



+ PASTO = LECHE CON + ÁCIDOS GRASOS SALUDABLES

Lic. CTL Andrea Cartaya¹⁻⁴, Ing. Agr. Dra. Nora Techeira²,
Lic. Bioq. MSc. Karen Keel², Lic. Biol. MSc. Andrea
Garay², Ing. Agr. PhD. Federico Harte³, Ing. Agr. PhD.
Alejandro Mendoza⁴, Ing. Agr. PhD. Santiago Fariña⁴,
Quim. Farm. Dr. Tomás López-Pedemonte²

¹Área Agroalimentos - INIA

²Unidad Tecnológica de Lácteos - UTEC

³Department Food Science - Pennsylvania State
University

⁴Sistema Lechero - INIA

El objetivo del estudio fue determinar si el sistema de alimentación, con asignación de pastura variable, ocasionaba cambios en el perfil de ácidos grasos de la leche, en las propiedades tecnológicas y en los índices de salud cardiovascular (aterogénico y trombogénico). Los resultados mostraron que a medida que aumentó el consumo de pasto la cantidad relativa de ácido palmítico en la leche disminuyó, y que la proporción de ácidos oleico, linoleico, linolénico y CLA aumentó, generando una reducción en los índices cardiovasculares, lo que redundó en una leche más saludable para los humanos; y un aumento en la capacidad de untar de la manteca. Estos cambios se dieron rápidamente ante un aumento en el consumo de pasto por las vacas.

La leche de vaca es un alimento que está incluido en la dieta de los humanos desde hace miles de años y que proporciona nutrientes esenciales para el funcionamiento de nuestro organismo. Es un sistema complejo en el que coexisten proteínas de fácil digestión y alto valor biológico, aminoácidos esenciales, vitaminas (A, del

complejo B y otras), minerales (calcio, fósforo, magnesio, entre otros), azúcares (lactosa) y grasa (ácidos grasos). En Uruguay consumimos anualmente 232 litros *per cápita*, duplicando el consumo mundial promedio (INALE), de ahí la importancia e interés que genera el estudio de los diferentes componentes de la leche.

La mayoría de la leche bovina es producida en el país (2.200 millones L/año) bajo un sistema pastoril con suplementación a cielo abierto y contiene de 3 a 5 % de grasa, compuesta por aproximadamente 400 ácidos grasos (AG).

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS ÁCIDOS GRASOS?

Dentro de los AG encontrados en la leche y los productos lácteos hay lípidos funcionales como: ácido linoleico conjugado (CLA), ácido oleico, ácidos grasos de cadena corta y media; de los que se obtienen beneficios muy conocidos. Por ejemplo, el CLA disminuye la aparición de enfermedades cardiovasculares, tiene propiedades anticancerígenas, antidiabéticas y antiobesidad, mientras que el ácido butírico es inhibidor de la multiplicación de las células cancerígenas.

Muchos investigadores han dado a conocer, a través de trabajos científicos, que los AG de la leche determinan sus propiedades tecnológicas. La textura y dureza de la manteca están determinadas por los niveles de AG saturados e insaturados. Un alto contenido de AG insaturados al momento de la elaboración resulta en mantecas más suaves y untables que la producida con crema rica en AG saturados de cadena larga.

ORIGEN DE LOS ÁCIDOS GRASOS EN LA LECHE

Los AG que componen la leche provienen de la sangre o de síntesis *de novo* en la glándula mamaria. Los AG que tienen origen sanguíneo, surgen a partir de la dieta y los procesos de biohidrogenación del rumen o de la movilización del tejido adiposo, son los AG de cadena larga (>16 carbonos). Los AG de cadena corta (≤14 carbonos) son sintetizados *de novo* y los de 16 carbonos son originados en el torrente sanguíneo, principalmente provenientes de la dieta (50 %) y sintetizados en la glándula mamaria (50 %).

Los factores que afectan el perfil de AG de la leche pueden ser intrínsecos o externos. Dentro de los intrínsecos al animal se encuentran: raza, genotipo, paridad, etapa de lactancia, producción de leche; y de los externos: la composición de la dieta, manejo del rodeo, frecuencia de ordeño, estación del año, entre otros.

EL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en colaboración entre el Sistema Lechero de INIA y la Unidad Tecnológica de Lácteos de UTEC. La fase de campo se realizó en el marco del proyecto de sistema “10-MIL” que se describe en el N° 53 de la Revista INIA, pág 22,

y en el artículo de Stirling *et al.* (2021)

Acceda **AQUÍ**



El diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2 × 2 de tratamientos, combinó dos genotipos de vacas Holando según su origen genético: norteamericano (HNA) o neozelandés (HNZ) y dos estrategias de alimentación, según la proporción de pastura ofrecida: asignación fija de pastura (PFI) y asignación variable (PVA). Durante el período de cuatro meses que duró ese trabajo PFI recibió una dieta con una relación 1:1:1 de pasto, concentrado y reservas forrajeras (ensilaje de maíz o pasturas). La estrategia PVA fue diseñada para maximizar la proporción de pasto en la dieta, con una asignación de pastura flexible por vaca y día, que fue determinada por la tasa de crecimiento semanal de pasto; en este caso las vacas fueron suplementadas con concentrado y reservas forrajeras para mantener el nivel de producción objetivo (Cuadro 1).

Para este estudio se obtuvieron muestras de leche de 10 vacas de cada tratamiento (PFI-HNZ, PFI-HNA, PVA-HNZ y PVA-HNA), seleccionadas al azar de un grupo de vacas que tenían días de lactancia, paridad y producción diaria de leche similares (dentro de cada genotipo) para reducir el sesgo y el error experimental. Las características de cada grupo de vacas al comienzo del experimento se pueden ver en el artículo de Techeira *et al.* (2023)

Acceda **AQUÍ**



Las muestras de leche por vaca se tomaron cada dos semanas, cada una compuesta por partes iguales de leche del ordeño de la mañana y de la tarde. En total se obtuvieron 280 muestras para análisis durante siete muestreos.

Cuadro 1 - Consumo promedio de pasto (% del total) durante los primeros tres muestreos, los últimos 4 muestreos y la variación de la proporción de pasto en la dieta entre el primer y último muestreo.

Tratamiento	Consumo de pasto (%)		Variación consumo de pasto (%)
	Muestreos 1 al 3	Muestreos 4 al 7	
PFI-HNZ	26 ± 3	26 ± 4	17 - 35
PFI-HNA	24 ± 3	28 ± 7	19 - 31
PVA-HNZ	24 ± 3	47 ± 7	20 - 62
PVA-HNA	12 ± 8	51 ± 8	0 - 62

Acceda **AQUÍ**



Para realizar el análisis de los AG fue necesario obtener la grasa de las muestras según el método de referencia de Röse-Gottlieb (ISO1211:2010, IDF1:2010) y luego preparar los AG según el método ISO15884:2002-IDF182:2002. Los AG se analizaron utilizando un Cromatógrafo de Gases (modelo 7820a, Agilent Technology) y su cuantificación se expresó como porcentaje de concentración relativa.

La importancia de los AG en el cuidado de la salud se evaluó calculando los índices aterogénico (IAT) y trombogénico (IT). El IAT relaciona la suma de los principales AG saturados que colaboran en la adhesión de lípidos a las células del sistema inmunológico y circulatorio, con la suma de los principales AG insaturados, que son los que evitan la adherencia de la placa de ateroma y bajan los niveles de AG esterificados, colesterol y fosfolípidos, previniendo la aparición de enfermedades cardiovasculares. El IT es el resultado de la relación entre los AG protrombogénicos y antitrombogénicos y estima el potencial de formación de coágulos a nivel de los vasos sanguíneos.

El potencial tecnológico de la leche para la obtención de manteca se evaluó mediante un índice de untabilidad, en inglés denominado *spreadability index* (SI), que se calcula como el cociente entre AG palmítico (C16:0) y AG oleico (C18:1). Un incremento en el SI significa una disminución en la untabilidad de la manteca.

RESULTADOS OBTENIDOS

Perfil de ácidos grasos

Para el contenido de grasa, AG volátiles y la mayoría de las concentraciones relativas de AG de cadena media, no se observaron diferencias significativas entre genotipos (HNA y HNZ).

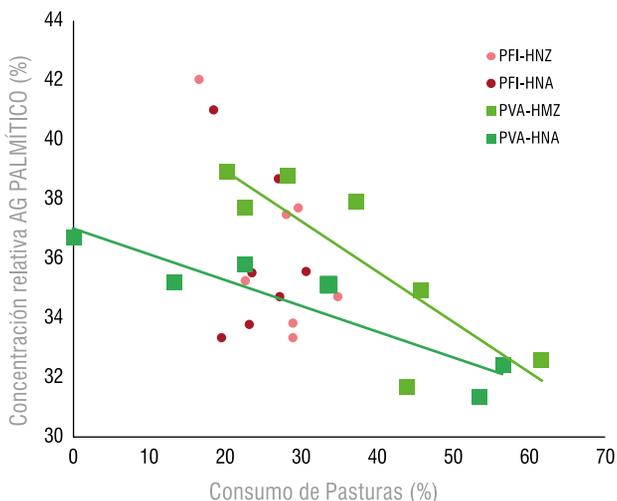


Figura 1 - Relación entre el consumo de pastura y concentración relativa del ácido graso palmítico.

Para la estrategia PVA, a medida que aumentó la cantidad de pasto consumido por las vacas, disminuyó el AG palmítico (Figura 1) y aumentaron los AG oleico, linoleico, linoléico y CLA (Figura 2). Se atribuye el aumento en la concentración de los AG linoleico y linoléico al mayor consumo de pasto, ya que estos AG no pueden ser sintetizados por el animal y su presencia en la leche depende del aporte de la dieta. Además, la biohidrogenación de estos AG en el rumen aumenta el contenido de CLA en la leche.

Indicadores de salud

Por cada aumento del 10 % en el consumo de pasto, el IAT de la leche de las vacas PVA se redujo en 0,17 para las vacas HNA y en 0,31 para las vacas HNZ (Figura 3 a); mientras que el IT disminuyó 0,16 para HNA y 0,24 para HNZ (Figura 3 b). La reducción de IAT y IT con mayor consumo de pasto se debió principalmente a la reducción en la concentración de AG palmítico y a la mayor proporción de AG oleico, linoleico y CLA.

En este estudio, cuando se alcanzó el máximo de pasto ingerido en las vacas PVA (61 % para las vacas HNZ y 62 % para las vacas HNA), el IAT disminuyó a 2,54 y 2,42, mientras que el IT disminuyó a 2,69 y 2,58, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por diversos autores para vacas Holando en similares condiciones de consumo de pastura; donde se informan valores que oscilan entre 1,60 a 3,79 para IAT y entre 0,39 a 5,04 para IT. En algunos de esos casos el IAT disminuyó 0,22 con 30 % de aumento en el consumo de pasto y 0,47 para un aumento del 40 % de consumo.

Propiedades tecnológicas

El SI disminuyó con el aumento de consumo de pasto, lo que significa que la untabilidad se incrementó, 0,12 para HNA y 0,24 para HNZ (Figura 3 c), valores estos que concuerdan con resultados de otros estudios. El menor SI en la leche de vacas PVA puede explicarse por la reducción del AG palmítico (punto de fusión 62,9 °C) y el aumento del AG oleico (punto de fusión 13-14 °C), ya que estos fueron los más abundantes. No se encontró ningún efecto significativo, dentro de ningún genotipo, entre el consumo de pasto y el contenido total de grasa y la concentración relativa de AG volátiles.

El perfil de ácidos grasos de la leche cambia rápidamente a medida que aumenta la cantidad de pastura consumida por las vacas.

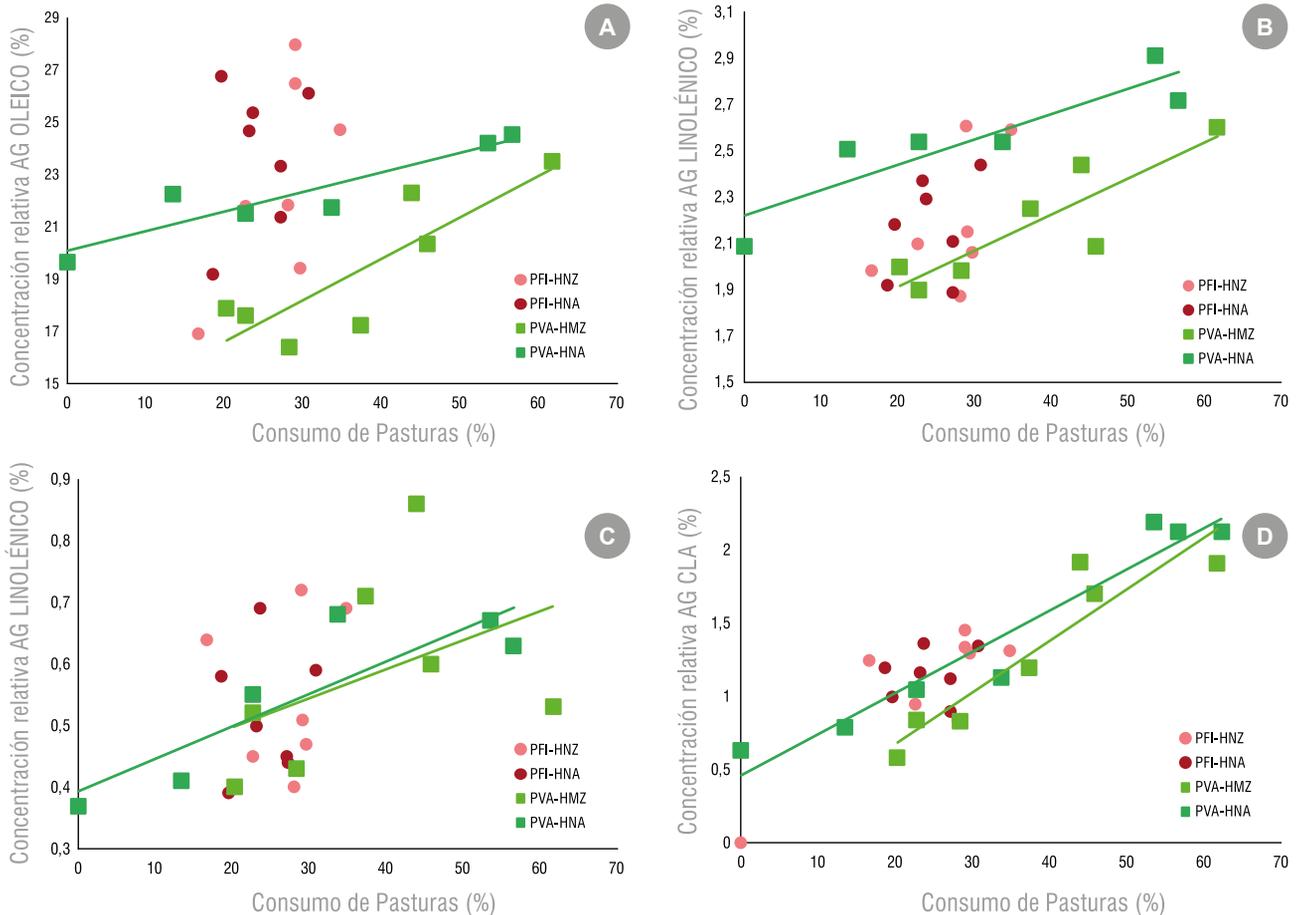


Figura 2 - Relación entre el consumo de pastura y concentración relativa de ácidos grasos oleico (A), linoleico (B), linolénico (C) y CLA (D).

Estos datos sugieren que el potencial de rancidez de la leche no cambió con la dieta, y que los productos lácteos potencialmente exhibirían características sensoriales deseables, independientemente de la proporción de pasto ingerido por las vacas.

CONSIDERACIONES FINALES

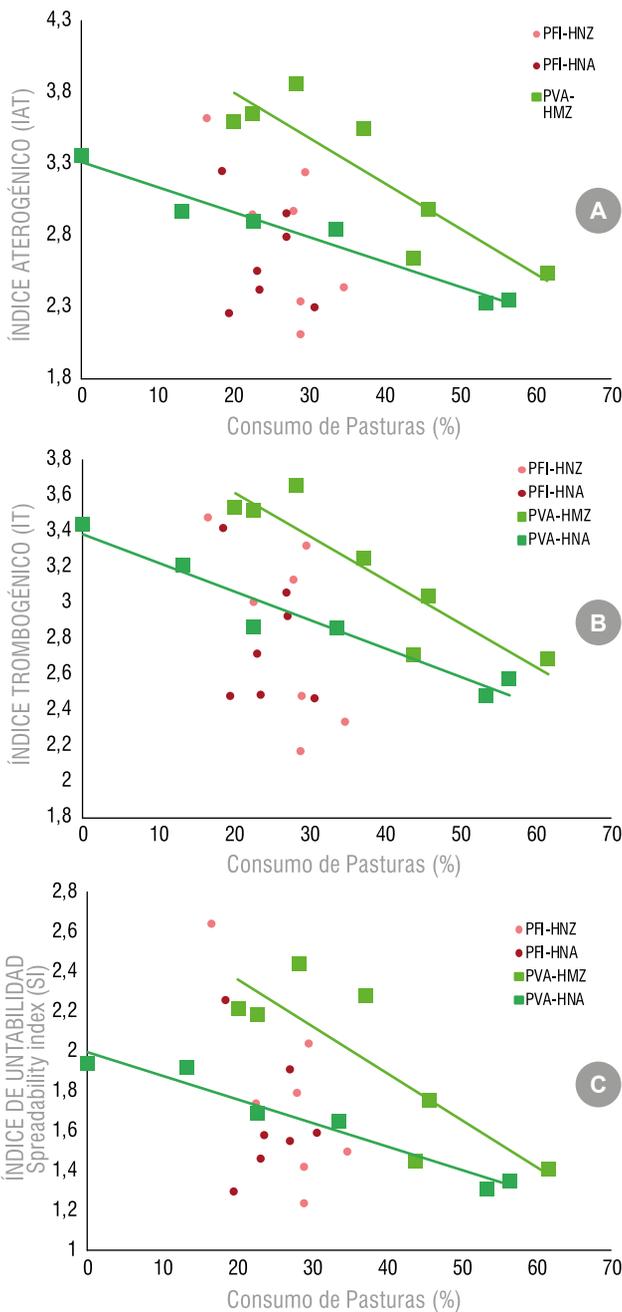
Los valores de IAT e IT obtenidos se consideran bajos en leche, por lo que se podría presumir que, si bien no existen recomendaciones actuales de las organizaciones de salud con respecto a los umbrales de estos índices, el consumo de las leches obtenidas bajo esta estrategia de alimentación (más de 60 % de pasto en la dieta) sería favorable desde la perspectiva de la salud del consumidor.

Es de destacar los rápidos cambios en la composición de AG en la leche a medida que aumentó el consumo de pasto, y cómo esto modificó los índices de salud y tecnológicos. Cuando el consumo de pasto para HNZ aumentó un 6,9 % en 15 días, los índices IAT, IT y SI cayeron un 10,3, 8,2 y 14,4 %, respectivamente, y cuando el consumo promedio de pasto para las vacas HNA aumentó en 10,4 % en 15 días, los índices disminuyeron 5,4 %, 4,9 % y 5,2 %, respectivamente.

En conclusión, el estudio mostró que un sistema de alimentación caracterizado por un consumo variable de pasto en vacas Holando de genotipos HNA y HNZ presenta modificaciones rápidas en la concentración de AG palmítico, oleico, linoleico, linolénico y CLA, lo que tiene un impacto significativo en la salud del consumidor y los índices tecnológicos de la leche.

Sería interesante en el futuro realizar pruebas similares con posterior producción de manteca y evaluar si un panel sensorial entrenado puede detectar las variaciones observadas en estos índices tecnológicos.

La leche tiene mejor calidad nutricional y tecnológica cuando las vacas aumentan el consumo de pastura.



Los índices IAT, IT y SI disminuyeron rápidamente con el aumento del consumo de pasto, obteniéndose leches con mejor calidad lipídica, más saludables y tecnológicamente adecuadas para producir mantecas con propiedades texturales más suaves.

Figura 3 - Relación entre el consumo de pastura y los índices aterogénico (A), trombogénico (B) y de untabilidad, SI (C).

REFERENCIAS

Chen y Liu, 2020. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini- review. *Int. J. Mol. Sci.* 21:5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>.

Stirling *et al.*, 2021. Intensification strategies for temperate hot-summer grazing dairy systems in South America: Effects of feeding strategy and cow genotype. *J. Dairy Sci.* 104:12647–12663. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20507>.

Techeira *et al.*, 2023. Milk fatty acid profile from grass feeding strategies on 2 Holstein genotypes: Implications for health and technological properties. *JDS communications*, 4(3), 169-174. [https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102\(23\)00020-0/fulltext](https://www.jdscommun.org/article/S2666-9102(23)00020-0/fulltext)



Resumen - Se evaluó la composición de ácidos grasos en la leche de vacas Holando, con dos estrategias de alimentación con base pastoril. Los resultados mostraron una correlación significativa entre el consumo de pasto y la concentración relativa de ácidos grasos, lo que afecta favorablemente los índices de salud y tecnológicos.