

El ácido linoleico conjugado y palmítico complementados a vacas lactantes en pastoreo en el trópico: respuesta productiva

Conjugated linoleic and palmitic acid supplemented to lactating grazing cows in the tropic: productive response

Lorenzo Danilo Granados-Rivera¹, Jorge Alonso Maldonado-Jáquez^{2*}, Pablo Alfredo Domínguez Martínez³, Yuridia Bautista-Martínez⁴, Jonathan Raúl Garay-Martínez⁵

¹INIFAP-Campo Experimental General Terán. Km. 31 Carretera Montemorelos-China Ex Hacienda Las Anacuas, C.P. 67400, General Terán, Nuevo León, México.

²INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Blvd. José Santos Valdez # 1200. Centro, C.P. 27440. Matamoros, Coahuila, México.

³INIFAP- Campo Experimental Valle de Guadiana. Durango, Durango, México.

⁴Faculta de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Carretera Mante, Km.5. C.P. 87000. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

⁵INIFAP- Campo Experimental Las Huastecas. C.P. 89610, Altamira, Tamaulipas, México.

*Autor de correspondencia: maldonado.jorge@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la complementación con ácido palmítico y linoleico conjugado (ALC) a vacas lactantes en pastoreo en el comportamiento productivo. Se utilizaron 6 vacas $\frac{3}{4}$ Suizo x Cebú, en pastoreo, en un diseño cruzado y asignadas aleatoriamente a tres tratamientos, 2 en cada uno: T1 (dieta base), T2 (dieta base + ALC), y T3 (dieta base + ALC + ácido palmítico). Las variables evaluadas fueron consumo de forraje, producción y composición de la leche. No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos en consumo de forraje ni contenido de proteína ni lactosa en leche, pero sí en grasa, que fue menor ($p \leq 0.01$) con la adición solo de ALC. La producción de leche fue mayor ($p \leq 0.05$) cuando se agregaron juntos ALC y palmítico. El uso del ácido palmítico y ALC en la dieta de vacas en pastoreo disminuye la caída de grasa en leche.

Palabras clave: producción de leche, ácido palmítico, ALC, trópico

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of palmitic and conjugated linoleic acid (CLA) supplementation of grazing dairy cows on animal performance. Six lactating grazing $\frac{3}{4}$ Swiss x Zebu cows were used in a rotational system, using a Crossover Design. The animals were randomly assigned to three treatments, two each: T1 (basal diet), T2 (basal diet + CLA), T3 (basal diet + CLA + palmitic acid). All cows received 4 kg DM d⁻¹ concentrate and 8 kg DM d⁻¹ sorghum silage. Dry matter intake, milk production and composition were evaluated. There were no differences ($p > 0.05$) on herbage dry matter intake nor on milk protein and lactose among treatments, but on milk fat concentration, which was lower ($p \leq 0.01$) with CLA in the diet. Milk production was higher ($p \leq 0.05$)



when adding both CLA and palmitic in the diet. It was concluded that adding palmitic acid in the diet of grazing cows alleviate the milk fat decline due to conjugated linoleic acid consumption.

Key word: milk production, palmitic acid, CLA, tropic

INTRODUCCIÓN

La leche bovina tiene un elevado valor nutricional, cuya composición general es de 4.6 % de lactosa, 3.6 % de proteína y 4.2 % de grasa. Esta última fracción está compuesta de 98 % de triglicéridos, en promedio, los cuales son sintetizados en glándula mamaria, y de éstos, 70 % corresponden a ácidos grasos saturados, 25 % a monoinsaturados y 5 % a ácidos grasos poliinsaturados (2.3 %) y trans (2.7 %) (Lindmark, 2008). Adicionalmente, con la leche se elaboran subproductos como queso, yogur y mantequilla, los cuales son un medio adecuado para incorporar ingredientes que les den el valor de alimento funcional para la población humana, con el objetivo de disminuir problemas de salud como obesidad, diabetes y cáncer (Fernández *et al.*, 2005).

En México de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012) el problema más grave de salud pública es la obesidad, siendo la población que la padece en el país de alrededor de 64.6 % y, lo más grave es que ello se relaciona con padecimientos cardiovasculares, diabetes mellitus y cáncer, que a su vez están asociados al consumo de grasas saturadas, las cuales son altas en alimentos de origen animal, incluyendo la leche y sus subproductos. Ante esto, la Secretaría de Salud (2010) recomienda disminuir el consumo de estos alimentos, incluyendo el consumo de leche entera en todos los sectores de la población, inclusive en el sector infantil. No obstante, más que reducir su consumo, debería cambiarse a la ingesta de grasas insaturadas, que además promuevan una mejora en la salud del consumidor (Hu *et al.*, 2001).

Dado lo anterior, es importante considerar los factores involucrados para mejorar la calidad de la leche, donde la grasa es el componente más fácilmente modificable, lo cual permite cambiar el

perfil de ácidos grasos hacia una concentración mayor de grasas insaturadas. Dentro de la fracción insaturada, se encuentra el ácido linoleico conjugado (ALC), el cual hace referencia a un conjunto de al menos 28 isómeros geométricos y posicionales del ácido linoleico con enlaces dobles en posición conjugada (Bauman, 2003), y es producido en el rumen como intermediario en el proceso de biohidrogenación del ácido linoleico, por acción de bacterias como *Butirivibrio fibrisolvens* (Griinari *et al.*, 2000). El ALC también puede ser sintetizado de forma endógena en los tejidos de rumiantes, a partir de ácido vaccénico (C18: 1 *trans*-11), por acción de la esteril-CoA desaturasa (Griinari *et al.*, 2000). La importancia del ALC radica en sus propiedades potencialmente benéficas en el ser humano, como reducción de grasa en los tejidos, prevención de la aterosclerosis y cáncer, reducción de la hipertensión arterial, mejorar la mineralización de huesos, así como la sensibilidad a insulina y la respuesta inmune (Khanaly y Dhiman, 2004), por lo que su incremento en la leche es deseable.

La síntesis de grasa es muy sensible al cambio de dieta. Por ejemplo, dietas con más del 40 % de concentrado o más del 5 % de ácidos grasos poliinsaturados, en particular, el isómero *trans*-10, *cis*-12 de ALC, pueden inducir un síndrome caracterizado por disminuir el contenido de grasa en la leche hasta en 46 %, fenómeno conocido como síndrome de depresión de grasa láctea (DGL) (Piantoni *et al.*, 2013), y a la fecha no ha sido resuelto. El DGL es perjudicial para la industria lechera, ya que se reduce el rendimiento de subproductos como quesos y mantequilla, por lo que el precio de la leche es castigado. En este sentido, es necesario proponer alternativas para producir leche con alto contenido de ALC, pero evitando el DGL.



Actualmente, la investigación respecto a la inclusión de lípidos en la dieta de vacas lecheras está orientada al uso de ácidos grasos libres, para mejorar el metabolismo energético del animal, incrementar la producción de leche y minimizar la remoción de reservas corporales en la primera fase de lactación (Rico *et al.*, 2014). A este respecto, se ha reportado que el uso de fuentes purificadas de ácido palmítico incrementa la producción de leche y el rendimiento de grasa en la misma (Mosley *et al.*,

2007; Piantoni *et al.*, 2013), además ayuda en la reposición de la pérdida de peso corporal durante los períodos de balance negativo de energía (Loften *et al.*, 2014). Con base a este antecedente, generamos la hipótesis que agregar fuentes enriquecidas de ácido palmítico en dietas de vacas donde se incluye ácido linoleico conjugado, podría disminuir el síndrome de depresión de grasa láctea, sin afectar el comportamiento productivo, el cual es el objetivo principal de la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un rancho particular con vacas doble propósito, ubicado en el municipio de Huimanguillo Tabasco (20 msnm, temperatura media anual de 26.1 °C, precipitación pluvial anual de 2,220 mm, humedad relativa media mensual superior al 80 %).

Se utilizaron seis vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú en lactancia temprana (primer tercio) homogéneas en número de partos, distribuidas en 3 grupos de 2 animales cada uno. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tres grupos, usando un Diseño Cruzado. Las vacas tuvieron un periodo de adaptación de 14 días y tres periodos experimentales de 21 días, donde las muestras de leche se obtuvieron en los últimos cuatro días de cada periodo. Los tratamientos fueron T1) dieta base (pastoreo + concentrado + ensilado); T2) dieta base + 50 g de ALC (mezcla de ácidos grasos microencapsulados, que aportaron 6 g de *cis*-9, *trans*-11 y 6 g de *trans*-10, *cis*-12 ALC, Lutrell Pure®, BASF, Alemania); T3) dieta base + 50 g de ALC + 412 g de ácido palmítico (mezcla de ácidos grasos microencapsulados con 85 % de ácido palmítico, Jefe Dairy Fat 99%®, JEFO, Canadá).

Las vacas estuvieron en pastoreo rotacional, en una pradera mixta de pasto estrella de áfrica (*Cynodon plectostachyus*), Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) e insurgente (*Brachiaria brizantha*). Cada día se ofreció 4 kg de concentrado (mitad en cada ordeño; 05:00 y 16:00 h) en conjunto

con el ALC y el ácido palmítico, según correspondía. Posterior a la ordeña, las vacas se alojaron en un corral donde se le ofreció a cada vaca 4 kg de ensilado de sorgo.

La producción de leche se midió en cada vaca (Waikato MK, Nueva Zelanda) (Figura 1) los últimos cuatro días de cada periodo experimental. Simultáneamente se obtuvieron muestras de leche en cada ordeña, las cuales se almacenaron en viales de plástico (120 mL) y se conservaron en refrigeración a 5 °C para analizar la composición química posteriormente. La determinación de grasa, proteína y lactosa de la leche se realizó por espectrometría infrarroja (LactiCheck, Estados Unidos) en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental, Huimanguillo, en Tabasco.

Para determinar el consumo de forraje se utilizó óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). Las heces se obtuvieron durante cuatro días alternos del periodo experimental directamente del recto del animal y se congelaron para su análisis en el laboratorio. Las muestras se descongelaron a 24 °C y se mezclaron las cuatro muestras de cada vaca y de cada periodo, para formar una muestra compuesta. A las muestras de heces y a cada uno de los componentes de la dieta total se les determinó cenizas insolubles en ácido, y la determinación de cromo se realizó únicamente en las muestras de heces. Ambas determinaciones por absorción atómica se



realizaron en el laboratorio de nutrición animal del Colegio de Postgraduados.

Aplicando la fórmula descrita por Church (1988), se calculó la producción diaria de materia fecal. Posterior a esto, con los datos de la producción de materia fecal, se estimó el consumo de forraje de la pradera (g MS d^{-1}) de cada vaca de

acuerdo a la fórmula descrita por Geerken *et al.* (1987). El consumo total de materia seca (MS) se determinó sumando la cantidad de MS del forraje de la pradera, ensilado de maíz y concentrado consumido por vaca $^{-1}$ día $^{-1}$.

Aplicando la fórmula descrita por Church (1988), se calculó la producción diaria de heces:

$$\text{Producción fecal, MS (g d}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Dosis de Cr}_2\text{O}_3 \text{ * g d}^{-1}}{\text{Concentración de Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces (g dg}^{-1}\text{ MS)}}$$

Se estimó el consumo de forraje de la pradera (g MS d^{-1}) de cada vaca según la fórmula que proponen Geerken *et al.* (1987):

$$\text{Consumo MS pradera (g d}^{-1}\text{)} = \frac{\{(CIA)_H \times PTH\} - \{(CIA)_C \times CTC\} - \{(CIA)_M \times CTM\}}{(CIA)_P}$$

Dónde: $(CIA)_H$ = Concentración de cenizas insolubles en ácido (CIA) en heces (g kg^{-1} MS); PTH = Producción total de heces, usando Cr_2O_3 como marcador externo (g d^{-1}); $(CIA)_C$ = Concentración de CIA del concentrado (g kg^{-1} MS); CTC = Consumo total del concentrado (g); $(CIA)_M$ = Concentración de CIA en el ensilado de maíz (g kg^{-1} MS); CTM = Consumo total de ensilado de sorgo (g d^{-1}); $(CIA)_P$ = Concentración de CIA en el forraje de la pradera (g g^{-1} MS)

Los datos se analizaron con el procedimiento de modelos lineales generalizados (PROC GLM) del paquete estadístico SAS. El diseño experimental utilizado fue un crossover simple balanceado y

las diferencias entre las medias de mínimos cuadrados se estimaron por medio de la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de consumo de forraje, y concentración de proteína y lactosa en leche se presentan en el Cuadro 1, sin diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos. De acuerdo con el NRC (2001), vacas lecheras con

un peso vivo promedio de 450 kg, con una producción de 20 kg de leche d^{-1} , requieren consumir 16.5 kg de MS. En el presente estudio, la producción láctea no rebasó los 20.0 kg d^{-1} y el consumo de MS total promedió 15.3 kg d^{-1} (Cuadro 1).

Cuadro 1. Consumo de materia seca, producción y composición química de la leche de vacas en pastoreo complementadas con ácido palmítico y ácido linoleico conjugado.

	Tratamientos			EEM
	T1	T2	T3	
Consumo de MS (kg d^{-1})				
Concentrado	4.00	4.00	4.00	-
Ensilado	8.00	8.00	8.00	-
Forraje	3.13	3.37	3.49	0.34
Consumo total	15.13	15.37	15.49	0.46
Proteína (g kg^{-1})	33.2	33.1	32.8	0.02
Lactosa (g kg^{-1})	48.0	47.9	47.5	0.03

*EEM=Error Estándar de la Media. T1= Testigo; T2= Ácido linoleico conjugado; T3= Ácido linoleico conjugado + ácido palmítico

La producción promedio de leche fue 15.2, 15.3 y 16.4 kg d⁻¹ para el tratamiento testigo, ALC y ALC + palmítico, respectivamente (Figura 1). Al incluir ácido palmítico (C16:0) en la dieta, la producción de leche aumentó ($p \leq 0.05$) 1.17 y 1.07 kg d⁻¹, respecto al tratamiento testigo y cuando únicamente se incluyó ALC, debido al mayor aporte de energía en la dieta, dado por la adición de ácido palmítico. A este respecto, Warntjes *et al.* (2008), reportan que los microorganismos del rumen no son afectados

por altos niveles de ácidos grasos saturados en la dieta, permitiendo que C16:0 escape del rumen como un ácido graso inerte y entonces puede ser absorbido en intestino delgado, lo que sugiere mayor energía neta para lactación (ENL). Piantoni *et al.* (2013) y Moley *et al.* (2007) observaron respuestas similares en la producción de leche en vacas complementadas con C16:0, 384 y 545 g ácido palmítico, con incrementos de 1.10 y 3.1 kg⁻¹ leche respectivamente, versus testigos.

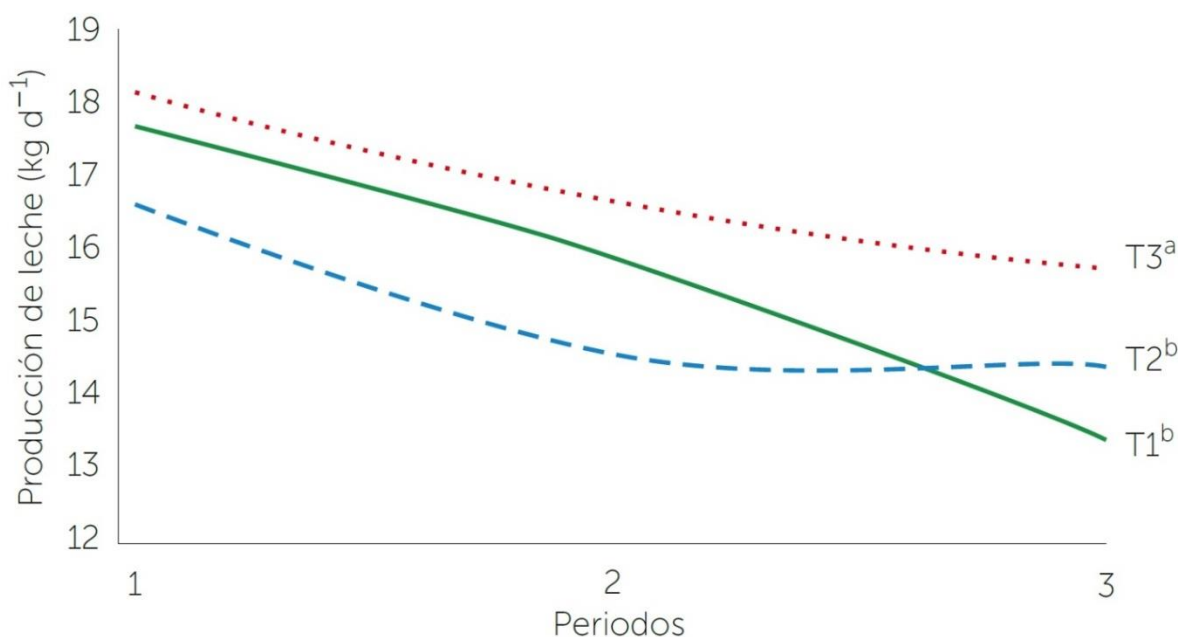


Figura 1. Producción de leche de vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú sin complemento (Testigo), complementadas con ácido linoleico conjugado (ALC) y ácido palmítico (ALC+ palmítico).

La concentración promedio de grasa en leche fue 38.6, 28.3 y 36.4 g kg⁻¹ para el tratamiento testigo, ALC y ALC + palmítico respectivamente. Por tanto, la disminución de concentración en grasa fue 26.7 % y 5.7 % cuando se agregó únicamente ALC y ALC + palmítico, respectivamente, con respecto al testigo. Incluir 412 g de ácido palmítico en la dieta de vacas,

mostró una eficacia del 76.7 % en la reducción de la caída de grasa en leche por efecto de añadir en la dieta ALC. En el tratamiento con únicamente ALC la grasa fue significativamente menor ($P \leq 0.01$) respecto al testigo y ALC + palmítico (Figura 2), y estuvo por debajo de 30 g kg⁻¹ que establece la Norma Mexicana 700 (NMX-F-700-COFOCALEC-2004).

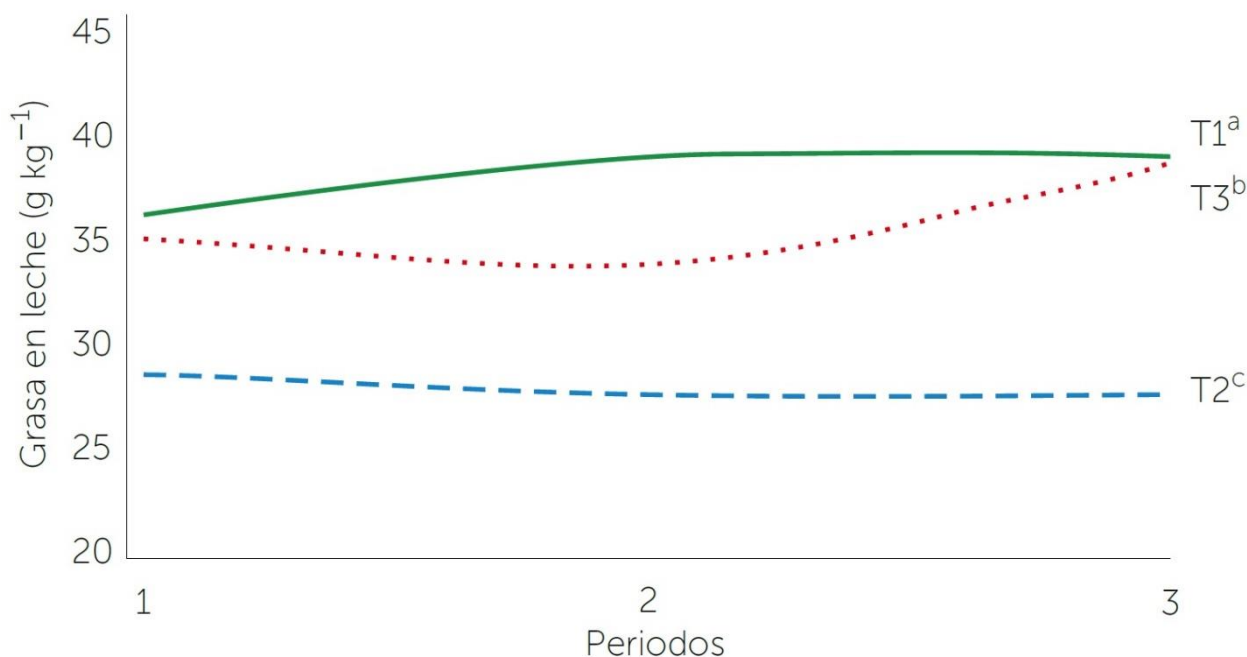


Figura 2. Concentración de grasa en leche de vacas $\frac{3}{4}$ Pardo Suizo X Cebú sin complemento (Testigo), complementadas con ácido linoleico conjugado (ALC) y ácido palmítico (ALC + palmítico).

El comportamiento en la disminución de la grasa en la leche, fue similar al reportado recientemente por Ramírez-Mella *et al.*, (2013) y Pappritz *et al.* (2010), y se ha reportado que ello se debe al isómero *trans*-10, *cis*-12 ALC presente en la dieta de las vacas. Dicho isómero disminuye la expresión de genes lipogénicos en tejido mamario que codifican para enzimas involucradas en el transporte y captación de ácidos grasos, la síntesis de novo de ácidos grasos y la síntesis de triglicéridos (Khanaly y Dhiman, 2004). Pappritz *et al.* (2010) reportaron una disminución de 7 y 12 % en el contenido de grasa en leche de vaca al suministrar 50 g y 100 g, respectivamente, del suplemento de ALC en comparación con el tratamiento testigo, aunque sólo fue estadísticamente significativa a partir de la semana 8 y hasta la semana 26 de lactancia, momento en el cual cesó el suministro del ácido linoleico conjugado. Valores similares fueron reportados por Silg *et al.* (2010) al suministrar 20 g de *trans*-10, *cis*-12 ALC durante las primeras 4 semanas de lactancia en vacas. Esto sugiere que el *trans*-10, *cis*-12 ALC no afecta

significativamente la cantidad de grasa en leche en la lactancia temprana, dado que, durante este período, los ácidos grasos presentes en la leche provienen, en gran parte, de la movilización de las reservas corporales del animal, más que de la síntesis de novo, y los efectos del *trans*-10, *cis*-12 ALC son considerablemente más importantes en la síntesis de novo que en la movilización y transporte de ácidos grasos. Ello responde al porqué de eficacia del ácido palmítico en la reducción de la caída de grasa por efecto de incluir ALC en la dieta, ya que de acuerdo a Loften *et al.*, (2014) complementar a vacas lecheras con ácido palmítico puro (> 85 %), como en este estudio, la síntesis de novo de ácidos grasos disminuye. Al respecto, Mosley *et al.* (2007) y Piantoni *et al.* (2013) reportaron incrementos en la concentración de ácidos grasos preformados en sangre por efecto de incluir ácido palmítico en la dieta de vacas lecheras, lo que ocasiono que la concentración de grasa en leche se incrementará en 14.8 y 3.3 % respectivamente. Los mismos autores reportaron incrementos de la concentración del

ácido palmítico de alrededor del 25.0 %, mientras que los otros ácidos grasos presentes en la leche se mantuvieron o redujeron, lo que puso de manifiesto que el incremento de la

concentración de la grasa en la leche fue por efecto del ácido palmítico.

CONCLUSIONES

Incluir ácido palmítico o ácido linoleico conjugado individualmente o en conjunto en la dieta de vacas lecheras $\frac{3}{4}$ Suizo X Cebú en pastoreo, no ofrece beneficios en consumo de

forraje ni contenido de proteína ni lactosa en leche, pero el ácido palmítico incrementa la producción de leche, y atenúa la caída de grasa en leche por efecto de incluir ALC en la misma dieta.

LITERATURA CITADA

- Bauman, D. E., Corl, B. A. & Peterson, D. G. 2003. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, 2: 146-173.
- Church, D.C. 1988. Fecal composition, mathematics of digestion balances and markers. p. 39-57. In D.C. Church (ed) *The Ruminant Animal Digestive: Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey USA.
- Fernández, G. J.M., Fernández-López J., Sayas-Barberá E. & Pérez-álvaez J.A. 2005. Meat products as functional foods: a review. *Journal of Food Science* 70: 37-43.
- Geerken, C. M., Calzadilla, D. & Gonzáles, R. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y forrajes*, 10: 266-273.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V. & Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *The Journal of Nutrition*, 130(9): 2285-2291.
- Hu, F. B., Manson, J. E. & Willett, W. C. 2001. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition*; 20:5–19.
- Khanal, R.C. & Dhiman, T.R. 2004. Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): A Review. *Pakistan Journal of Nutrition* 3(2):72-81.
- Lindmark, M.H. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food and Nutrition Research*, 52. Published on line June 11th, 2008. doi:10.3402/fnr.v52i0.1821.
- Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G. & Kertz A. F. 2014. Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:4661–4674.
- Mosley, S. A., Mosley, E. E., Hatch, B., Szasz, J. I., Corato, A., Zacharias, N., Howes, D. & McGuire, M. A. 2007. Effect of varying levels of fatty acids from palm oil on feed intake and milk production in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 90:987–993.
- NRC. 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. National Research Council. Washington D.C., U.S.A.
- Pappritz, J., Meyer, U., Kramer, R., Weber, E.M., Jahreis, G., Rehage, J., Flachowsky, G. & Dänicke, S. 2011. Effects of long-term supplementation of dairy cow diet with rumen protect conjugated linoleic acids (CLA) on performance, metabolic parameters and fatty acid profile in milk fat. *Arch. Anim. Nutr.*, 65:89-107.
- Piantoni, P., Lock, A. L. & Allen, M. S. 2013. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility



- across production level of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 96:7143–7154.
- Ramírez-Mella, M., Hernández-Mendo, O., Ramírez-Bribiesca, E. J., Améndola-Massiotti, R. D., Crosby-Galván, M. M. & Burgueño-Ferreira, J. A. 2013. Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Tropical Animal Health and Production* 45:1783–1788.
- Secretaria de Salud. 2010. Consume población mexicana 11 % más grasas dañinas de lo permitido. Dirección General de
- production level of cows. *Journal of Dairy Science* 97:1057–1066.
- Warntjes, J., Robinson, P., Galo, E., DePeters, E. & 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. *Animal Feed Science and Technology* 140:241–257.
- Comunicación Social. Comunicado de prensa número 069.
- Sigl, T., Schlamberger, G., Kienbergen, H., Wiedemann, S., Meyer, H.H.D. & Kaske M. 2010. Rumen-protected conjugated linoleic acid supplementation to dairy cows in late pregnancy and early lactation: effects on milk composition, milk yield, blood metabolites and gene expression in liver. *Acta Vet. Scand.*, 52:16.
- Rico, J. E., Allen, M. S. & Lock, L. 2014. Compared with stearic acid, palmitic acid increased the yield of milk fat and improved feed efficiency across