



AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN Y MEJORA DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE VACUNA URUGUAYA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Carolina E. Realini^{1*}, Gustavo Brito², Fabio Montossi²

¹Polo de Producción y Reproducción de Rumiantes, Facultad de Ciencias, CENUR Noroeste, Universidad de la República, Gral. Rivera 1350, Salto, Uruguay *crealini@unorte.edu.uy

²Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA Tacuarembó, Ruta 5 Km 386, Tacuarembó, Uruguay

1. 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 2 años, las exportaciones de carne vacuna fresca y congelada, sin hueso, promediaron las 360 mil toneladas peso embarque, reportando anualmente alrededor de 1.365 millones de dólares al país, siendo 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 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 et al., 2013a). 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., 2013b; 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; Realini et al., 2013).

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 la incidencia 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 fortalezcan 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.

2. 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., 2010). 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 re-formular 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 & 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, ácidos grasos, 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 & Saadoun, 2014; Saadoun & Cabrera, 2013; Cabrera et al., 2010). 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 humanas, incluyendo enfermedades del corazón y algunos cánceres (Connor, 2000; Simopoulos, 1999). 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 valores superiores a 0.45 e inferiores a 4.0, respectivamente (DHA, 1994; EFSA, 2010).

El ácido linoleico conjugado (CLA) constituye otro grupo de AG que ha recibido una atención especial, debido a sus efectos beneficiosos para la salud. Naturalmente producido por rumiantes, el CLA tiene 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; Schmid et al., 2006; Wahle et al., 2004; Wang & Jones, 2004). 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 siendo estudiadas 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 humana, 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.

3. 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, donde la dieta animal es el factor que puede ser manipulado más fácilmente y es uno de los que tiene los efectos más profundos sobre la misma (Troy & Kerry, 2010). Es así que distintas estrategias de alimentación animal se han utilizado con éxito para aumentar significativamente el nivel de AGPI (Font i Furnols et al., 2009; Morales et al., 2012; Realini et al., 2004; Realini et al., 2009; Wood et al., 2008; 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 (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 (Marmer et al., 1984).

En Uruguay, a nivel de investigación, se trabajó 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 com-



paración 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 & Cabrera, 2013), la disponibilidad de información cuantitativa es limitada (Cuadro 1). El primer estudio de investigación nacional que caracterizó la composición de AG incluyendo *n*-3 y CLA en la carne vacuna uruguaya fue desarrollado por el 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 silo de planta de sorgo, demostrando las bondades de la producción en base pasturas mejoradas sobre la composición de AG de la carne. El engorde de los animales en pastoreo mejoró el perfil de los AG de la grasa intramuscular incluyendo *n*-3 y CLA presentando cocientes AGPI:AGS and *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).

Posteriormente y en un marco de cooperación internacional Hispano-Uruguaya (Montossi & 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 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 & 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 me-

jora 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) y Brito et al. (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 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 (Brito et al., 2014b). 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) comparando 102 días de engorde en pastoreo o corral, con 2 combinaciones de 40 y 80 días en pastoreo seguido de 80 y 40 días 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 días en pastoreo que los de 80 y 120 días en corral. Los resultados indican que un engorde a corral durante los últimos 40 días de terminación de animales no afectaría la composición de AG de la grasa intramuscular.

La edad al sacrificio se redujo 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 novillos de 3 años 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 et al. (2010), realizando aportes interesantes y complementarios al trabajo conducido por los investigadores de INIA, donde 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 días) sobre la composición de AG de novillos en pastoreo. Los autores no encontraron 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 tipos de músculo y para ambas razas.

4. 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 de investigación no se encontró un efecto significativo de la dieta animal sobre el nivel de CLA en la carne (Brito et al., 2008; Brito et al., 2009; Brito et al., 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 días 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) indicó 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 fase de terminación de los animales. 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 dieta 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) reportan mayores concentraciones de 18:3 n-3 para novillos pastoreando alfalfa en comparación con pasto italiano o una pastura compuesta por *Poa* spp., pasto ovido, festuca y trébol blanco. Resultados similares fueron reportados por Moloney et al. (2007) para novillos pastoreando una pastura dominada por trébol blanco en comparación con una pastura de raigrás perenne previo al sacrificio. Sin embargo, otros autores no encontraron diferencias en la composición de AG 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. 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 una revisión de varios estudios. En este sentido, más información es necesaria 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 marketing 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 sustentar 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 mega calorías por kilo), con un tiempo de alimentación de más de 100 días y con edad del animal a la faena menor a 30 meses, denominada cuota HQB-481. Algunos estudios en Uruguay han contrastando 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; Brito et al., 2009; Brito et al., 2014a; Brito et al., 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 reportaron diferencias entre razas en la composición de AG de la carne (Xie et al., 1996; Zembayashi & 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 et al. (2010) reportaron 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 carne de novillos Hereford. Animales más magros y de maduración más tardía presentan una relación AGP:AGS más elevada que animales de maduración más temprana, a un mismo peso 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 y la fertilidad y el impacto económico, antes de incluir la composición de AG en un programa genético. Shingfield (2013) también indicó 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, lipogénesis-lipólisis y oxidación en los tejidos de rumiantes, podría facilitar el progreso en la modificación de la composición de AG en los alimentos 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, ácidos grasos, 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, 2013). Estudios de INIA 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 ácidos grasos. Los resultados preliminares indicaron que se identificaron 8 marcadores SNPs que estuvieron asociados significativamente con el marmoleado, área de ojo de bife, terneza medida luego de 21 días de maduración y porcentaje de ácidos grasos saturados y poliinsaturados (Branda Sica et al., 2014).

5. 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 es competitivo 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 de animales 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 marketing 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 sustentar 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 son suplementados 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 ácidos grasos de la carne uruguaya. Existe amplia bibliografía internacional para modificar el perfil de ácidos grasos de animales de engorde a corral. Sin embargo, información local con nuestros recursos genéticos y nutricionales, es limitada 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 la 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. Mayor información es necesaria 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

BIBLIOGRAFÍA

- Albertí, P., Gómez, I., Mendizabal, J. A., Ripoll, G., Barahona, M., Sarriés, V., et al. (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 Science*, 94(2), 208-214.
- Alvarez, I., De la Fuente, J., Díaz, M.T. & Cañeque, V. (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. Eds. Montossi, F. y Sañudo, C. Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica 168, 61-65.
- Bayarri, S., Carbonell, I., Barrios, E.X., & Costell, E. (2010). Acceptability of yogurt and yogurt-like products: Influence of product information and consumer characteristics and preferences. *Journal of Sensory Studies*, 25, 171-189.
- Buchanan, J. W., Reecy, J. M., Garrick, D. J., Duan, Q., Beitz, D. C., and Mateescu, R. G. (2015). Genetic parameters and genetic correlations among triacylglycerol and phospholipid fractions in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 93, 522-528.
- Branda Sica, A.; Ravagnolo, O.; Brito, G.; Baldi, F.; LaManna, A.; Banchemo, G.; Navajas, E.A.; Rincón, G., Medrano, J.F. (2014). Evaluación de panel SNP en genes candidatos de vías metabólicas para carne en Hereford. *Revista Archivos de Zootecnia*, 63 (241), 73-84.
- Brito, G., Lagomarsino, X., Olivera, J., Trindade, G., Arrieta, G., Pittaluga, O., del Campo, M., Soares de Lima, J., San Julián, R., Luzardo, S., and Montossi, F. (2008). Effect of different feeding systems (pasture and supplementation) on carcass and meat quality of Hereford and Braford steers in Uruguay. 54th ICoMST. Ciudad del Cabo, Sud Africa.
- Brito, G., Chalkling, D., Simeone, A., Franco, J., Beretta, V., Beriau, E., Iriarte, J.M., Tucci D., Montossi F. (2009). Effect of finishing systems on meat quality and fatty acid composition on Uruguayan steers 55th ICoMST. Ciudad del Cabo, Sud Africa.
- Brito G.W., Lagomarsino X., San Julián R. y del Campo M. (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. pp. 137-153.
- Brito, G., San Julián, R., LaManna, A., del Campo, M., Montossi, F., Banchemo, G., Chalkling, D., Soares de Lima, J.M. (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 Science*, 98, 533-538.
- Brito, G., Luzardo, S., Montossi, F., San Julián, R., Cuadro, R.; Risso, D. (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. Eds. Montossi, F., Berretta, E. y Brito, G. Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica 217, 155-167.
- Cabrera, M. C., Ramos, A., Saadoun, A., & Brito, G. (2010). Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Science*, 84, 518-528
- Cabrera, M.C., Saadoun, A. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. (2014). *Meat Science*, 98 (3), 435-444.
- Cañeque, V., De la Fuente, J., Díaz, M.T. y Álvarez, I. (2007). Composición en ácidos grasos 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. Eds. Montossi, F. y Sañudo, C. Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica 168, 97-102.
- Connor, W. E. (2000). Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 171S-175S.
- De la Fuente, J., Díaz, M.T., Álvarez, I., Oliver, M.A., Font i Furnols, M., Sañudo, C., Campo, M.M., Montossi, F., Nute, G.R., Cañeque, V. (2009). Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*, 82 (3), 331-337.
- De Smet, S., Raes, K., & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by genetic factors. *Animal Research*, 53, 81-88.
- Department of Health. (1994). Report on health and social subjects. No. 46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. London:





HMSO.

- Dierking, R. M., Kallenbach, R. L., & Grun, I. U. (2010). Effect of forage species on fatty acid content and performance of pasture-finished steers. *Meat Science*, 85(4), 597-605.
- Duckett, S. K., Neel, J. P., Lewis, R. M., Fontenot, J. P., & Clapham, W. M. (2013). Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 91(3), 1454-1467.
- EFSA. (2010). (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). 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 Journal* 8(3), 1461.
- Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N., & Scheller, K. K. (1989). Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *Journal of Food Science*, 54, 858-862.
- Font i Furnols, M., Realini, C. E., Guerrero, L., Oliver, M. A., Sañudo, C., Campo, M. M., et al. (2009). Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Science*, 81(1), 196-202.
- Gillis, M. H., Duckett, S. K., Sackmann, J. R., Realini, C. E., Keisler, D. H., & Pringle, T. D. (2004). Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 82(3), 851-859.
- Inoue, K., Kobayashi, M., Shoji, N., Kato, K. (2011). Genetic parameters for fatty acid composition and feed efficiency traits in Japanese Black cattle. *Animal*, 5, 987-994.
- Kallas, Z., Realini, C.E., Gil, J.M. (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 Science*, 97 (4), 497-503.
- Kelly, M.J., Tume, R.K., Newman, S., Thompson, J.M. (2013). Genetic variation in fatty acid composition of subcutaneous fat in cattle. *Animal Production Science*, 53 (2), pp. 129-133.
- Khanal, R. C. (2004). Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA): A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17(9), 1315-1328.
- Lusk, J. L., Roosen, J., & Fox, J. A. (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. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(1), 16-29.
- Marmer, W. N., Maxwell, R. J., & Williams, J. E. (1984). Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *Journal of Animal Science*, 59, 109-121.
- Moloney, A. P. (2005). The fat content of meat and meat products. In J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward (Eds.), *Meat processing* pp. 137-153. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Moloney, A. P., McGiloway, D. A., & French, P. (2007). Fatty acid composition of muscle from cattle grazing perennial ryegrass/white clover swards prior to slaughter. *Proceedings of the Agricultural Research* (pp. 84). Ireland: Tullamore.
- Moloney, A. P., Fievez, V., Martin, B., Nute, G. R., & Richardson, R. I. (2008). Botanically diverse forage-based rations for cattle: Implications for product composition and quality and consumer health. *Grassland Science in Europe*, 13, 361-374.
- Montossi, F. & Sañudo, C. (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*. Eds. Montossi, F. y Sañudo, C. Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica 166, 1-4.
- Montossi, F. & Sañudo, C. (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*. Eds. Montossi, F. y Sañudo, C. Tacuarembó, Uruguay: INIA. Serie Técnica 168, 9-14.
- Montossi, F. (2013a). 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. pp. 1-6.
- Montossi, F., Font-i-Furnols, M., del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., Sañudo, C. (2013b). Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science*, 95 (4), 772-789.
- Morales, R., Folch, C., Iraira, S., Teuber, N., & Realini, C. E. (2012). Nutritional quality of beef produced in Chile from different production systems. *Chilean Journal of Agricultural Research*,



72(1), 80–86.

- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., & Sánchez-Muniz, F. J. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science*, 95(4), 919–930.
- OPYPA (2013). Anuario 2013. Análisis Sectorial y Cadenas Productivas. Estudios Temas de Políticas. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo: 675 pp.
- O'Shea, M., Bassaganya-Riera, J., & Mohede, I. C. M. (2004). Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(6), 1199S–1206S.
- Pariza, M. W. (2004). Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(6), 1132S–1136S.
- Perry, D., Nicholls, P.J., Thompson, J.M. (1998). The effect of sire breed on the melting point and fatty acid composition of subcutaneous fat in steers. *Journal of Animal Science*, 76, 87–95.
- Raes, K., de Smet, S., & Demeyer, D. (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. *Animal Science*, 73, 253–260.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Dalla Rizza, M., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3), 567–577.
- Realini, C.E., Font i Furnols, M., Guerrero, L., Montossi, F., Campo, M.M., Sañudo, C., Nute, G.R., Alvarez, I., Cañeque, V., Brito, G., Oliver, M.A. (2009). Effect of finishing diet on consumer acceptability of Uruguayan beef in the European market. *Meat Science*, 81 (3), 499-506.
- Realini, C.E., Font i Furnols, M., Sañudo, C., Montossi, F., Oliver, M.A., Guerrero, L. (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 Science*, 95 (1), 14-21.
- Realini, C.E., Kallas, Z., Pérez-Juan, M., Gómez, I., Olleta, J.L., Beriain, M.J., Albertí, P., Sañudo, C. (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 Quality and Preference*, 33, 74-85.
- Realini, C.E., Guàrdia, M.D., Díaz, I., García-Regueiro, J.A., Arnau, J. (2015). Effects of acerola fruit extract on sensory and shelf-life of salted beef patties from grinds differing in fatty acid composition. *Meat Science*, 99, 18-24.

- Saadoun, A., Cabrera, M.C. (2012). Calidad nutricional de la carne bovina producida en Uruguay. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 21 (2), 119-130.
- Sato, Y., Nakaya, N., Kuriyama, S., Nishino, Y., Tsubono, Y., & Tsuji, I. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer in Japan: The Miyagi cohort study. *European Journal of Cancer Prevention*, 15(3), 211–218.
- Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., & Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17–33.
- Scollan, N.D., Dannenberger, D., Nuernberg, K., Richardson, I., MacKintosh, S., Hocquette, J.-F., Moloney, A.P. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 97 (3), pp. 384-394.
- Shingfield, K.J., Bonnet, M., Scollan, N.D. (2013). Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal*, 7 (SUPPL.1), pp. 132-162.
- Siebert, B.D., Pitchford, W.S., Malau-Aduli, A.E., Deland, M.P.B., Bottema, C.D.K. (1999). Breed and sire effects on fatty acid composition of beef fat. *Australian Association of Animal Breeding and Genetics*, 13, 389–392.
- Simopoulos, A. P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), 560S–569S.
- Schulze, M. B., Manson, J. E., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2003). Processed meat intake and incidence of Type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *Diabetologia*, 46(11), 1465–1473.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., & Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73(1), 29–41.
- 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., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86(1), 214–226.
- Verbeke, W., Pérez-Cueto, F. J. A., de Barcellos, M. D., Krystallis, A., & Grunert, K. G. (2010). European citizen and consumer attitudes and preferences regarding beef and pork. *Meat Science*, 84(2), 284–292.
- Wahle, K.W. J., Heys, S. D., & Rotondo, D. (2004). Conjugated linoleic acids: Are they beneficial or detrimental to health? *Progress in*



Lipid Research, 43(6), 553–587.

- Wang, Y. W., & Jones, P. J. H. (2004). Dietary conjugated linoleic acid and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(6), 1153S–1158S.
- Wang, Y., & Proctor, S. D. (2013). Current issues surrounding the definition of trans fatty acids: Implications for health, industry and food labels. *British Journal of Nutrition*, 18, 1–15.
- WHO (2015). http://www.who.int/nutrition/topics/3_foodconsumption/en/index4.html. Accedida 25/02/2015.
- WHO (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.* 78:343–358.
- Xie, Y.R., Busboom, J.R., Gaskins, C.T., Reeves, J.J., Wright, R.W., Cronrath, J.D. (1996). Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers. *Meat Science* 43, 167–177.
- Zembayashi, M., Nishimura, K. (1996). Genetic and nutritional effects on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of steers. *Meat Science* 43, 83–92.

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
	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 et al. 2010 Tesis Saadoun et al. 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=80) 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: afrechillo de arroz	120 d
Alvarez et al. 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 ad libitum	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 Rumensin) y heno de alfalfa	
Cañeque et al. 2007, Serie Técnica INIA* De la Fuente et al. 2009, Meat Science*	Novillos Hereford sacrificados a los dos (n=20) y tres años (n=20)	EXT2: extensivo 2 años EXT3: extensivo 3 años	Pasturas naturales y mejoradas exclusivamente		
Realini et al. 2004 Meat Science	Novillos Hereford (n=30)	P: pastura C: concentrado C-E: concentrado + vitamina E (1000 UI/animal/día)	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)

* La 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 cruces con Limousin, estabulados con silo de maíz a voluntad y cantidades restringidas de harina de soja y cereal, sacrificados con 19-24 meses).