorable
0,57 ± 0,21	6	Consumo MS (kg día ⁻¹)	-0,29	0	67	33
	8	Leche (kg día ⁻¹)	+1,16***	50	50	0
	5	LGC4% (kg día ⁻¹)	+1,22**	80	20	0
	8	Grasa (kg día ⁻¹)	+0,08**	75	24	0
	8	Proteína (kg día ⁻¹)	+0,01	50	50	0
	8	% GB (g 100 g ⁻¹)	+0,14*	50	37,5	12,5
	8	% Prot (g 100 g ⁻¹)	+0,03	12,5	75	12,5

(1) Número de diferencias entre el grupo suplementado y el testigo.

(2) Promedio de las diferencias entre el grupo suplementado y el testigo (test t de Student, *: $0,1 \leq P < 0,05$; **: $0,05 \leq P < 0,01$; ***: $P \leq 0,01$).

(3) Frecuencia de efectos significativos en relación al grupo testigo.

(4) Sales cálcicas de ácidos grasos de aceite de palma; ácidos grasos saturados de cadena larga protegidos (prilled fat); sebo bovino protegido; grasa hidrogenada de pescado.

Referencias: Knapp y Grummer, 1991; Chan *et al.*, 1997; Leva *et al.*, 1998; Drackley *et al.*, 2003; Warntjes *et al.*, 2008; Moallem *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2017.

Para la variable consumo, la suplementación con grasas protegidas bajo condiciones de estrés térmico presenta un efecto global nulo (67% de los casos analizados con un efecto medio de -0,29 kg día⁻¹, $P = 0,38$), detectándose efectos negativos significativos en un 33% de los casos analizados (Cuadro 1).

Como se mencionó previamente, bajo condiciones de estrés térmico, la producción de leche puede verse afectada por una menor disponibilidad de energía. La suplementación con lípidos protegidos suele inhibir la síntesis *de novo* de grasa láctea en glándula mamaria, lo que implica un ahorro de energía que será destinada a mantener el volumen de leche. Parte de los ácidos grasos suplementarios serán directamente incorporados a la grasa láctea sin generación de calor adicional por biosíntesis. Esta práctica también induce un ahorro de glucosa, aspecto muy importante ya que la vaca bajo estrés térmico pierde su capacidad metabólica de poner en juego mecanismos de ahorro de glucosa.

La vaca en estrés térmico es metabólicamente inflexible, ya que su dependencia de la glucosa como fuente energética se ve acentuada (Baumgard y Rhoads, 2012). Por lo tanto,



el aporte de lípidos y de glucosa protegidos son herramientas nutricionales técnicamente adecuadas. Sin embargo, Baumgard *et al.* (2014) remarcaron que los nutricionistas necesitan experimentos controlados adicionales (además de los cálculos teóricos de incremento calórico) para poder tomar decisiones inteligentes de balance de dietas con respecto a la inclusión de grasa suplementaria.

Nuestro Ensayo

Durante el período estival del año 2021 se realizó un ensayo en el tambo experimental de la EEA Rafaela del INTA, cuyo **objetivo** fue determinar el efecto de la suplementación con una fuente de grasa protegida contra la degradación ruminal sobre la respuesta productiva, ambiente metabólico e indicadores fisiológicos (temperatura corporal y ritmo respiratorio) en vacas lecheras bajo condiciones de estrés térmico (Roskopf *et al.*, 2023).

Materiales y Métodos

El ensayo tuvo una duración de 12 semanas (2 semanas de período pre-experimental, 1 semana de acostumbamiento a los lípidos y 9 semanas de toma de datos). El protocolo experimental fue evaluado y aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación del Centro Regional Santa Fe del INTA (CICUAE-CERSAN). Se utilizaron 30 vacas Holstein las cuales fueron distribuidas en 15 bloques según el número de lactancias ($2,0 \pm 1,1$), días de lactancia (182 ± 80) y producción de leche ($29,4 \pm 5,7$ kg día⁻¹) al inicio del ensayo y asignadas aleatoriamente dentro de cada bloque a los siguientes tratamientos (dietas): **CGP**: suplementación con grasa protegida o **SGP**: sin suplementación con grasa protegida.

Todas las vacas fueron alojadas en un dry-lot (con acceso a sombra y disponibilidad de agua a voluntad) donde se les suministró, luego del ordeño de la mañana, una ración mezclada (TMR) *ad libitum* (26,0% silaje maíz, 33,2% silaje alfalfa, 8,5% maíz molido, 18,1% harina soja, 5,2% expeller soja y 9,0% heno alfalfa). En la sala de ordeño recibieron una suplementación diferencial en función del tratamiento. La dieta CGP contenía 4,0 kg concentrado pelletizado + 0,6 kg grano maíz molido + 0,7 kg de grasa protegida, distribuidos individualmente en partes iguales en cada turno de ordeño (a.m y p.m), mientras que la dieta SGP fue similar a la ofrecida en CGP, pero se reemplazó isoenergéticamente la grasa protegida por grano de maíz molido (equivalencia: 1 kg MS grasa = 2 kg MS maíz). El suplemento graso (Nutrifat 8035, 96% MS, 84,2% extracto etéreo, 15,2% carbohidratos no fibrosos, 0,6% cenizas) utilizado está compuesto por 80% de grasas de origen animal y vegetal y 20% de carbohidratos de alta digestibilidad y la técnica de protección empleada es microencapsulación. Su composición en ácidos grasos es: 32,0% Palmítico, 33,4% Esteárico, 6,9% Oleico, 19,4% Linoleico, 3,0% Linolénico y 5,3% otros.

Durante el período pre-experimental las vacas recibieron la dieta SGP. La producción y composición de leche registradas durante este período fueron utilizadas como covariable. Todas las vacas fueron equipadas con transpondedores en el cuello para el registro automático de la producción diaria de leche de manera individual (ALPRO versión 6.60/ DeLaval, Tumba, Suecia).



La temperatura ambiente y humedad relativa fueron registradas diariamente en tres horarios diferentes (09:00, 15:00 y 21:00 horas) por la Estación Agrometeorológica de la experimental. Se utilizó el ITH para monitorear las condiciones de estrés ambiental y se calculó según la ecuación propuesta por Bohmanova *et al.* (2007).

El consumo diario individual de concentrado se determinó por la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado a lo largo de todo el ensayo. El consumo individual de TMR fue determinado por la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado durante la 5^a semana del período experimental, para lo cual las vacas fueron alojadas en corrales individuales. El consumo de MS total fue calculado como la suma del consumo de MS de concentrado y de TMR. La producción de leche se midió en forma individual y diaria y la composición de la leche se evaluó a partir de muestras individuales colectadas semanalmente. Durante la última semana del período pre-experimental y luego cada 2 semanas se registraron el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC, escala 1 a 5) y se obtuvieron muestras de sangre por punción de vena coccígea.

La temperatura vaginal fue monitoreada diariamente a través de un registrador de datos intravaginal (DS1922L Thermochron iButton Device; Maxim Integrated, San Jose, CA) insertado en un dispositivo de liberación interna de progesterona (libre de hormona) modificado y la frecuencia respiratoria (respiraciones/minuto) se midió 3 veces/semana en 3 horarios/día.

Los resultados referidos a producción y composición de leche, PV, CC y metabolitos plasmáticos se analizaron según un diseño en bloques completos aleatorizados con medidas repetidas en el tiempo ajustado por covariable (datos registrados durante el período pre-experimental), $\alpha = 0,05$. Los datos de consumo y eficiencia de conversión se analizaron por medio de un modelo a un criterio de clasificación (tratamiento). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (2010). Se consideró tendencia $0,05 < P < 0,10$.

Resultados

EL ITH (promedio \pm DE) durante el ensayo fue $73,4 \pm 4,2$, con 53 días (63%) con ITH por encima de 72.

En el presente estudio, un eventual efecto negativo del suplemento graso sobre el consumo no pudo ser detectado, ya que los consumos de MS y energía neta de lactancia (EN_L) totales resultaron similares entre tratamientos ($21,7$ vs. $22,1 \pm 0,36$ kg día⁻¹, $P = 0,49$ y $35,9$ vs. $35,4 \pm 0,57$ Mcal día⁻¹, $P = 0,57$, para CGP y SGP, respectivamente). En línea con lo informado por estudios previos (Drackley *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2010; Moallem *et al.*, 2010), las vacas que recibieron grasa protegida produjeron significativamente ($P < 0,01$) más LGC4%/kg de MS total consumida y tendieron ($P = 0,07$) a producir más LGC4%/Mcal de EN_L consumida ($1,25$ vs. $1,17 \pm 0,02$ kg kg⁻¹ y $0,76$ vs. $0,73 \pm 0,01$ kg Mcal⁻¹, para CGP y SGP, respectivamente).

La producción de LGC4% resultó significativamente mayor ($+1,1$ kg día⁻¹, $P = 0,04$), mientras que las producciones de leche energía corregida (LEC) y de grasa tendieron ($P = 0,06$) a ser mayores ($+1,0$ y $+0,6$ kg día⁻¹, respectivamente) en las vacas suplementadas con grasa protegida (Cuadro 2). Puesto que este aumento en la producción de leche

corregida por sólidos fue obtenido sin un aparente incremento en el consumo de energía, una mejora en la eficiencia de utilización de la energía consumida contribuiría a explicar este resultado. El resto de los parámetros de producción y composición de leche resultaron similares entre tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción y composición de leche en vacas Holstein suplementadas (CGP) o no (SGP) con grasa protegida (0,70 kg día⁻¹) durante el verano.

Variable	Tratamiento ¹		EEM	P-valor ²		
	CGP	SGP		Trat	M	Trat x M
Leche, kg día ⁻¹	26,6	26,2	0,36	0,38	< 0,01	0,99
LGC4%, kg día ⁻¹	26,3	25,2	0,40	0,04	< 0,01	0,70
LEC, kg día ⁻¹	26,2	25,2	0,43	0,06	< 0,01	0,59
Grasa						
%	4,04	3,83	0,10	0,12	< 0,01	0,84
Kg día ⁻¹	1,05	0,99	0,02	< 0,06	< 0,01	0,75
Proteína total						
%	3,32	3,32	0,03	0,92	< 0,01	0,90
kg día ⁻¹	0,87	0,86	0,02	0,78	< 0,01	0,83
Lactosa, %	5,04	5,03	0,02	0,66	< 0,01	0,47
Urea, mg 100 ml ⁻¹	34,2	34,6	0,43	0,48	< 0,01	0,03

¹Valores expresados a través de las medias mínimas cuadráticas (LSMeans) y el error estándar de las LSMean (EEM). ²Efectos de tratamiento (Trat), muestreo (M) e interacción tratamiento x muestreo (Trat x M). LGC4% = leche corregida al 4% de grasa; LEC = leche energía corregida.

Cabe destacar que los incrementos en producción de LGC4% y de grasa registrados en las vacas del grupo CGP resultaron muy cercanos a las respuestas medias observadas en los experimentos conducidos bajo condiciones de estrés térmico (Cuadro 1, +1,22 kg día⁻¹ y +0,08 kg día⁻¹, para producción de LGC4% y de grasa, respectivamente). Asimismo, la ausencia de efecto tratamiento sobre el contenido y la producción de proteína (Cuadro 2), está en sintonía con el efecto medio nulo observado sobre estos parámetros en los estudios realizados en condiciones de estrés térmico (Cuadro 1).

La suplementación con grasa protegida no afectó ninguno de los parámetros asociados al estado corporal evaluados, tampoco modificó el perfil metabólico de las vacas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso vivo, condición corporal y concentración plasmática de metabolitos en vacas Holstein suplementadas (CGP) o no (SGP) con grasa protegida (0,70 kg día⁻¹) durante el verano.

Variable	Tratamiento ¹		EEM	P-valor ²		
	CGP	SGP		Trat	M	Trat x M
PV (kg)	646,0	646,0	3,79	0,97	< 0,01	0,99
CC	3,11	3,08	0,03	0,32	< 0,01	0,07
Glucosa (g l ⁻¹)	0,62	0,63	0,01	0,32	< 0,01	0,45
Urea (g l ⁻¹)	0,43	0,43	0,01	0,48	< 0,01	0,79

β HB (mmol l ⁻¹)	0,44	0,45	0,02	0,86	< 0,01	0,17
------------------------------------	------	------	------	------	--------	------

¹Valores expresados a través de las medias mínimas cuadráticas (LSMeans) y el error estándar de las LSMean (EEM). ²Efectos de tratamiento (Trat), muestreo (M) e interacción tratamiento x muestreo (Trat x M). PV = peso vivo; CC = condición corporal; β HB= beta hidroxibutirato.

La uremia y la glucemia resultaron similares entre tratamientos (Cuadro 3), resultado compatible con los similares valores de urea y lactosa en leche observados (Cuadro 2).

La ausencia de efecto tratamiento sobre el PV y la CC, resultó compatible con los similares niveles de β HB observados (Cuadro 3). Aparentemente, en las vacas del grupo CGP, la energía consumida no fue canalizada hacia una acumulación diferencial de reservas corporales, sino que fue derivada a producción de LGC4% y LEC (Cuadro 2).

En general, la bibliografía informa un efecto global nulo de las grasas protegidas sobre los indicadores fisiológicos de estrés. Sin embargo, en este estudio, se observó que la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal promedio diarias resultaron significativamente mayores en las vacas del grupo CGP en comparación con el grupo SGP (66,9 vs. 62,9 \pm 1,43 respiraciones minuto⁻¹, $P < 0,05$ y 38,9 vs. 38,6 \pm 0,10 °C, $P = 0,04$, para CGP y SGP, respectivamente). Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Moallem *et al.* (2010), quienes también informaron resultados similares, a pesar de observar una menor producción de calor metabólico estimado en las vacas suplementadas con grasa protegida en comparación con el grupo control.

Conclusiones

Bajo condiciones de estrés térmico, la utilización de grasas protegidas no parece ser una estrategia nutricional adecuada para mejorar la condición corporal de las vacas. Sin embargo, resulta ser una herramienta que favorece una mayor producción de leche corregida por sólidos y de grasa, lo que podría mejorar las potenciales bonificaciones por calidad. En las condiciones de este estudio, la suplementación con grasa protegida no logró reducir la frecuencia respiratoria ni la temperatura corporal de las vacas. Se requiere investigación futura para comprender y explicar los mecanismos por los cuales la suplementación con grasa aparentemente no mejora el equilibrio térmico de las vacas estresadas por calor.

Bibliografía:

Armstrong, D.V. 1994. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.

Baumgard, L.H.; Rhoads, R.P. 2012. Ruminant Nutrition Symposium: Ruminant production and metabolic response to heat stress. *J. Anim. Sci.* 90: 1855–1865.

Baumgard, L.H.; Abuajamieh, M.K.; Stoakes, S.K.; Sanz-Fernandez, M.V.; Johnson, J.S.; Rhoads, R.P. 2014. Feeding and Managing Cows to Minimize Heat Stress. Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, Indiana, USA, 14-16 April 2014, 61-74.



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: 1947-1956.

Chan, S.C.; Huber, J.T.; Chen, K.H.; Simas, J.M.; Wu, Z. 1997. Effects of Ruminally Inert Fat and Evaporative Cooling on Dairy Cows in Hot Environmental Temperatures. *J. Dairy Sci.* 80: 1172-1178.

Collier, R.J.; Dahl, G.E.; VanBaale, M.J. 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89: 1244-1253.

Conte, G.; Ciampolini, R.; Cassandro, M.; Lasagna, E.; Calamari, L.; Bernabucci, U.; Abeni, F. 2018. Feeding and Nutrition Management of Heat-Stressed Dairy Ruminants. *Ital. J. Anim. Sci.* 17: 604-620.

Drackley, J.K.; Cicela, T.M.; LaCount, D.W. 2003. Responses of Primiparous and Multiparous Holstein Cows to Additional Energy from Fat or Concentrate during Summer. *J. Dairy Sci.* 86: 1306-1314.

Jenkins, T.C. 1993. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76: 3851-3863.

Knapp, D.M.; Grummer, R.R. 1991. Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.* 74: 2573-2579.

Leva, P.E.; García, M.S.; Veles, M.A.; Valtorta, S.E. 2000. Ganado lechero en la cuenca central de Santa Fe-Córdoba: Efecto del estrés estival e impacto esperado del cambio global. *Revista FAVE* 14 (1): 39-48.

Leva, P.; Valtorta, S.; Castro, H.; Maiztegui, J.; Bermudes, R.F. 1998. Grasa hidrogenada de pescado para vacas lecheras en condiciones de pastoreo en verano. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18 (1): 18.

Martínez, R.S.; Palladino, R.A.; Pla, M.; Roman, L.; La Manna, A. 2017. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 37 (1): 83.

Moallem, U.; Altmark, G.; Lehrer, H.; Arieli, A. 2010. Performance of High Yielding Dairy Cows Supplemented with Fat or Concentrate under Hot and Humid Climates. *J. Dairy Sci.* 93: 3192-3202.

Rhoads, M.L.; Kim, J.W.; Collier, R.J.; Crooker, B.A.; Boisclair, Y.R.; Baumgard, L.H.; Rhoads, R.P. 2010. Effects of Heat Stress and Nutrition on Lactating Holstein Cows: II. Aspects of Hepatic Growth Hormone Responsiveness. *J. Dairy Sci.* 93: 170-179.

Roskopf, P.M.; Tieri, M.P.; Cuatrin, A.; Cucchi, M.E.C.; Gere, J.I.; Salado, E.E. 2023. Performance of Dairy Cows Supplemented with By-Pass Fat under Heat Stress Conditions. *Open J. Anim. Sci.* 13: 82- 97.

SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT® User's Guide (2002-2010). SAS Institute, Cary, NC, USA.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio
de Economía
República Argentina

Secretaría
de Bioeconomía

Wang, J.P.; Bu, D.P.; Wang, J.Q.; Huo, X.K.; Guo, T.J.; Wei, H.Y.; Zhou, L.Y.; Rastani, R.R.; Baumgard, L.H.; Li, F.D. 2010. Effect of Saturated Fatty Acid Supplementation on Production and Metabolism Indices in Heat-Stressed Mid-Lactation Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 93: 4121-4127.

Warntjes J.L.; Robinson, P.H.; Galo, E.; DePeters, E.J.; Howes, D. 2008. Effects of feeding supplemental palmitic acid (C16:0) on performance and milk fatty acid profile of lactating dairy cows under summer heat. *Anim. Feed Sci. Technol.* 140: 241–257.

Fecha de publicación: 13 de Junio de 2024