

Investigación para el desarrollo de estrategias nutricionales y genéticas que optimicen el contenido y el perfil de ácidos grasos de la carne vacuna uruguaya. Revisión.

Carolina Eva Realini Cujó¹, Gustavo Walter Brito², Fabio Montossi²

Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

Research to develop nutritional and genetic strategies that optimize the fatty acid content and profile of Uruguayan beef. Review.

Abstract. Health concerns of consumers are becoming one of the most relevant predictors of food purchases. Thus, differentiation of the meat offered through its nutritional quality plays a key role to improve market competitiveness. This article presents: (1) the nutritional importance of lipids in beef and their relevance for the consumer, (2) scientific information on characterization of the fatty acid composition of Uruguayan beef, and the factors that affect its composition, and (3) areas where more scientific information is needed to reinforce strategies to improve the nutritional quality of beef. The main production system in Uruguay is based on grazing which results in beef with lower levels of fat and higher levels of *n*-3 fatty acids and conjugated linoleic acid. Nonetheless, other production systems involving diet supplementation, are also part of a market diversification strategy. More information is needed to evaluate the impact of our forage diversity (native and improved pastures), the duration of supplemental feeding and the type of supplement on the fatty acid composition of beef. The potential for genetic progress through traditional selection and genomics or marker assisted selection on the fatty acid composition of beef, also needs further attention to develop effective strategies that capitalize on the nutritional value of Uruguayan beef.

Key words: Animal diet, CLA, Concentrate, Nutritional quality, *n*-3, Pasture

Resumen. Las preocupaciones por la salud de los consumidores se están convirtiendo en uno de los predictores más relevantes de los alimentos comprados, por lo que la diferenciación del producto carne a través de su calidad nutricional juega un rol importante para mejorar la competitividad en el mercado. Este artículo presenta: (1) la importancia nutricional de los lípidos de la carne vacuna y su relevancia para el consumidor, (2) información científica sobre la caracterización de la composición de ácidos grasos (AG) de la carne uruguaya y de los factores que afectan su composición y (3) las áreas en las que se necesita generar mayor información científica que fortalezca las estrategias de mejora de la calidad nutricional de la carne. El principal sistema productivo de Uruguay es de base pastoril resultando en una carne con menores niveles de grasa y mayores niveles de AG *n*-3 y de ácido linoleico conjugado. Sin embargo, otros sistemas productivos más intensivos con suplementación alimentaria, también forman parte de una estrategia de diversificación de mercados. Se precisa más información para evaluar el impacto de nuestra diversidad forrajera (pasturas nativas y mejoradas) y de la duración y tipo de suplementación sobre la composición de AG de la carne. El potencial del progreso genético a través de la selección y de la genómica o la selección tradicional asistida por marcadores sobre la composición de AG de la carne, también requieren mayor atención para desarrollar estrategias que permitan capitalizar el valor nutricional de la carne uruguaya.

Palabras clave: CLA, Calidad nutricional, Concentrado, Dieta animal, *n*-3, Pastura

Recibido: 2015-04-14. Aceptado: 2016-01-13

¹ Autor para la correspondencia: Carolina Eva Realini Cujó crealini@gmail.com

² Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Introducción

La ganadería es la base productiva del sector agropecuario, constituyendo una de las actividades más importantes para la economía uruguaya. La superficie total ocupada por la ganadería para carne en Uruguay alcanza 13 millones de hectáreas, en donde pastan 11,5 millones de vacunos y 8,7 millones de ovinos (OPYPA, 2013). En los últimos dos años, las exportaciones de carne vacuna fresca y congelada, sin hueso, han sido en promedio 360 mil toneladas peso embarque, lo que reporta anualmente alrededor de US\$1.365 millones al país y es la actividad exportadora más importante, con el 17% del total de exportaciones del Uruguay (OPYPA, 2013). Aproximadamente el 70% de la producción de carne vacuna es destinada a mercados de exportación a más de 100 países, lo que ubica a Uruguay como el séptimo exportador mundial de carne bovina. En consecuencia, la producción ganadera uruguaya está siendo orientada a satisfacer las necesidades de dichos mercados con los desafíos que eso conlleva.

Se proyecta una tendencia creciente en el consumo de carne como consecuencia de un crecimiento en la población mundial y del aumento en los ingresos monetarios y la urbanización. Se plantea un aumento en la producción anual de carne desde 218 millones de toneladas en 1997-1999 a 376 millones de toneladas en 2030 (WHO, 2015). Esta presión sobre el sector ganadero para satisfacer la

creciente demanda mundial por proteína animal de alto valor, constituye una oportunidad para que el sector ganadero uruguayo continúe aumentando su productividad (Montossi, 2013). Sin embargo, el mercado mundial de carne es altamente competitivo y la demanda de los consumidores es progresivamente más exigente y compleja incluyendo aspectos de calidad sensorial, nutricional, medio ambiente y bienestar animal entre otros (Montossi *et al.*, 2013; Realini *et al.*, 2014). En este contexto, Uruguay debe fortalecer su estrategia de diferenciación del producto carne, donde la calidad nutricional juega un rol muy importante para mejorar la competitividad en el mercado internacional (Realini *et al.*, 2009).

Este artículo presenta primero la importancia nutricional de los lípidos de la carne de vacuno y su relevancia para el consumidor; posteriormente resume información científica sobre la caracterización de la composición de ácidos grasos (AG) de la carne uruguaya y de aquellos factores que afectan su composición. Finalmente, se desarrolla una sección de discusión sobre las áreas en las que se necesita generar mayor información científica que fortalezca las estrategias de mejora de la calidad nutricional de la carne uruguaya, en el marco de un mercado globalizado y cada vez más exigente en términos de la calidad del producto y de los procesos que lo generan.

Importancia nutricional de los lípidos de la carne de vacuno

El interés de los consumidores por su bienestar y la información que presentan las etiquetas de los productos están tomando importancia creciente entre los factores que actualmente afectan el proceso de selección de alimentos (Bayarri *et al.*, 2010). Es así que las preocupaciones por la salud de los consumidores se están convirtiendo en uno de los predictores más relevantes del consumo de alimentos (Lusk *et al.*, 2003). Según Verbeke *et al.* (2010), la mejora en la transparencia de la información provista sobre el contenido nutricional de los productos alimentarios puede inducir cambios en la demanda de los consumidores. Esto ha llevado a la cadena cárnica a reformular algunos productos, promoviendo un menor contenido graso y/o mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI).

La carne y los productos cárnicos pueden percibirse con dualidad, con una "imagen de dos caras" con respecto a su composición y calidad nutricional (Troy y Kerry, 2010), debido en parte a los resultados contradictorios de la investigación en

medicina humana. La carne y sus productos son generalmente reconocidos como alimentos altamente nutritivos que proveen cantidades valiosas de proteína de alto valor biológico, AG, vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos (Olmedilla-Alonso *et al.*, 2013). Además, los consumidores consideran a la carne como un componente saludable e importante en la dieta (Verbeke *et al.*, 2010). En este sentido, existe información nacional sobre la calidad nutricional de la carne uruguaya (Cabrera *et al.*, 2010; Saadoun y Cabrera, 2013; Cabrera y Saadoun, 2014). Sin embargo, el consumo de carne roja y en particular de carne procesada han enfrentado una serie de contraindicaciones sanitarias adversas, como lo son las enfermedades cardiovasculares (WHO, 2003), algunos tipos de cáncer (Sato *et al.*, 2006) y la diabetes (Schulze *et al.*, 2003). Estas están relacionadas a la contribución de la carne y sus componentes al consumo de grasa, ácidos grasos saturados (AGS), colesterol, sal y otras sustancias

que tienen consecuencias negativas para la salud humana (Olmedilla-Alonso *et al.*, 2013).

Los lípidos se encuentran entre los componentes bioactivos que han recibido más atención debido a sus implicancias en la salud, particularmente con respecto al desarrollo de productos cárnicos más saludables. Olmedilla-Alonso *et al.* (2013) sostienen que la carne y sus productos son excelentes alimentos para liberar compuestos bioactivos sin cambios sustanciales en los hábitos dietéticos. Los AG omega-3 (*n*-3) juegan un rol importante en la salud humana y están involucrados en el desarrollo de tejidos retinales y cerebrales y en la prevención y progreso de enfermedades, incluyendo enfermedades del corazón y algunos cánceres (Simopoulos, 1999; Connor, 2000). Asimismo, las relaciones AGPI: AGS y *n*-6: *n*-3 son indicadores empleados para definir la calidad de la grasa en términos de su influencia sobre la salud humana, recomendándose respectivos valores superiores a 0.45 e inferiores a 4.0 (DHA, 1994; EFSA, 2010).

El ácido linoleico conjugado (CLA) constituye otro grupo de AG que ha recibido una atención especial, debido a sus posibles efectos beneficiosos para la salud. Naturalmente producido por rumiantes, el CLA parece tener el potencial de reducir el riesgo de cáncer, las enfermedades cardiovasculares, diabetes y obesidad, además de mejorar el sistema inmunitario (ver revisiones de Khanal, 2004; O'Shea *et al.*, 2004; Pariza, 2004; Wahle *et al.*, 2004; Wang y Jones, 2004; Schmid *et al.*, 2006). Sin embargo, una revisión reciente de Wang y Proctor (2013) enfatizó que las evidencias que muestran los beneficios del CLA para la salud en términos del control de peso y prevención de cáncer, se basan principalmente en estudios pre-clínicos y que aún son necesarios estudios clínicos consistentes y confirmatorios. Las propiedades de mejora de la salud y de prevención de enfermedades por el consumo del CLA están bajo estudio y aún son desconocidos sus efectos biológicos en humanos (Moloney, 2005).

Mientras la investigación en medicina humana avanza en el estudio de los efectos de los AG en la salud, la industria alimentaria incluyendo la cárnica, tiene como estrategia modificar la composición de los alimentos para acercarse a las recomendaciones nutricionales actuales establecidas por la comunidad científica asociada a la promoción de una dieta saludable. La producción de carne de vacuno enriquecida con AG beneficiosos para la salud contribuirá al enriquecimiento colectivo de diferentes productos alimentarios que tiene como objetivo principal ofrecer y promover el consumo de alimentos más saludables en la dieta total.

Características de los lípidos de la carne vacuna producida en Uruguay y de los factores que afectan su composición

La composición de la carne varía con respecto a varios factores, siendo la dieta animal el factor que puede ser manipulado más fácilmente y uno de los que tiene los efectos más profundos sobre la misma (Troy y Kerry, 2010). Es así que distintas estrategias de alimentación animal se han utilizado con éxito para aumentar significativamente el nivel de AGPI (Realini *et al.*, 2004; Wood *et al.*, 2008; Font i Furnols *et al.*, 2009; Realini *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2012; Albertí *et al.*, 2013; Realini *et al.*, 2015) y de CLA en la carne (Gillis *et al.*, 2004; Schmid *et al.*, 2006; Albertí *et al.*, 2013; Realini *et al.*, 2015). Estas estrategias incluyen el engorde de animales en base a pastura y la suplementación con fuentes ricas en ácidos grasos insaturados (AGI, lino, canola, etc.). El AG alfa-linolénico (C18:3, precursor de los AG *n*-3) es el principal AG de los lípidos en la pastura, mientras que el AG linoleico (C18:2, precursor de los AG *n*-6) es un componente principal en los granos (Marmar *et al.*, 1984).

En Uruguay, a nivel de investigación, se ha trabajado principalmente en la caracterización de los AG de la carne vacuna y en la evaluación del efecto de diversos factores productivos, principalmente la dieta animal, sobre su composición. Si bien se ha enfatizado en la comparación de sistemas productivos, de razas, de tipo de músculo y de procesos, en cuanto a cantidad de lípidos y a composición lipídica de la carne (Saadoun y Cabrera, 2013), la disponibilidad de información cuantitativa es limitada (Cuadro 1). El primer estudio nacional que caracterizó la composición de AG incluyendo *n*-3 y CLA en la carne vacuna uruguaya fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) en el período 2001-2002 (Realini *et al.*, 2004). Los investigadores contrastaron un sistema de producción pastoril con otro de engorde a corral basado en una dieta constituida en un 50% de ensilaje de planta de sorgo, demostrando las bondades de la producción basada en pasturas mejoradas sobre la composición de AG de la carne. El engorde en pastoreo mejoró el perfil de los AG de la grasa intramuscular incluyendo *n*-3 y CLA, presentando cocientes AGPI: AGS y *n*-6: *n*-3 más saludables que el engorde a corral. La carne de animales en pastoreo presentó además niveles de vitamina E en músculo (3,9 µg/g) por encima de los recomendados para obtener actividad antioxidante post-mortem y mejorar así la vida comercial de la misma (Faustman *et al.*, 1989).

Cuadro 1. Referencias de estudios de la composición de AG de la carne producida en Uruguay

Referencia Tipo de publicación	Características de los animales	Descripción de los tratamientos	Dieta: pastura	Dieta: suplementación/ concentrado	Tiempo en engorde
Brito et al. 2014a Meat Science	Novillos Hereford (n=120). Peso inicio invierno: 178 kg; Peso inicio engorde: 350 kg; Peso final: 500 kg	T1: G - G T2: P - G T3: G - P T4: P - P	P: avena y raigrás	G: 80% concentrado, 20% heno de alfalfa	Primer invierno de vida (P o G) y engorde (P o G)
Brito et al. 2014b Serie Técnica-INIA	Novillos Hereford (n=24). Edad inicial: 21 meses. Peso inicial: 263 kg	T1: P-NOF 4% PV T2: P-NOF 2% PV T3: P-NOF 2% PV + S-0.8% PV	P: raigrás, trébol blanco y <i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel	S: grano de sorgo molido	181 d
Terevinto 2010 Tesis Saadoun y Cabrera 2013 Congreso	Novillos Hereford (n=24). Edad inicial: 21 meses. Peso inicial: 300 kg	T1: P-NOF 4% PV T2: P-NOF 2% PV + S-0.8% PV T3: P-NOF 2% PV + S-1.6% PV	P: raigrás, trébol blanco, <i>Lotus corniculatus</i> cv. San Gabriel	S: grano de sorgo molido	197 d
Terevinto 2010 Tesis Saadoun y Cabrera 2013 Congreso	Novillos Hereford (n=12) y Braford (n=12) Edad: 24-26 meses	Raza: Hereford, Braford Músculo: <i>Longissimus dorsi</i> , <i>Psoas major</i> , <i>Gluteus medius</i> Maduración: 14 d (2°C, vacío)	Pastura exclusivamente	-	-
Brito et al. 2009 Congreso	Novillos (n=60) Edad inicial: 20-24 meses Peso inicial: 354 kg	T1: 120d EC T2: 40d SP, 80d EC T3: 80d SP, 40d EC T4: 120d SP	SP: avena y raigrás	EC: 40% ensilaje de maíz y sorgo, 60% concentrado (grano sorgo, harina de girasol y núcleo)	120 d
Brito et al. 2008 Congreso	Novillos (n=35) Edad inicial: 21 meses Peso inicial: 380 kg	T1: P-NOF 4% PV + S-1% PV T2: P	P: predominio de <i>Lotus corniculatus</i> spp.	S: afrecho de arroz	120 d

Cuadro 1 (Continuación). Referencias de estudios de la composición de AG de la carne producida en Uruguay

Referencia Tipo de publicación	Características de los animales	Descripción de los tratamientos	Dieta: pastura	Dieta: suplementación/ concentrado	Tiempo en engorde
Alvarez <i>et al.</i> 2007 Serie Técnica-INIA	Novillos Hereford (n=80) Peso inicial: 391 kg	T1: P-NOF 4% PV T2: P-NOF 3% PV + C-0.6% PV T3: P-NOF 3% PV + C-1.2% PV T4: C <i>ad libitum</i>	P: alfalfa, trébol blanco, festuca	C-T2 y T3: maíz entero C-T4: pellet (85% maíz quebrado, 12.8% expeler girasol, 0.98% urea, 0.61% carbonato calcio, 0.61% sal, 2 gr Ruminosin) y heno de alfalfa	-
Cañeque <i>et al.</i> 2007 Serie Técnica INIA ¹ De la Fuente <i>et al.</i> 2009 Meat Science ¹	Novillos Hereford sacrificados a los dos años (n=20) y tres años (n=20)	EXT2: extensivo 2 años EXT3: extensivo 3 años	Pasturas naturales y mejoradas exclusivamente		-
Realini <i>et al.</i> 2004 Meat Science	Novillos Hereford (n=30)	P: pastura C: concentrado C-E: concentrado + vitamina E (1000 UI/animal/d)	P: raigrás, Lotus c., trébol blanco, festuca, presencia malezas	C: 50% ensilaje maíz, 28% cáscara de trigo, 18% maíz, 5% suplemento	P: 130 d C: 100 d

Abreviaciones: NOF (Nivel de Oferta de Forraje), PV (Peso Vivo), d (días)

¹La carne de estos animales fue comparada con la carne de animales de España (toros Frisones en engorde intensivo con concentrado de alta densidad energética y paja de cereal a libre disposición, sacrificados con 10-11 meses), Reino Unido (novillos de base genética diversa: cruzamientos y razas puras como Frisona y Fleckvieh, pastura complementada con concentrado, sacrificados con 18-22 meses) y Alemania (toros Fleckvieh y cruza con Limousin, estabulados con silo de maíz a voluntad y cantidades restringidas de harina de soja y cereal, sacrificados con 19-24 meses).

Posteriormente y en un marco de cooperación internacional Hispano-Uruguaya (Montossi y Sañudo, 2007a) se desarrolló un proyecto con el objetivo de evaluar y promocionar la calidad de la carne de rumiantes del Uruguay en el mercado europeo. En este proyecto se comparó la carne uruguaya proveniente de un sistema pastoril con la carne procedente de suplementación en pastoreo de Reino Unido y de engorde a corral de España y Alemania (De la Fuente *et al.*, 2009; Cañeque *et al.*, 2007). La carne de vacuno uruguaya presentó niveles de AG de la serie *n*-3 muy elevados, y una mejor calidad dietética (relaciones *n*-6: *n*-3 y AGPI: AGS) que la carne alemana y británica. Adicionalmente, sus niveles de vitamina E fueron comparativamente más elevados.

Si bien el sistema de producción predominante de Uruguay es de base pastoril, los sistemas productivos se han intensificado en los últimos 10 años utilizando pasturas mejoradas y/o suplementación con concentrado (Brito *et al.*, 2014a). Es así que continuando con la colaboración entre España y Uruguay (Montossi y Sañudo, 2007b), se evaluó la composición de AG de la carne uruguaya proveniente de diversos sistemas productivos, incluyendo diferentes niveles de oferta de forraje y de suplementación con concentrado (Alvarez *et al.*, 2007). Los animales en pastoreo sin aporte de concentrado presentaron una ligera mejora en su composición en AG respecto al resto de los tratamientos evaluados (mayor contenido de AG *n*-3 y CLA y la mejor relación *n*-6: *n*-3), aunque estas diferencias no fueron demasiado importantes cuando se compararon con los tratamientos que aportaron bajas cantidades de concentrado. Estos además presentaron iguales contenidos de vitamina E, por lo que resultaron semejantes en su capacidad de conservación. Posteriormente, Brito *et al.* (2008; 2014b) evaluaron otros niveles de oferta de forraje y suplementación en pastoreo utilizando diferentes tipos de pastura y concentrado a los evaluados por Alvarez *et al.* (2007). Novillos en pastoreo (pasturas dominadas por *Lotus corniculatus*) suplementados al 1% del PV diariamente con afrechillo de arroz, mostraron valores *n*-6: *n*-3 que fueron el doble que el de novillos exclusivamente en pastoreo (11.6 vs. 6.0, respectivamente; Brito *et al.*, 2008). La carne de novillos Hereford de animales suplementados (grano de sorgo molido) al 0.8% y 1.6% del PV en pastoreo, obtuvieron valores inferiores de alfa-linolénico y superiores relaciones de *n*-6: *n*-3 que la

carne de animales alimentados en pastoreo o con niveles inferiores de suplementación. No se observaron diferencias en el porcentaje de CLA en la carne proveniente de los diferentes tratamientos (Brito *et al.*, 2014b).

El tiempo de alimentación en combinación con el tipo de dieta también fue evaluado por Brito *et al.* (2009) al comparar 102 d de engorde en pastoreo o corral, con dos combinaciones de 40 y 80 d en pastoreo seguido de 80 y 40 d en corral, respectivamente. No se encontraron diferencias en los niveles de CLA en la carne entre tratamientos, mientras que la relación *n*-6: *n*-3 fue más favorable para los tratamientos de 80 y 120 d en pastoreo que los de 80 y 120 d en corral. Los resultados indican que un engorde a corral durante los últimos 40 d de terminación de animales no afectaría la composición de AG de la grasa intramuscular.

La edad al sacrificio se ha reducido significativamente en los últimos años en los sistemas productivos de nuestro país. De la Fuente (2009) comparó la cantidad y el tipo de grasa intramuscular depositada por novillos de 2 y 3 años de edad. La carne de los segundos presentó mayores niveles de grasa y de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y menores porcentajes de AGPI con una menor relación AGPI:AGS que la carne de novillos de 2 años. Scollan *et al.* (2006) indicaron que el contenido de AGS y AGMI aumenta más rápidamente que el contenido de AGPI a medida que aumenta la deposición de grasa y por lo tanto la proporción de AGPI y la relación AGPI: AGS disminuyen.

Además de la dieta y la edad del animal, otros factores fueron evaluados por Terevinto (2010), realizando aportes interesantes y complementarios al trabajo conducido por los investigadores de INIA. Se evaluaron los efectos de la raza animal (Hereford vs. Braford), el tipo de músculo (*Psoas major* vs. *Gluteus medius* vs. *Longissimus dorsi*) y la maduración (14 d) sobre la composición de AG de novillos en pastoreo. No encontró efecto significativo ($P > 0.05$) de la maduración, pero sí de la raza y del tipo de músculo ($P < 0.05$) sobre la composición de AG de la carne. Los niveles de AGPI como 18:3 *n*-3 y 20:4 *n*-6 fueron superiores en la raza Braford que en la Hereford. El músculo *Gluteus medius* presentó un mayor contenido de AGPI incluyendo C 20:4, EPA, DPA y DHA, una mayor relación AGPI: AGS y un menor contenido de AGS que el *Psoas major*, mientras que el *Longissimus dorsi* no fue

significativamente diferente de los otros dos músculos en esas variables. A su vez, el *Psoas major* presentó niveles más bajos de AG *n*-3 que los otros dos músculos. El porcentaje de CLA fue similar ($P>0.05$) para los distintos músculos y para ambas razas.

Orientación de la investigación para fortalecer las estrategias de mejora de la composición lipídica de la carne vacuna uruguaya

Los resultados de la investigación del perfil lipídico de las carnes de nuestro país y la comparación de esta con la de origen europeo proveniente de engorde intensivo, están de acuerdo con el documentado efecto positivo de la dieta pastoril sobre el perfil de AG de la carne y el contenido en vitamina E de la misma. La carne de animales en pastoreo presenta mayores niveles de AG *n*-3, CLA y relaciones de AGPI: AGS y *n*-6:*n*-3 más favorables, además de un contenido más elevado de vitamina E, lo cual favorece su conservación. A su vez, los resultados indican que las diferencias en composición de AG y vitamina E no son demasiado importantes cuando se comparan los sistemas pastoriles con los sistemas que aportan bajas cantidades de concentrado en pastoreo (0.6-0.8% PV; Alvarez *et al.*, 2007; Brito *et al.* 2014b). Además, en varios estudios no se encontró un efecto significativo de la dieta animal sobre el nivel de CLA en la carne (Brito *et al.*, 2008; 2009; 2014b). El tiempo de engorde en pastoreo o en corral y su combinación también pueden afectar la composición de AG de la carne. Los resultados indicaron que un engorde a corral durante los últimos 40 d no afectaría mayormente la composición de AG de la grasa intramuscular. Estos sistemas productivos son interesantes porque permiten obtener mayores niveles de grasa intramuscular que podrían resultar en una mayor palatabilidad, con un perfil de AG similar a los sistemas exclusivamente pastoriles. Kallas *et al.* (2014) indicaron que los consumidores estarían dispuestos a aceptar mayores niveles de grasa en la carne, si la grasa tuviera un perfil de AG beneficiosos para la salud humana.

Uruguay se destaca por un sistema productivo de carne basado fundamentalmente en el pastoreo y la inclusión de la suplementación estratégica en períodos de crisis forrajeras o su uso estratégico a bajas cantidades tanto en la fase de recría como en la de terminación. Es así que la

investigación y el desarrollo de estrategias sobre la producción y la calidad de la carne se han generado utilizando estos sistemas productivos (Brito *et al.*, 2013). Sin embargo, la información cuantitativa disponible (Cuadro 1), no abarca el amplio espectro de opciones forrajeras y de suplementos utilizados en la alimentación animal de nuestro país.

Uruguay cuenta con una amplia base forrajera, desde campo natural con gran diversidad de especies, cultivos forrajeros y praderas. Varios estudios han demostrado que el tipo de pastura puede afectar la composición de AG. Duckett *et al.* (2013) informaron mayores concentraciones de 18:3 *n*-3 en la carne de novillos pastoreando alfalfa en comparación con pasto italiano o una pastura compuesta por *Poa spp.*, pasto ovinillo, festuca y trébol blanco. Resultados similares obtuvieron Moloney *et al.* (2007) para novillos que pastorearon una pastura dominada por trébol blanco en comparación con una de raigrás perenne, previo al sacrificio. Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias en la composición de AG en la carne de novillos en pastoreo comparando festuca, festuca/trébol rojo o alfalfa (Dierking *et al.*, 2010). Scollan *et al.* (2014) indicaron el creciente interés en producción de carne vacuna a partir de pasturas botánicamente diversas y destacaron la escasez de información científica sobre la composición de AG de la carne producida a partir de este tipo de pasturas. En una revisión de varios estudios, Moloney *et al.* (2008) indicaron una tendencia general hacia un aumento en las proporciones de AG *n*-3 y AGPI totales en la grasa intramuscular de carne proveniente de pasturas botánicamente diversas, comparadas con pasturas de raigrás perenne y pasturas de zonas bajas. En este sentido, se precisa más información para evaluar el impacto de nuestra diversidad forrajera sobre la composición de AG de la carne. Este tipo de información puede contribuir además al agregado de valor a través de programas de promoción de una carne con un perfil de lípidos superior, obtenido a partir de una de nuestras principales riquezas en términos de biodiversidad que son nuestras pasturas naturales. El impacto de la diversidad de pasturas mejoradas y praderas sobre el perfil de AG de la carne, también requiere mayor atención para definir mejor la base forrajera de engorde de animales en pastoreo.

Uruguay debe promover la producción y mercadeo de la carne proveniente de sistemas pastoriles como producto base de su producción ganadera y de su diferenciación en el mercado internacional. Sin embargo, pueden co-existir otros sistemas productivos más intensivos que permitan el aprovechamiento de recursos de otras actividades como la agricultura, mayores rendimientos y que aporten diversificación de mercados. Estos sistemas permiten amortiguar los cambios de mercados, la captura de nuevos mercados y precios altos para carne *premium* con marca y promover el desarrollo y la sostenibilidad de la actividad agropecuaria.

La aparición de algunos mercados de carne de alta calidad requiere la intensificación de los sistemas productivos. Recientemente, el mercado europeo demanda una carne de alta calidad (HQB) proveniente de sistemas de engorde con estrictas especificaciones sobre la dieta animal (mínimo de 62% grano y 12.26 Mcal/kg, con un tiempo de alimentación de más de 100 d y con edad del animal a la faena menor a 30 meses, denominada cuota HQB-481. Algunos estudios en Uruguay han contrastado la composición de AG de la carne proveniente del sistema tradicional de pastoreo con sistemas semi-intensivos o intensivos (Realini *et al.*, 2004; Alvarez *et al.*, 2007; Brito *et al.*, 2008; 2009; 2014a; 2014b). Sin embargo, estos estudios han evaluado dietas con un contenido de grano y un nivel de energía diferentes a los requerimientos establecidos por HQB-481 y con diferentes períodos de engorde, edades y pesos de faena. Los sistemas productivos y su producto, incluyendo la composición de AG, que siguen estrictamente las especificaciones de engorde establecidas por este mercado, no han sido evaluados ni contrastados de forma holística con los sistemas tradicionales de producción de carne de alta calidad en pastoreo de nuestro país.

Es reconocido que los factores genéticos tienen una menor influencia que los nutricionales sobre la composición de AG de la carne bovina (De Smet *et al.*, 2004). Sin embargo, se puede seguir progresando a través del reemplazo de razas, sus cruzamientos o la selección genética dentro de razas (Kelly *et al.*, 2013). Varios autores ha señalado diferencias entre razas en la composición de AG de la carne (Xie *et al.*, 1996; Zembayashi y Nishimura, 1996; Perry *et al.*, 1998; Siebert *et al.*, 1999; Wood *et al.*, 2008). Las principales razas en Uruguay son Hereford,

Angus y sus cruzamientos. Terevinto (2010) informó niveles inferiores de grasa y superiores de 18:3 *n*-3 y 20:4 *n*-6 en la carne de novillos Braford comparada con la de novillos Hereford. Animales más magros y de maduración más tardía presentan una relación AGPI: AGS más elevada que las de maduración más temprana, a un mismo peso de canal (Raes *et al.*, 2001).

Se han estimado heredabilidades relativamente elevadas para las proporciones de muchos AG de la carne (Inoue *et al.*, 2011; Kelly *et al.*, 2013). Buchanan *et al.* (2015) estimaron recientemente los parámetros genéticos para las fracciones de triglicéridos y fosfolípidos en músculo de ganado Angus y analizaron las correlaciones genéticas entre AG individuales y características de la canal. Los resultados indicaron una asociación genética significativa entre el grado de saturación de los AG y las medidas de terneza y grasa en músculo. Sin embargo, Kelly *et al.* (2013) indicaron que se necesita más información sobre la relación entre la composición de AG y otros parámetros productivos como el nivel de engrasamiento, la fertilidad y el impacto económico, antes de incluir la composición de AG en un programa genético. Shingfield *et al.* (2013) también indicaron que elucidar las interacciones entre genética y dieta animal, los cambios en la expresión de genes clave y de redes de genes regulando la partición de nutrientes, lipogenesis-lipolisis y oxidación en los tejidos de rumiantes, podría facilitar el progreso en la modificación de la composición de AG en la carne de rumiantes. Brito *et al.* (2014a) resaltaron la importancia de generar más información para comprender como el uso de la selección genética por características de calidad de carne (grasa intramuscular, AG, terneza y otros) en combinación con diferentes sistemas de producción, pueden hacer frente a los diferentes requerimientos de los numerosos mercados de la carne producida en Uruguay.

Recientes avances ponen de manifiesto el potencial del progreso genético a través de la genómica o la selección asistida por marcadores y de la formulación de dietas para explotar este potencial genético (Shingfield *et al.*, 2013). En estudios de INIA se evaluaron un panel de marcadores en genes candidatos de vías metabólicas en engorde de novillos Hereford, incluyendo los relacionados con la formación y desaturación de AG. Se identificaron

preliminarmente ocho marcadores de polimorfismos de nucleótido único que estuvieron asociados significativamente con el marmoleado,

área de ojo de bife, terneza medida luego de 21 d de maduración y porcentaje de AGS y AGPI (Branda Sica *et al.*, 2014).

Comentarios Finales

Uruguay es conocido a nivel mundial por la buena calidad e inocuidad de sus carnes y goza de una posición privilegiada respecto al acceso a mercados internacionales. El país cuenta con un elevado estatus sanitario, trazabilidad animal individual, legislación nacional que apoya y fomenta el bienestar animal y competitividad en costos de producción. El sistema de producción pastoril es, además, otra ventaja competitiva que está en línea con las preferencias actuales de los consumidores que demandan productos más saludables. Sin embargo, el mercado mundial de carne vacuna es altamente competitivo y el volumen de exportación de Uruguay es limitado. La diferenciación del producto carne a través de su calidad nutricional juega entonces un rol muy importante para mejorar la competitividad en el mercado internacional.

La mayoría de los estudios en Uruguay han contrastado el perfil lipídico de la carne proveniente de un sistema pastoril con la de un sistema más intensivo en base a suplementación en pastoreo o en corral. Sin embargo, se necesita generar más información científica que contemple el amplio espectro de opciones forrajeras y de suplementos utilizados en la dieta animal de nuestro país. Es necesario evaluar el impacto de nuestra diversidad forrajera sobre la composición de AG de la carne, contribuyendo al agregado de valor a través de programas de promoción de una carne con un perfil de lípidos superior, obtenido a partir de nuestras pasturas naturales y/o en combinación con especies mejoradas. El impacto de la diversidad de pasturas mejoradas sobre el perfil de AG de la carne, también requiere mayor atención para definir mejor la base forrajera de engorde en pastoreo. Todas estas opciones pueden darle contenido y base científica sólida al concepto de “Carne Natural del Uruguay”.

Más allá de reforzar el foco que Uruguay debe promover la producción y mercadeo de la carne proveniente de sistemas pastoriles como producto base de su producción ganadera, la estrategia global debe ser amplia y explorar otras oportunidades y diversidad de opciones de mercados. En este sentido, otros sistemas productivos más

intensivos que permitan el aprovechamiento de otros recursos agrícolas, mayores rendimientos y que aporten diversificación de mercados, pueden co-existir para promover el desarrollo y la sostenibilidad de la actividad pecuaria nacional. En estos sistemas es necesario desarrollar estrategias que minimicen los cambios en el perfil de AG de animales que previamente estuvieron en pastoreo o que recibieron suplementación en pastoreo. Información del efecto del tiempo de suplementación y del tipo y nivel de oferta de suplemento en combinación con el tipo de pastura sobre la composición de AG de la carne, son clave para definir una estrategia adecuada de manipulación del perfil de los AG de la carne uruguaya. Existe amplia bibliografía internacional para modificar el perfil de AG de animales de engorde a corral. Sin embargo, es limitada la información local con nuestros recursos genéticos y nutricionales, para una producción de carne de alta calidad en engorde intensivo.

Si bien los factores genéticos tienen una menor influencia que los nutricionales sobre la modificación de los lípidos de la carne, es posible contribuir a mejorar su composición a través de estrategias genéticas. Mayor información es necesaria sobre la relación entre la composición de AG y otros parámetros productivos y sobre las interacciones entre genética y dieta animal, antes de incluir la composición de AG en un programa genético. Progresos genéticos más rápidos hacia la producción de carne con menor contenido de AGS y mayores concentraciones de AGI, podrían esperarse a través de la identificación de polimorfismos de genes individuales involucrados en la síntesis de grasa. Se precisa mayor información en relación a la genómica o la selección asistida por marcadores y en relación a la formulación de dietas para explotar este potencial genético.

Debemos continuar generando una base científica sólida de información nacional que permita desarrollar estrategias adecuadas para capitalizar el valor nutricional de nuestra carne proveniente de sistemas pastoriles naturales o mejorados y para mejorar el valor nutricional de la carne procedente de sistemas más intensivos. Esta

información permitirá a su vez respaldar nuestras campañas de promoción de la carne uruguaya en el

mercado internacional y mejorar la competitividad del sector ganadero de nuestro país.

Literatura Citada

- Albertí, P., I. Gómez, J. A. Mendizabal, G. Ripoll, M. Barahona, V. Sarriés, K. Insausti, M. J. Beriain, A. Purroy, and C. Realini. 2013. Effect of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on feedlot performance, carcass characteristics, and adipose tissue development in young Holstein bulls. *Meat Sci.* 94(2):208.
- Alvarez, I., J. De la Fuente, M. T. Díaz y V. Cañeque. 2007. Composición en ácidos grasos y vitamina E de la carne de novillos alimentados con niveles diferentes de concentrado. En: Cooperación Hispano-Uruguaya. Diferenciación y valorización de la carne Ovina y Bovina del Uruguay en Europa--influencia de sistemas de producción sobre bienestar animal, atributos sensoriales, aceptabilidad, percepción de consumidores y salud humana. Montossi, F. y C. Sañudo (Eds.). Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica. 168:61.
- Bayarri, S., I. Carbonell, E. X. Barrios, and E. Costell. 2010. Acceptability of yogurt and yogurt-like products: Influence of product information and consumer characteristics and preferences. *J. Sens. Stud.* 25:171.
- Branda Sica, A., O. Ravagnolo, G. Brito, F. Baldi, A. LaManna, G. Banchemo, E. A. Navajas, G. Rincón y J. F. Medrano. 2014. Evaluación de panel SNP en genes candidatos de vías metabólicas para carne en Hereford. *Rev. Arch. Zoot.* 63(241):73.
- Brito G. W., X. Lagomarsino, R. San Julián y M. del Campo. 2013. Capítulo VII: Efecto de diferentes sistemas de producción en el crecimiento animal, la calidad de la canal y de la carne en novillos de cruce británica. En: Invernada de Precisión: Pasturas, Calidad de Carne, Genética, Gestión Empresarial e Impacto Ambiental (GIPROCAR II). Serie técnica N° 211. INIA, Uruguay. p. 137.
- Brito, G., D. Chalkling, A. Simeone, J. Franco, V. Beretta, E. Beriau, J. M. Iriarte, D. Tucci, and F. Montossi. 2009. Effect of finishing systems on meat quality and fatty acid composition on Uruguayan steers 55th ICoMST. Capetown, South Africa.
- Brito, G., R. San Julián, A. LaManna, M. del Campo, F. Montossi, G. Banchemo, D. Chalkling, and J. M. Soares de Lima. 2014a. Growth, carcass traits and palatability: Can the influence of the feeding regimes explain the variability found on those attributes in different Uruguayan genotypes? *Meat Sci.* 98:533.
- Brito, G., S. Luzardo, F. Montossi, R. San Julián, R., Cuadro y D. Risso. 2014b. Engorde de novillos Hereford mediante diferentes asignaciones de forraje y niveles de suplementación: su efecto en la calidad de la canal y la carne. En: Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del Basalto. Montossi, F., E. Berretta y G. Brito (Eds.). Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica. 217:155.
- Brito, G., X. Lagomarsino, J. Olivera, G. Trindade, G. Arrieta, O. Pittaluga, M. del Campo, J. Soares de Lima, R. San Julián, S. Luzardo, and F. Montossi. 2008. Effect of different feeding systems (pasture and supplementation) on carcass and meat quality of Hereford and Braford steers in Uruguay. 54th ICoMST. Capetown, South Africa.
- Buchanan, J. W., J. M. Reecy, D. J. Garrick, Q. Duan, D. C. Beitz, and R. G. Mateescu. 2015. Genetic parameters and genetic correlations among triacylglycerol and phospholipid fractions in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 93:522.
- Cabrera, M. C. and A. Saadoun. 2014. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Sci.* 98(3):435.
- Cabrera, M. C., A. Ramos, A. Saadoun, and G. Brito. 2010. Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Sci.* 84:518.
- Cañeque, V., J. De la Fuente, M. T. Díaz, e I. Álvarez. 2007. Composición en AG y vitamina E de la carne de corderos alimentados con niveles diferentes de concentrado. En: Cooperación Hispano-Uruguaya. Diferenciación y valorización de la carne Ovina y Bovina del Uruguay en Europa--influencia de sistemas de producción sobre bienestar animal, atributos sensoriales, aceptabilidad, percepción de consumidores y salud humana. Montossi, F. y C. Sañudo (Eds.). Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica. 168:97.
- Connor, W. E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71(1):171S.
- De la Fuente, J., M. T. Díaz, I. Álvarez, M. A. Oliver, M. Font i Furnols, C. Sañudo, M. M. Campo, F. Montossi, G R. Nute, and V. Cañeque. 2009. Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Sci.* 82(3):331.
- De Smet, S., K. Raes, and D. Demeyer. 2004. Meat fatty acid composition as affected by genetic factors. *Anim. Res.* 53:81.
- DHA, Department of Health. 1994. Report on health and social subjects. No. 46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. London: HMSO.
- Dierking, R. M., R. L. Kallenbach, and I. U. Grun. 2010. Effect of forage species on fatty acid content and

- performance of pasture-finished steers. *Meat Sci.* 85(4):597.
- Duckett, S. K., J. P. Neel, R. M. Lewis, J. P. Fontenot, and W. M. Clapham. 2013. Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *J. Anim. Sci.* 91(3):1454.
- EFSA, European Food Safety Authority. 2010. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *The EFSA J.* 8(3):1461.
- Faustman, C., R. G. Cassens, D. M. Schaefer, D. R. Buege, S. N. Williams, and K. K. Scheller. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci.* 54:858.
- Font i Furnols, M., C. E. Realini, L. Guerrero, M. A. Oliver, C. Sañudo, M. M. Campo, G. R. Nute, V. Cañeque, I. Álvarez, R. San Julián, S. Luzardo, G. Brito, and F. Montossi. 2009. Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Sci.* 81(1):196.
- Gillis, M. H., S. K. Duckett, J. R. Sackmann, C. E. Realini, D. H. Keisler, and T. D. Pringle. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82(3):851.
- Inoue, K., M. Kobayashi, N. Shoji, and K. Kato. 2011. Genetic parameters for fatty acid composition and feed efficiency traits in Japanese Black cattle. *Animal.* 5:987.
- Kallas, Z., C. E. Realini, and J. M. Gil. 2014. Health information impact on the relative importance of beef attributes including its enrichment with polyunsaturated fatty acids (omega-3 and conjugated linoleic acid). *Meat Sci.* 97(4):497.
- Kelly, M.J., R. K. Tume, S. Newman, and J. M. Thompson. 2013. Genetic variation in fatty acid composition of subcutaneous fat in cattle. *Anim. Prod. Sci.* 53(2):129.
- Khanal, R. C. 2004. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. *Asian Aust. J. Anim.* 17(9):1315.
- Lusk, J. L., J. Roosen, and J. A. Fox. 2003. Demand for beef from cattle administered growth hormones or fed genetically modified corn: A comparison of consumers in France, Germany, the United Kingdom and the United States. *Am. J. Agr. Econ.* 85(1):16.
- Marmer, W. N., R. J. Maxwell, and J. E. Williams. 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.* 59:109.
- Moloney, A. P. 2005. The fat content of meat and meat products. In: J. Kerry, J. Kerry, and D. Ledward (Eds.), *Meat processing*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited. p. 137.
- Moloney, A. P., D. A. McGiloway, and P. French. 2007. Fatty acid composition of muscle from cattle grazing perennial ryegrass/white clover swards prior to slaughter. *Proceedings of the Agricultural Research. Tullamore, Ireland.* p. 84.
- Moloney, A. P., V. Fievez, B. Martin, G. R. Nute, and R. I. Richardson. 2008. Botanically diverse forage-based rations for cattle: Implications for product composition and quality and consumer health. *Grassl. Sci. Eur.* 13:361.
- Montossi, F. y C. Sañudo. 2007a. Evaluación y promoción de la calidad de la carne y otros productos agroalimentarios uruguayos en base a los estándares de calidad de la unión europea y en función de los distintos sistemas productivos del Uruguay: componente carnes. En: *Cooperación hispano-uruguaya: evaluación y promoción de la calidad de la carne bovina y ovina del Uruguay en el mercado europeo*. Montossi, F. y C. Sañudo (Eds). Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica. 166:1.
- Montossi, F. y C. Sañudo. 2007b. Antecedentes, justificación y objetivos del proyecto. En: *Cooperación Hispano-Uruguaya. Diferenciación y valorización de la carne Ovina y Bovina del Uruguay en Europa-influencia de sistemas de producción sobre bienestar animal, atributos sensoriales, aceptabilidad, percepción de consumidores y salud humana*. Montossi, F. y C. Sañudo (Eds). Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica. 168:9.
- Montossi, F. 2013. Capítulo I: Introducción: Innovación e Invernada de Precisión para el Uruguay. En: *Invernada de Precisión: Pasturas, Calidad de Carne, Genética, Gestión Empresarial e Impacto Ambiental (GIPROCAR II)*. Serie técnica N° 211. INIA, Uruguay. p. 1.
- Montossi, F., M. Font-i-Furnols, M. del Campo, R. San Julián, G. Brito, and C. Sañudo. 2013. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Sci.* 95(4):772.
- Morales, R., C. Folch, S. Iraira, N. Teuber, and C. E. Realini. 2012. Nutritional quality of beef produced in Chile from different production systems. *Chil. J. Agr. Res.* 72(1):80.
- Olmedilla-Alonso, B., F. Jiménez-Colmenero, and F. J. Sánchez-Muñiz. 2013. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci.* 95(4):919.
- OPYPA, Oficina de Programación y Política Agropecuaria. 2013. Anuario 2013. Análisis Sectorial y Cadenas Productivas. Estudios Temáticos de Políticas. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. p. 675.

- O'Shea, M., J. Bassaganya-Riera, and I. C. M. Mohede. 2004. Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(6):1199S.
- Pariza, M. W. 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(6):1132S.
- Perry, D., P. J. Nicholls, and J. M. Thompson. 1998. The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers. *J. Anim. Sci.* 76: 87.
- Raes, K., S. de Smet, and D. Demeyer. 2001. Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. *Anim. Sci.* 73:253.
- Realini, C. E., S. K. Duckett, G. W. Brito, M. Dalla Rizza, and D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 663:567.
- Realini, C. E., M. Fonti Furnols, L. Guerrero, F. Montossi, M. M. Campo, C. Sañudo, G. R. Nute, I. Alvarez, V. Cañeque, G. Brito, and M. A. Oliver. 2009. Effect of finishing diet on consumer acceptability of Uruguayan beef in the European market. *Meat Sci.* 81(3):499.
- Realini, C. E., M. Fonti Furnols, C. Sañudo, F. Montossi, M. A. Oliver, and L. Guerrero. 2013. Spanish, French and British consumers' acceptability of Uruguayan beef, and consumers' beef choice associated with country of origin, finishing diet and meat price. *Meat Sci.* 95(1):14.
- Realini, C. E., Z. Kallas, M. Pérez-Juan, I. Gómez, J. L. Olleta, M. J. Beriain, P. Albertí, and C. Sañudo. 2014. Relative importance of cues underlying Spanish consumers' beef choice and segmentation, and consumer liking of beef enriched with n-3 and CLA fatty acids. *Food Qual. Prefer.* 33:74.
- Realini, C. E., M. D. Guàrdia, I. Díaz, J. A. García-Regueiro, and J. Arnau. 2015. Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. *Meat Sci.* 99:18.
- Saadoun, A. and M. C. Cabrera. 2013. Calidad nutricional de la carne bovina producida en Uruguay. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 21(2):119.
- Sato, Y., N. Nakaya, S. Kuriyama, Y. Nishino, Y. Tsubono, and I. Tsuji. 2006. Meat consumption and risk of colorectal cancer in Japan: The Miyagi cohort study. *Eur. J. Cancer Prev.* 15(3):211.
- Schmid, A., M. Collomb, R. Sieber, and G. Bee. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 73(1):29.
- Schulze, M. B., J. E. Manson, W. C. Willett, and F. B. Hu. 2003. Processed meat intake and incidence of Type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Diabetologia.* 46(11):1465.
- Scollan, N., J. F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson, and A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74(1):17.
- Scollan, N. D., D. Dannenberger, K. Nuernberg, I. Richardson, S. MacKintosh, J. F. Hocquette, and A. P. Moloney. 2014. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 97(3):384.
- Shingfield, K. J., M. Bonnet, and N. D. Scollan. 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal.* 7(Suppl. 1):132.
- Siebert, B. D., W. S. Pitchford, A. E. Malau-Aduli, M. P. B. Deland, and C. D. K. Bottema. 1999. Breed and sire effects on fatty acid composition of beef fat. *Australian Association of Animal Breeding and Genetics.* 13:389.
- Simopoulos, A. P. 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70(3):560S.
- Terevinto, A. 2010. Oxidación lipídica y proteica, capacidad antioxidante y actividad de las enzimas catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa en la carne fresca y madurada de novillos Hereford y Braford. Tesis Maestría Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay.
- Troy, D. J. and J. P. Kerry. 2010. Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Sci.* 86(1):214.
- Verbeke, W., F. J. A. Pérez-Cueto, M. D. de Barcellos, A. Krystallis, and K. G. Grunert. 2010. European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Sci.* 84(2):284.
- Wahle, K.W. J., S. D. Heys, and D. Rotondo. 2004. Conjugated linoleic acids: Are they beneficial or detrimental to health? *Prog. Lipid Res.* 43(6):553.
- Wang, Y. W. and P. J. H. Jones. 2004. Dietary conjugated linoleic acid and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(6):1153S.
- Wang, Y. and S. D. Proctor. 2013. Current issues surrounding the definition of trans fatty acids: Implications for health, industry and food labels. *Brit. J. Nutr.* 18:1.
- WHO, World Health Organization. 2015. http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/index4.html. Accedida 25/02/2015.
- WHO, World Health Organization. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO technical report series 916. Geneva: WHO Library Cataloguing In-publication Data.
- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M.

- Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78:343.
- Xie, Y. R., J. R. Busboom, C. T. Gaskins, J. J. Reeves, R. W. Wright, and J. D. Cronrath. 1996. Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers. *Meat Sci.* 43:167.
- Zembayashi, M. and K. Nishimura. 1996. Genetic and nutritional effects on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of steers. *Meat Sci.* 43:83.