

Doctorado en Ciencia Animal

Tesis

Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos

Angus

Adriana B. Pordomingo

Facultad de Ciencias Veterinarias

U.N.C.P.B.A



2017

Doctorado en Ciencia Animal

Tesis

Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación
y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas
de la carne bovina de novillos Angus

Adriana B. Pordomingo

Facultad de Ciencias Veterinarias

U.N.C.P.B.A

Director: Dr. Anibal J. Pordomingo

Co-director: Dr. Enrique Pavan

Miembros del jurado:

Dr. Ricardo Rodriguez

Dr. Francisco Javier Giraldez García

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos papás Elda y José, por estar siempre a mi lado alentándome y escuchándome; a mi esposo Ariel, por su paciencia, comprensión, colaboración y estar en los momentos de debilidad y alegría; a mis preciados hijos Pedro y Eugenio, por el tiempo que no he podido dedicarles; a mis hermanos Aníbal y Eduardo por escucharme, alentarme y confiar en mí en todo momento; a mi querido sobrino Martín y a Elisa por su buena onda y disposición.

AGRADECIMIENTOS

A INTA, Consejo Directivo, Centro Regional y EEA INTA Anguil, por su apoyo Institucional y por confiar en mi persona.

A Aníbal J. Pordomingo, por su dedicación durante todo el proceso de dirección, elaboración y corrección de tesis.

Al personal de ganadería de INTA – Anguil por su colaboración con el trabajo de campo

A INTeA SA en INTA Anguil por la provisión de los animales e insumos para la realización del ensayo experimental.

A Carnes Pampeanas y especialmente a Manuel Maradona por permitirme el ingreso a las instalaciones del frigorífico y su colaboración con la toma de muestras de carne.

A Lolo, mi compañero de trabajo, por su invaluable e incondicional ayuda y dedicación.

A Enrique Pavan, Daniela Trevisi y todos los compañeros del Laboratorio de Calidad de Carnes de INTA-Balcarce que me brindaron su colaboración en la realización de los análisis físicos y químicos de las muestras.

A la familia de Ariel y especialmente a Javier por su colaboración con el procesado y fraccionamiento de los bloques de carne.

A Nestor Juan por su buena disposición, aportes y sugerencias.

A mis amiga/os Analía y Luis y a su familia por su apoyo incondicional

A todos aquellos que de un modo u otro colaboraron, apoyaron y alentaron esta importante etapa de mi vida profesional.

A todos ellos ¡Muchas Gracias!

INDICE	4
INDICE DE CUADROS	6
INDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
SUMMARY	9
I – INTRODUCCION	10
I – 1. Revisión bibliográfica	11
I - 1.1. Rendimiento y características de la canal	11
I - 1.2. Atributos físicos y sensoriales	12
I - 1.2.1. Terneza	12
I - 1.2.1.a-Efecto del sistema de alimentación	13
I - 1.2.1.b- Efecto de la edad a faena	14
I - 1.2.1.c- Efecto del período de maduración	15
I - 1.2.2- Color	16
I - 1.2.2.a- Efecto del sistema de alimentación y la edad a faena	17
I - 1.2.2.b- Efecto del tiempo de madurado	19
I - 1.3- Atributos bioquímicos – Perfil de lípidos en la GI del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	20
I - 1.3.1. Grasa intramuscular de la carne bovina	20
I - 1.3.2. Tipos de ácidos grasos y su relación con la salud	21
I - 1.3.3. Biohidrogenación y origen de CLA en los tejidos	23
I - 1.3.4. Efecto del sistema de alimentación sobre el perfil de lípidos	24
I - 1.3.5. Efecto de la edad a la faena sobre el perfil de lípidos	24
I – 1.3.6. Efecto del tiempo de madurado	25
I – 1.4- Consideraciones finales	26
I – 2. Objetivos	28
I - 2.1. Objetivo general	28
I - 2.2. Objetivos específicos	28
I – 3. Hipótesis	28
II - MATERIALES Y METODOS	29
II – 1. Tratamientos	29
II – 2. Determinación de peso vivo	34
II – 3. Muestreo y determinaciones sobre el forraje y los alimentos	34
II – 4. Consumo y conversión del alimento en la terminación en confinamiento de los	

animales en EAC	34
II – 5. Momento de faena y rendimiento de la canal	35
II – 6. Muestreo y determinaciones físicas y químicas sobre la carne	35
II – 7. Composición proximal y perfil de lípidos de la GI en el músculo <i>Longissimus dorsi</i>	37
II – 8. Análisis estadístico	38
II - 8.1. Variables de comportamiento productivo	38
II - 8.2. Variables físicas y bioquímicas	39
III - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
III – 1. Oferta forrajera y consumo	41
III – 2 Evolución del peso vivo y conversión del alimento en la etapa de confinamiento	44
III – 3. Peso y rendimiento de la canal	47
III – 4. Características del bife	48
III – 5. Perfil de lípidos de la GI del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	53
IV – CONCLUSIONES	59
V – BIBLIOGRAFÍA	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas de recría y engorde y secuencia de uso de forrajes y alimentos en pastoreo o en confinamiento.	31
Cuadro 2. Composición proporcional y proximal de la dieta de terminación con concentrado	32
Cuadro 3. Secuencia de forrajes, disponibilidad y asignación por animal promedio de ambos grupos de edad expuestos a la estrategia de alimentación con terminación pastoril.	41
Cuadro 4. Contenido de materia seca y composición proximal de los forrajes ofrecidos en la estrategia de alimentación con terminación pastoril	42
Cuadro 5. Secuencia de forrajes, disponibilidad y asignación por animal promedio de ambos grupos de edad expuestos a la estrategia de alimentación con terminación en confinamiento en la segunda etapa de recría (R2b)	42
Cuadro 6. Contenido de materia seca y composición proximal de los forrajes ofrecidos en la estrategia de alimentación con terminación en confinamiento en la segunda etapa de la recría (R2b)	43
Cuadro 7. Efecto de la edad a la faena sobre el consumo de materia seca en la etapa de terminación de novillos Angus en confinamiento de EAC	44
Cuadro 8. Efecto de la estrategia de alimentación y la edad sobre el aumento de peso y el índice de conversión en la etapa de terminación en confinamiento de EAC	46
Cuadro 9. Efecto de la edad a faena sobre el peso desbastado, el peso de la canal y el rendimiento de la canal de novillos terminados bajo estrategias de terminación pastoril y en confinamiento	47
Cuadro 10. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el peso desbastado, el peso de la canal y el rendimiento de la canal de novillos terminados con 2 y 3 años de edad	48
Cuadro 11. Valores de significancia (P) para las interacciones entre la estrategia de alimentación, edad a faena y tiempos de maduración sobre las variables evaluadas	48
Cuadro 12. Efecto de la estrategia de alimentación sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus terminados con 2 o 3 años de edad	49
Cuadro 13. Efecto de la edad a faena sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus terminados bajo estrategias de terminación pastoril y en confinamiento	50
Cuadro 14. Efecto del período de maduración sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus de 2 y 3 años de edad terminados bajo las estrategias de alimentación pastoril o con concentrado	53
Cuadro 15. Valores de significancia (P) para las interacciones entre los factores estrategia de alimentación, edad a faena y tiempo de maduración sobre los ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novillos Angus	54
Cuadro 16. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novillos Angus terminados con 2 o 3 años de edad a faena	56
Cuadro 17. Efecto de la edad a faena (2 o 3 años) sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novillos Angus terminados bajo estrategias de terminación pastoril o concentrado.	58

Cuadro 18. Efecto del período de maduración sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de novillos Angus de 2 y 3 años de edad a faena y terminados bajo las estrategias de alimentación pastoril o concentrado.	59
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biosíntesis del ácido linoleico conjugado cis 9, trans 11 (CLA) a partir de la bio-hidrogenación del ácido graso esencial linoleico (C18:2 cis 9, cis 12) y la síntesis “de novo” en los tejidos del animal a partir del ácido vaccénico (C18:1 trans 11).	23
Figura 2. Días de ingreso al ensayo según la edad a la faena, período y tipo de alimento para cada tratamiento.	32
Figura 3. Evolución del peso vivo de novillos que ingresan con 150 kg y 267 kg a las estrategias de alimentación de terminación pastoril o de terminación en confinamiento con concentrado.	45

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos e interacciones entre la estrategia de alimentación (EA), la edad a faena de novillos Angus y el período de maduración sobre las características de la carcasa, y la composición proximal, terneza, color y perfil de ácidos grasos del músculo *Longissimus dorsi* (LD). El ensayo se diseñó considerando dos edades a faena (2 o 3 años) y 2 EA las que se diferenciaron particularmente en la etapa de terminación (pastoril –EAP o con concentrado en confinamiento- EAC) generándose los tratamientos 2EAP; 2EAC; 3EAP y 3EAC. Luego de la faena se impusieron sobre cada combinación de los factores antes citados 2 períodos de maduración de la carne (4 o 14 días). Para remover efectos confundidos de edad y nivel de engrasamiento, el ensayo se impuso como objetivo lograr animales de similar peso y grado de terminación (engrasamiento dorsal) dentro de cada grupo de edad a faena independiente del tipo de terminación para los de 2 y 3 años de edad, respectivamente. Se utilizaron 24 terneros (Angus) con un peso vivo inicial de $150 \pm 15,6$ kg y 152 ± 20 días de edad y 24 novillitos de $267 \pm 16,5$ kg y 515 ± 14 días de edad. Se detectó interacción entre EA y edad a faena ($P < 0.024$) en el grupo de ácidos grasos poliinsaturados omega -3 (AGPI n-3) y el ácido graso alfa linolénico (ALA, C18:3 n-3). Los tratamientos EAC generaron mayores valores de peso de canal en caliente (PCC) y rendimiento de res (Rto), pero no se detectaron efectos sobre el peso vivo desbastado a faena ($P = 0.801$). Los tratamientos EAP produjeron mayores valores de contenido de agua ($P = 0,001$), pH ($P = 0,001$), resistencia al corte ($P = 0,031$), contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), relación AGPI:AGS (ácidos grasos saturados) y menor espesor de grasa dorsal (EGD), contenido de grasa intramuscular (GI), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y relación omega-6:omega-3 (n-6:n-3) en el músculo LD, comparados con los tratamientos EAC. La EAC produjo carne con mayor L^* y menor a^* comparadas con EAP. En promedio, los animales de 2 años no se diferenciaron de los de 3 años en el Rto ($P = 0,220$). Los tratamientos de 3 años obtuvieron mayor área de ojo de bife (AOB) ($P = 0,002$), contenido de GI ($P = 0,001$), AGMI, relación n-6:n-3 y menores valores de L^* , a^* y b^* ($P \leq 0,004$) del músculo LD, comparados con los tratamientos de 2 años a faena. No se detectaron efectos significativos debidos a la edad sobre la resistencia al corte ($P = 0,472$) y sobre el porcentaje de AGS. El contenido de AGPI, AGPI n-6 y la relación AGPI:AGS fueron mayores ($P = 0,001$) para los tratamientos de 2 años comparados con aquellos de 3 años. El período de maduración afectó sólo la fuerza de corte. En promedio los valores de WB fueron menores para 14 días comparado con 4 días de maduración ($P = 0,001$).

Palabras claves: terminación pastoril, terminación con concentrado, período de maduración, ácidos grasos.

SUMMARY

This study evaluated the effects and interactions between feeding strategy (EA) (pasture or feedlot finishing), animal age at slaughter (2 or 3 years of age), and postmortem aging of beef during 4 or 14 days on carcass traits, proximate composition, tenderness, color (L^* , a^* and b^*) and fatty acids of *Longissimus dorsi* muscle (LD) of steers. Twenty four Angus steers of $150 \pm 15,6$ kg 6-month old calves and 24 18-month old stockers; $267 \pm 16,5$ kg were used. Treatments included controlled-gain backgrounding on pasture and pasture or feedlot finishing to reach similar final weights within the 2-age groups (440 and 550 kg for 2- and 3-year old, respectively), and a minimum 8-mm backfat thickness. There were interactions between EA and animal age for polyunsaturated omega-3 fatty acids (PUFA n-3) and for linolenic fatty acid content of LD muscle. Feedlot steers (EAC) had the highest hot carcass weight (HCW) and dressing percentage but no differences were detected on harvest weight ($P = 0.801$), compared to pasture finished (EAP). The EAP had greater moisture content, pH value, WB shear force, polyunsaturated fatty acids (PUFA) content, AGPI:AGS ratio and lower backfat thickness (BFT), intramuscular fat (IMF), monounsaturated fatty acids (MUFA) and omega-6:omega-3 (n-6:n-3) ratio, compared to EAC. The EAC had greater L^* and lower a^* compared to EAP. Two-year old steers were lighter at harvest compared to 3-year old ones ($P = 0.001$), but there was no effect ($P = 0.220$) on dressing percentage. Three-year old steers had greater ribeye area (REA) ($P = 0.002$), IMF ($P = 0.001$), MUFA, n-6:n-3 ratio and lower color parameters L^* , a^* and b^* ($P \leq 0.004$), compared to 2-year old steers. No effects of animal age on WB share force and saturated fatty acids (SFA) were detected ($P > 0.05$). Beef from 2-year old steers had greater ($P = 0.001$) PUFA, PUFA n-6 content and PUFA:SFA ratio compared to 3-year old ones. No effects were detected of postmortem aging ($P > 0.05$) on all the variables studied except on WB shear force ($P = 0.001$; 33.4 vs 26.4 N for 3 and 14 days, respectively).

Key words: pasture finishing, feedlot finishing, aging beef, tenderness, fatty acids profile

I - INTRODUCCIÓN

En Argentina, las condiciones agroecológicas permiten el desarrollo e implementación de sistemas ganaderos de producción diversos, desde los más pastoriles a los intensivos. La carne constituye la principal base proteica de la dieta de Argentina. Durante la última década, el consumo total de carne, ha alcanzado niveles de 110 a 117 kg hab⁻¹ año⁻¹, constituyendo la carne vacuna la de mayor consumo en relación a la aviar y porcina (60, 43 y 12 kg hab⁻¹ año⁻¹) respectivamente (CICCRA, 2016). Por otro lado, la disponibilidad de información sobre atributos de la carne (terneza, color, contenido de grasa) y la creciente alerta social respecto a la ingesta de grasas sobre la salud humana ha generado un consumidor cada vez más exigente sobre los productos que consume. La existencia de estas exigencias demanda, a los sectores involucrados en la cadena productiva de carne bovina, a focalizar sus esfuerzos en conocer y eventualmente mejorar la calidad de la misma.

Andersen *et al.* (2005) sugirieron que el término calidad de carne, en su concepto tradicional, se refiere a las características inherentes de la carne (valor nutricional, flavor, textura, capacidad de retención de agua, color, terneza, perfil de lípidos y estabilidad oxidativa), al procesamiento y a su almacenamiento. Sin embargo, a través de los años, el concepto calidad de carne ha sido modificado y ajustado conforme a las mayores exigencias del consumidor, el mercado internacional y las organizaciones comprometidas con la salud humana. Esta evolución se halla en línea con la de los alimentos en general, así en el sector agroalimentario es de creciente utilización el concepto de calidad integral de alimentos, definido como “aquellas acciones destinadas a la preservación y/o mejora de los aspectos relacionados con la inocuidad, la nutrición, las características sensoriales y físico-químicas, la estabilidad, los procesos de preservación y de gestión de la calidad, incluyendo la trazabilidad, el cuidado del medio ambiente, y la dimensión simbólica asociada a los alimentos con identidad territorial, necesarios para la innovación de productos, procesos y/o servicios agroalimentarios en un marco de equidad” (Rodríguez, *et al* 2013). Actualmente, se considera que la expresión calidad de la carne es un concepto complejo y multivariado, influenciado por las interacciones de diferentes factores tales como: sistema de manejo, genotipo, raza, edad, alimentación, manipulación pre-faena, método de inmovilización, sacrificio, enfriado y condiciones de almacenamiento incluyendo además aspectos relacionados con el medio ambiente, éticos y bienestar animal. La estrategia de alimentación y sus interacciones

con factores del animal como la edad y la genética se consideran centrales en la caracterización del producto.

I – 1. Revisión bibliográfica

I - 1.1. Rendimiento y características de la canal

Las características de la canal (res, carcasa) y el rendimiento en carne comercializable son criterios importantes para la mayoría de los eslabones de la cadena de la carne (productores, industriales, sectores de comercialización). Una de las mediciones más útiles del rendimiento del animal es el aumento diario de peso (APV). Sin embargo, la composición de la ganancia, grasa versus carne, puede tener mayor efecto en relación a la eficiencia de producción y al valor económico del animal. El peso de la canal en caliente (PCC), el área de ojo de bife (AOB); el espesor de grasa dorsal (EGD) y el rendimiento (Rto) son las determinaciones comunes que permiten calificar una canal. Durante los últimos 50 - 60 años, el avance e implementación de nuevas tecnologías, el uso de la información genética, la selección de animales y el estímulo del precio de mercado han incrementado la eficiencia en la producción de carne. En particular, la cantidad de alimento necesaria para producir un kg de carne ha disminuido durante los últimos 50 años. Por ejemplo, en EEUU en 1950, novillos Hereford se faenaban entre 24 - 36 meses de edad con un peso de 385 – 499 kg, una eficiencia de conversión entre 8,5 – 10,5; con APV entre 810-1130 gd^{-1} ; EGD 15,2 - 25,0 mm; AOB 51,61 – 64,51 cm^2 . Actualmente, año 2015, la edad a faena se redujo a 14 y 24 meses; aumentó el peso vivo a faena en un rango de 499 y 635 kg, el índice de conversión se ubica en el rango de 6,0 a 8,5:1; el APV en el rango de 1130-1580 gd^{-1} y el AOB entre 70,9 – 90,3 cm^2 con una disminución de EGD entre 7,6 – 15,2 mm, sin ceder contenido de grasa intramuscular (USDA, 2015).

Si bien la raza es el factor de mayor incidencia (Piedrafita *et al.*, 2003), el tipo de recría y terminación también afectan el rendimiento, la composición de la canal y la calidad de la carne (Choat *et al.*, 2003; Neel *et al.*, 2007). Por otro lado, el APV puede ser manipulado alterando la cantidad o calidad del alimento ofrecido (Perry y Thompson, 2005). Pordomingo *et al.* (2012a) compararon las características de la canal de vaquillonas de 14 meses recriadas en confinamiento con diferente contenido de heno de alfalfa (40, 70 y 100%) y terminación pastoril durante 132 días.

Hallaron menores valores de PCC y EGD a medida que aumentaba el contenido de heno, el AOB fue similar entre los tratamientos de 40 y 70% (67,4 y 66,8 cm² respectivamente) pero se diferenciaron respecto del de 100% de heno cuyo valor de AOB fue 55,7 cm². Los autores argumentaron que bajas ganancias de peso durante la recría no pudieron ser compensadas totalmente durante 132 días de terminación pastoril. Otros autores, Neel *et al.* (2007) compararon novillos de 18 meses de edad recriados con diferentes APV: bajo = 280 gd⁻¹; medio = 450 gd⁻¹ y alto = 680 gd⁻¹ con terminación pastoril o con concentrado. El PCC y el Rto fueron mayores para aquellos con APV alto comparado con los APV medio y bajo. Sin embargo, no hallaron diferencias estadísticamente significativas sobre el AOB y sobre el EGD atribuibles al tratamiento. A edades similares, otros autores (Duckett *et al.*, 2013), hallaron mayores valores de PCC, AOB, EGD y Rto en novillos Angus terminados con concentrado comparados con aquellos terminados sobre pasturas (352 y 252 kg; 83,3 y 64,9 cm²; 13,7; 5,6 mm y 62,3 y 54,3% respectivamente). Resultados similares fueron obtenidos por Crouse *et al.* (1984 b); Bennet *et al.* (1995); Neel *et al.* (2007) y Pavan y Duckett, (2008).

Duckett *et al.* (2007) evaluaron el contenido de carne, grasa y hueso de la sección correspondiente a las costillas 9, 10 y 11 de novillos Angus. Utilizaron esta porción de la canal para predecir la composición de la carcasa. En el trabajo compararon distintos APV (bajo, 230 gd⁻¹; medio, 450 gd⁻¹ y alto, 680 gd⁻¹) durante la recría con terminación pastoril o concentrado. El APV durante la recría no afectó el contenido de carne, grasa y hueso. Sin embargo, los autores hallaron mayor porcentaje de carne y hueso y menor de grasa (42% menos) en los novillos terminados con pasturas respecto a aquellos terminados con concentrado independientemente de los APV obtenidos en la recría. Estos resultados, obtenidos a partir de la sección de costilla seleccionada, se reflejaron en la composición de la carcasa, aquellos terminados con pastura tuvieron mayor porcentaje de carne y hueso y menor porcentaje de grasa.

I - 1.2 - Atributos físicos y sensoriales

I - 1.2.1. Terneza

La terneza, junto con el color, la jugosidad y el flavor, forma parte de las características sensoriales de la carne (Okumura *et al.*, 2007). Algunos autores la definen como la mayor o menor facilidad de corte durante el proceso de masticación (Peluffo Frisch *et al.*, 2002; Muchenje *et al.*,

2009). Numerosos trabajos científicos han considerado a la ternera como uno de los principales atributos de la carne que incide sobre la aceptabilidad del consumidor (Savell *et al.*, 1987, 1989; Shackelford *et al.*, 2001; Ouali *et al.*, 2006; Schor *et al.*, 2008; Zór *et al.*, 2009; Ynsaurralde *et al.*, 2013). En general, la mayoría de los consumidores considera carnes más tiernas a aquellas con mayor contenido de grasa intramuscular (GI). Sin embargo, la cantidad de GI mejoraría la jugosidad y el flavor del producto cocido (Gerrard y Grant, 2006).

La ternera puede ser evaluada como ternera subjetiva determinada por un panel sensorial entrenado o como ternera objetiva, utilizando el método de Warner–Bratzler shear force (Bratzler, 1932) que determina la resistencia al corte (Tornbeg, 1996; Sun *et al.*, 2012). La resistencia al corte disminuye a medida que aumenta la infiltración de GI debido a que la grasa es más blanda que el músculo (Nuernberg *et al.*, 2005). Sin embargo, para que este efecto sea considerable la proporción debe ser superior al 6% (Geay *et al.*, 2001). Por otro lado, el contenido de GI solo explicaría del 10 al 15% de la variabilidad total de la ternera (Warriss, 2003). La ternera depende de la relación compleja de numerosos componentes del músculo esquelético (glucógeno, solubilidad del colágeno, actividad de las proteasas y sus inhibidores durante el período de maduración) (Picard *et al.*, 2007; Guillemín *et al.*, 2009; Hocquette *et al.*, 2012; Lian *et al.*, 2013), afectados por factores como el sexo, la alimentación, la genética, la edad y el manejo en el proceso de pre y post faena (Mandell *et al.*, 1997; O'Connor *et al.*, 1997; Choat *et al.*, 2006; Destefanis *et al.*, 2008; Nowak, 2011; Pordomingo *et al.* 2012b).

I - 1.2.1.a- Efecto del sistema de alimentación

En general, evidencia generada en Estados Unidos (Mitchell, *et al.*, 1991; Priolo, *et al.*, 2001; Stelzleni y Johnson, 2008) sugiere que los sistemas de encierre a corral producen carnes más tiernas, comparadas con aquellas producidas en sistemas pastoriles. Sin embargo, otras experiencias no hallaron efectos negativos sobre la ternera de la carne de animales provenientes de dietas pastoriles (Mandell *et al.*, 1998; French *et al.*, 2001). Duckett *et al.* (2013) no hallaron diferencias de ternera en novillos terminados con forraje comparados con aquellos provenientes de dietas concentradas (2,66 kg y 2,70 kg respectivamente) atribuyendo estos resultados a que el sistema de terminación no altera la ternera de la carne cuando los animales son faenados a un grado de terminación similar independientemente del peso vivo. Por su parte, Bruce *et al.* (2004)

y Realini *et al.* (2004b) han mostrado que novillos provenientes de sistemas pastoriles pueden, incluso producir carne más tierna que aquellos provenientes de dietas concentradas.

Otros autores (Mandell *et al.*, 1998; French, *et al.*, 2001; Pordomingo *et al.*, 2005a, 2012a; Duckett *et al.*, 2007; Latimori *et al.*, 2008) han puesto en evidencia que la terneza está más estrechamente asociada al consumo de energía digestible que al sistema de alimentación (pastoreo o confinamiento). Fishell *et al.* (1985) han reportado mayor terneza en animales de crecimiento rápido (1420 gd^{-1}) comparado con aquellos de crecimiento más lento (770 gd^{-1}). Otros autores (Crouse *et al.*, 1987; Moloney *et al.*, 2000, Duckett *et al.*, 2007) no hallaron relación entre el APV y la terneza cuando compararon grupos de animales de crecimiento rápido o lento.

I - 1.2.1.b- Efecto de la edad a faena

En la literatura se han reportado varios estudios (Hill, 1966; Shorthose y Harris, 1990; Lawrence *et al.*, 2001) en los que se evalúa la terneza y su relación con la edad a la faena. La terneza de la carne tiende a disminuir con la edad del animal debido, al menos en parte, a que las moléculas de tropocolágeno forman enlaces cruzados intermoleculares que confieren mayor firmeza al colágeno (Warriss, 2003). Purslow (2005) sugirió que el contenido de tejido conectivo (colágeno) estaría correlacionado a la edad del animal y a la terneza de la carne, más que el contenido de GI. El incremento del diámetro de las fibras de colágeno y su maduración (entrecruzamiento de fibras) aportan a la estabilidad física y térmica del tejido conectivo (Shorthose y Harris, 1990), lo que se correlaciona con la dureza del músculo (Mc Cormick, 1994, 1999; Bailey *et al.*, 1998). Wulf *et al.* (1996b) observaron que en un estrecho rango de edad entre 15 y 18 meses, los novillos de mayor edad tuvieron valores de fuerza de corte por WB superiores comparados con aquellos más jóvenes. Resultados similares fueron obtenidos por Hiner y Hankins, (1950), Tuma *et al.* (1963), Shorthose y Harris (1990) y Crosley *et al.* (1995). Sin embargo, Lawrence *et al.* (2001) no detectaron diferencias significativas en la fuerza de corte por WB y en terneza subjetiva por panel sensorial al evaluar el efecto de la edad, determinada por el número de incisivos permanentes: 0, 2, 4, 6 y 8, sobre la terneza del músculo *Longissimus thoracis*. Resultados similares fueron obtenidos por Shackelford *et al.* (1995) al comparar vaquillonas de 22 meses con vacas de 34 meses de edad, (6,0 y 6,1 kg respectivamente) y por Field *et al.* (1996) en la terneza del músculo *Longissimus dorsi* (LD) de vaquillonas faenadas a 31, 33 y 35 meses de edad (9,14; 9,58 y 9,14 kg respectivamente). Bouton *et al.* (1978) y Shorthose y Harris (1990)

indicaron que la edad a la faena ha mostrado estar relacionada con la ternera de la carne especialmente en animales mayores de 30 meses de edad.

I - 1.2.1.c- Efecto del período de maduración

El proceso durante el cual la ternera va aumentando (resuelto el *rigor mortis*) en función del tiempo pos-faena es denominado "maduración". La maduración de la carne pos-faena, en cámara de refrigeración entre 2 y 4°C y el envasado al vacío es la técnica generalizada en el ámbito comercial para mejorar, estabilizar y homogeneizar la ternera de la carne bovina. El proceso de madurado transforma el músculo en carne, por la acción enzimática sobre la separación o desacople de las fibras musculares y la solubilización del colágeno (Ouali, 1990). Según Muir *et al.* (2000), la ternera varía principalmente debido a cambios que se producen en la estructura proteica miofibrilar durante el período comprendido entre la faena del animal y el momento del consumo. In vivo, la energía requerida por el músculo, para mantener su temperatura e integridad estructural es obtenida a partir del metabolismo aeróbico. En cambio, después de la faena, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo. En esas condiciones el músculo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para obtener energía (ATP) a partir de sus reservas energéticas, fundamentalmente el glucógeno intramuscular. El ATP formado proviene de la degradación del glucógeno en ácido láctico. Este último, que ya no puede ser retirado del sistema sanguíneo, provoca el descenso de pH muscular a valores de 5,4 a 5,8. La alteración en el pH podría producir cambios conformacionales en las enzimas proteolíticas que activan los procesos de hidrólisis sobre los sustratos proteicos (Warriss, 2003; Melody *et al.*, 2004; Lian *et al.*, 2013).

Los cambios más significativos en la ternera ocurren dentro de los primeros 14 días pos-faena (Dransfield, 1994; Campo *et al.*, 1999; Monsón *et al.*, 2004; Stolowski, *et al.*, 2006). A partir de las 2 semanas de madurado, estos cambios continúan a un ritmo mucho menor (Monsón *et al.*, 2004). Duckett *et al.* (2013) no hallaron diferencias significativas sobre la resistencia al corte por WB en muestras de LD, maduras durante 14 o 28 días. Realini *et al.* (2004b) detectaron que el aumento de la ternera debido al período de maduración fue más manifiesto en individuos provenientes de dietas pastoriles comparados con dietas concentradas y en animales más jóvenes comparados con animales de mayor edad (Ynsaurralde *et al.*, 2013).

I – 1.2.2. Color

El color de la carne fresca bovina es otro de los atributos de calidad que influye en la decisión del consumidor en adquirir un determinado corte de carne. Los cortes oscuros tienden a ser menos aceptados debido a que el consumidor los asocia con carnes menos tiernas y provenientes de animales de mayor edad. Sin embargo, la percepción del color es una valoración subjetiva y psicológica (Mc Dougall, 1982). Priolo *et al.* (2001) hacen referencia a cuatro problemas principales que suceden al momento de realizar la evaluación de color por quienes trabajan en la cámaras de enfriado: a) los métodos utilizados difieren de país a país; b) existe fuerte influencia en la luminosidad en las cámaras de frío; c) la evaluación subjetiva es sujeta a sesgo; d) frecuentemente no se espera el tiempo necesario para que se produzca la oxigenación superficial del corte expuesto al aire luego del descongelado.

Con el fin de obtener resultados objetivos, en la mayoría de los ensayos experimentales, se ha utilizado el sistema de color CIE (Commision International De l' Eclairage (CIE) color system). Las coordenadas principales de medición son L*, a* y b* (Commision International De l' Eclairage, 1976). La coordenada L* (luminosidad, 100 = toda la luz reflejada; 0 = toda la luz absorbida) indica, de un modo indirecto, el contenido de glucógeno en el músculo y la cantidad de ácido láctico producida, a* (tendencia al rojo: positivo rojo; negativo verde) se relacionada con el contenido de mioglobina y b* (tendencia al amarillo: positivo amarillo; negativo azul) se asocia a la deposición de β carotenos en el tejido adiposo (Muchenje *et al.*, 2009).

El color de la carne depende de la concentración de mioglobina (Mb), su estado de oxidación y de la estructura superficial del músculo, lo cual está directamente relacionado con el pH y con el marmoleo (Beriaín *et al.*, 2009). Después de la faena y durante el período de almacenamiento la tasa de acumulación de la meta-mioglobina (MMb) sobre la superficie de la carne depende no solo de factores intrínsecos como pH, tipo de metabolismo muscular, animal, edad, raza, ritmo de engorde, actividad física, maduración de la carne, sistema enzimático sino también de factores extrínsecos tales como temperatura, disponibilidad de oxígeno (tiempo y tipo de almacenamiento) y luminosidad (Renerre, 1990; Varnam y Sutherland, 1995; Gatellier *et al.*, 2001; Mancini y Hunt, 2005; Beriaín *et al.*, 2009).

Por otro lado, la decoloración de la carne es definida por los consumidores como la divergencia entre el ideal (color rojo brillante; oxi-mioglobina, MbO₂) y el menos deseable (color marrón, MMb) (Faustman y Cassens, 1990).

1.2.2.a- Efecto del sistema de alimentación y la edad a faena

En general, en la bibliografía científica, se ha asociado mayor edad a faena, actividad física y estrés en los animales provenientes de los sistemas pastoriles con el incremento de los niveles de Mb y con ello el aumento del valor de a*, comparados con aquellos provenientes de sistemas de confinamiento. Bidner *et al.* (1986) y Dunne *et al.* (2006) hallaron mayor contenido de Mb y hemopigmentos en el músculo *Longissimus dorsi* de novillos terminados con forrajes comparados con aquellos terminados con concentrado. Un incremento en la edad y en la maduración fisiológica se correlacionan con el aumento de la intensidad de a* (carnes perceptivamente más oscuras, menor L*) (Hodgson *et al.*, 1992; Hilton *et al.*, 1998).

Varios autores (Reagan *et al.*, 1977; Crouse y Seiderman, 1984a; Yang *et al.*, 2002b) reportaron que la carne proveniente de sistemas pastoriles es más oscura que aquella proveniente de sistemas de confinamiento. Sin embargo, en estas experiencias los animales provenientes de dietas pastoriles fueron de 10 a 12 meses mayores que aquellos de confinamiento. Ésto provocaría un efecto confundido entre edad y sistema de alimentación. Confusión también descrita por Renerre (1990).

Duckett *et al.* (2007, 2013) compararon ambos sistemas de alimentación (pastoreo o concentrado) con animales faenados a similar edad y grado de terminación. En estos ensayos, obtuvieron menores valores de L* en el músculo LD en animales provenientes de dietas pastoriles comparados con aquellos provenientes de una dieta concentrada basada en 18% silo de maíz y 76% de maíz entero (40,05 y 43,20 respectivamente). Similares resultados fueron obtenidos por Realini *et al.* (2004b), Dunne *et al.* (2006) y Latimori *et al.* (2008). Por el contrario, Pordomingo *et al.* (2007a) hallaron mayores valores de L* en animales alimentados con forraje de alto potencial de engorde comparados con animales provenientes de una dieta de corral basada en 66,5% de grano de maíz entero (34,9 y 33,1 respectivamente). Cabe mencionar que en esta experiencia, el contenido de GI fue 31% mayor en los animales provenientes de la dieta de corral comparado con aquellos procedentes de la dieta pastoril (2,91 y 2,01 respectivamente).

El contenido de GI se ha correlacionado con mayor valor de L*, dado que la grasa es más clara que el músculo. Animales provenientes de dietas más energéticas (Priolo *et al.*, 2001) o animales con mayor engrasamiento poseen generalmente carnes más claras que aquellas provenientes de animales alimentados con pasturas. Resultados similares fueron obtenidos por Realini *et al.* (2004b), Latimori *et al.* (2008) y Duckett *et al.* (2007, 2013).

Por otro lado, Zhang *et al.* (2005) indicaron que valores altos de pH generan carnes con menor L*, a* y b*. Duckett *et al.* (2007) detectaron menor valor de a* (23,17 y 24,96) y mayor pH (5,79 y 5,57) en el músculo LD de novillos provenientes de forrajes comparados con los de concentrado respectivamente. Sin embargo, algunos autores reportaron que dentro de un rango limitado de pH (5,6 – 5,8) éste no tendría efecto sobre el color de la carne (Hood, 1980; Ledwar, 1970). Valores de pH mayores a 6 generan carnes denominadas oscuras, firmes y secas, (DFD, dark, firm, dry). Este tipo de carnes son en general más susceptibles al deterioro microbiano y presentan menor tiempo de vida útil. Además el consumidor las asocia con animales viejos y menos tiernos y por ello son menos seleccionadas, comparadas con aquellas cuyo valores de pH son normales (Priolo *et al.*, 2001).

Si bien los animales terminados en pastura de buena calidad y suficiente cantidad diaria tienen suficiente glucógeno para lograr el descenso de pH y obtener el grado de acidez deseable, la oferta de glucógeno desde las reservas en músculo e hígado es menor a la logable en dietas de alta energía (a base de granos). También sería menor el gasto energético por estrés pre y post-faena en animales provenientes del confinamiento por mayor exposición y acostumbamiento a la presencia humana que en aquellos provenientes de sistemas pastoriles (Priolo *et al.*, 2001). Estas circunstancias también influyen en el contenido final de glucógeno en músculo pre-faena y la resultante en mayores valores de pH en carne de animales de origen pastoril, comparados con animales de confinamiento (Priolo *et al.*, 2001). Immonen *et al.* (2000) observaron que dietas con alta energía protegen la reducción de glucógeno por stress. Young *et al.* (1997) reportaron valores de pH más altos en carnes de sistemas pastoriles comparadas con las provenientes de concentrado en confinamiento.

Respecto al parámetro b*, Bennett *et al.* (1995), Simonne *et al.* (1996) y Yang *et al.* (2002 a, b) reportaron una relación directa entre el contenido de β carotenos y b*. Con la edad, sobre todo en animales que consumen pasturas, se depositan pigmentos carotenoides en la grasa, y con

ello el cambio del color del blanco al amarillo cremoso o amarillo. Estas diferencias se acentúan aún más cuando se comparan con animales que consumieron granos ya que estos últimos presentan niveles de carotenos (< 5 ppm) muy inferiores a los de las pasturas (> 500 ppm) (Realini *et al.*, 2004b). Duckett *et al.* (2007) mostraron una correlación directa ($r = 0,39$; $P < 0,001$) entre el valor de b^* y el contenido total de lípidos (31,86 y 18,54%) en el músculo LD de animales terminados con concentrado comparados con aquellos de terminación pastoril. Resultados similares fueron obtenidos por Pordomingo *et al.* (2007a), quienes reportaron mayores valores de b^* en novillos alimentados con grano de maíz comparados con aquellos alimentados con pasturas (16,8 y 12,9 respectivamente). Sin embargo, Realini *et al.* (2004b) y Duckett *et al.* (2013) no hallaron diferencias significativas en esta variable al comparar ambos sistemas de alimentación.

I – 1.2.2.b- Efecto del tiempo de madurado

Otro de los factores que puede producir alteraciones en el color de la carne bovina fresca es el tiempo en fresco en refrigeración. Según Feldhusen *et al.* (1995) los valores L^* , a^* y b^* son susceptibles de aumentar con el aumento del tiempo de almacenamiento. Mazzuco *et al.* (2010) compararon distintos tiempos de maduración, (1, 7 o 14 días) de muestras de músculo LD. Estos autores detectaron aumentos en los valores de L^* (37,78, 39,23 y 40,24) con el avance en el tiempo de maduración. Resultados similares fueron obtenidos por Stanisic *et al.* (2012). El incremento de L^* podría atribuirse a un aumento en la dispersión de luz provocado por los cambios estructurales que ocurren en las proteínas durante el tiempo de maduración (Beraiain *et al.*, 2009). Sin embargo, otros autores no reportaron efectos significativos en L^* manteniéndose constante hasta los 14 días de almacenamiento (Oliete *et al.*, 2006).

En relación a los parámetros a^* y b^* Mazzuco *et al.* (2010) hallaron mayores valores de estas variables en muestras de LD maduras durante 7 días comparadas con aquellas maduras durante un día pero no reportaron efectos significativos cuando compararon maduraciones de 7 o 14 días. Resultados similares fueron hallados por Oliete *et al.* (2006), Beraiain *et al.* (2009) y Stanisic *et al.* (2012).

I – 1.3. Atributos bioquímicos – Perfil de lípidos en la GI del músculo LD

I – 1.3.1. Grasa intramuscular de la carne bovina

Por ser una grasa no removible y estar asociada a los atributos de la carne, la GI es frecuentemente descripta subjetivamente como marmoleado o "marbling". La cantidad y composición influyen sobre la percepción e intensidad del flavor, la jugosidad, la terneza y la palatabilidad de la carne (Jeremiah *et al.*, 2003; Duckett *et al.*, 2009; O'Quinn, 2012; Hocquette *et al.*, 2012). Es también un depósito graso de alto grado de interés y de estudio en relación a los tipos de ácidos grasos que lo componen y su relación con la salud humana (Scollan *et al.*, 2006). Se encuentra formando parte de las membranas celulares como lípidos polares (fosfolípidos) y también como lípidos neutros en células especializadas llamadas adipocitos. Los adipocitos (ricos en triglicéridos) se localizan entre las fibras musculares, el área interfascicular y en pequeñas cantidades en forma de gotas dentro del citoplasma de la fibra muscular. Los fosfolípidos son ricos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) y debido a que son constituyentes de membranas celulares, su contenido es independiente de la cantidad de grasa total (varía entre 0,2 y 1% del peso del músculo). En cambio, el contenido de triglicéridos es fuertemente influenciado por el contenido de grasa total y puede oscilar dentro de un amplio margen, desde un 0,2% hasta más de un 5% (De Smet *et al.*, 2004 y Scollan *et al.*, 2006).

En general, en relación al contenido total de ácidos grasos, la GI está constituida por el 45 - 48% de ácidos grasos saturados (AGS), 35-45% de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y hasta 5% de AGPI y presenta un relación AGPI:AGS típicamente baja, cercana a 0,1 (Choi *et al.*, 2000; Scollan *et al.*, 2001; Pighuin *et al.*, 2016). Los componentes mayoritarios dentro del grupo AGS son los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), cuyos porcentajes oscilan alrededor del 24% y 17% respectivamente, mientras que en los AGMI, AGPI n-6 y AGPI n-3 son los ácidos oleico (C18:1 cis 9), linoleico (LA, C18:2 n-6) y alfa-linolénico (ALA, C18:3 n-3) respectivamente (MAFF, 1998; Scollan *et al.*, 2006). Debe considerarse que, a medida que aumenta la cantidad de GI, aumenta en mayor proporción el contenido de AGS y el de AGMI respecto del contenido de AGPI, disminuyendo la relación AGPI:AGS (Scollan *et al.*, 2006). Las razas magras y de madurez tardía podrían presentar relaciones AGPI:AGS mayores cuando se faenan a similar peso de carcasa (Raes *et al.*, 2001). Según Savell *et al.* (1986), la carne debería contener como mínimo 3% de GI

para generar palatabilidad aceptable. Duckett *et al.* (2009) reportaron mayor jugosidad en bifés con 4% comparados con aquellos con 2,3% de GI.

El contenido de GI no sólo difiere entre especies, razas, edad, alimentación sino que también varía según el tipo de músculo y corte comercial que se considere. Scollan *et al.* (2006) consideran cortes magros a aquellos que contienen entre 2-5% GI. Sin embargo, Williamsson *et al.* (2005) suponen cortes magros a aquellos que poseen entre el 5 y el 10% de GI.

I – 1.3.2. Tipos de ácidos grasos y su relación con la salud

Si bien la grasa es la principal fuente de energía y de nutrientes esenciales como vitaminas (A, D, E y K) y ácidos grasos LA y ALA, debe ser consumida con moderación para prevenir excesivos aumentos de peso (Wyness, 2013) por su alta concentración energética.

Se ha asociado el consumo de grasas, especialmente las saturadas, con el incremento de los niveles de colesterol sanguíneo y el de lipoproteínas de baja densidad y con ello el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (CVD) (Nicolosi *et al.*, 2001). Sin embargo, se ha sugerido que el colesterol dietario tiene un efecto moderado sobre el colesterol circulante (Wood y Enser, 1997). Además, el ácido C18:0, que representa aproximadamente el 30% del total de los AGS (Scollan, *et al.*, 2006), se considera neutro respecto de los niveles de colesterol en sangre (Higgs, 2000; Kris-Etherton *et al.*, 2005; Mensink, 2005) y una parte del mismo se metaboliza a C18:1cis 9, por acción de la enzima Δ -9 desaturasa (Grundy, 1994; Leonard *et al.*, 2004; Wood *et al.*, 2008). Por otro lado, los ácidos grasos láurico (C12:0) y mirístico (C14:0), que se encuentran en menor proporción, son potencialmente más colesterolémicos que el ácido C16:0 (Higgs, 2000; Stanner, 2005; Daley, 2010). Otros autores (Siri-Tarino *et al.*, 2010) realizaron un meta-estudio epidemiológico y no hallaron evidencias significativas que confirmen la asociación entre los AGS y el riesgo de padecer CVD. Debería también considerarse que las proporciones de AGS y AGMI, si bien puede variar según el tipo de alimentación recibida, son similares en las carnes magras (Miles y Caswell, 2008).

Por otro lado, debería tenerse en cuenta que el consumo de AGPI permite disminuir las concentraciones séricas de colesterol y modular la presión sanguínea (Frenoux *et al.*, 2001); de la misma forma que los AGMI (Kris-Etherton, 1999). Dentro del grupo de los AGPI, los ácidos

grasos esenciales, LA y ALA, son los precursores de los metabolitos del grupo n-6 y del grupo n-3 respectivamente. El ácido LA es convertido a ácido araquidónico (AA, C20:4 n-6), precursor de prostaglandinas de la serie 2, tromboxanos y leucotrienos. Estos compuestos son protrombóticos, preagregatorios e incrementan la viscosidad de la sangre y la vasoconstricción. En cambio, el ácido ALA es convertido a ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5 n-3) precursor de las prostaglandinas de la serie 3 y del ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6 n-3) (Frenoux *et al.* 2001). En general los metabolitos omega-3 disminuyen la agregación de plaquetas, la producción de tromboxano A₂ y la viscosidad de la sangre. Dados los efectos antagónicos de estas dos series de metabolitos, su relación n-6:n-3, es un factor crítico respecto de la salud humana (Wijendran y Hayes, 2004). Particularmente, los ácidos grasos EPA y DHA reducen el riesgo de padecer CVD, cáncer y diabetes tipo 2, y sus efectos inciden sobre el buen funcionamiento del cerebro, el correcto desarrollo de la visión en el feto, el mantenimiento neural y el de los tejidos de la visión (Simopoulos, 1991; Russo, 2009; Barceló-Coblijn y Murphy, 2009; Lopez-Huertas, 2010).

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003) recomienda consumir dietas cuyo contenido total de grasas, AGS, AGPI n-6, AGPI n-3, y ácidos grasos trans se ubiquen dentro de los siguientes rangos: <15-30%, <10%, <5-8%, <1-2% y <1% del total de la energía ingerida respectivamente (Scollan *et al.*, 2006). Además, supone que la relación AGPI:AGS sea superior a 0,4 y dados los efectos beneficiosos para la salud provistos por AGPI n-3 sugiere aumentar su consumo y lograr una relación AGPI n-6:AGPI n-3 no mayor a 7:1 preferentemente de 4:1 o menor.

Por otro lado, algunos AGPI individuales, y en particular los ácidos grasos conjugados del ácido LA, han sido identificados como muy activos en procesos de estabilización de membranas y homeostasis celular, con efectos sobre la modulación de la arterioesclerosis, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la mitigación de varios tipos de cáncer (McGuire y McGuire, 2000; Pariza *et al.*, 2001). Además, se ha enfatizado en la relevancia del isómero C18:2 cis 9 trans 11 (CLA) del ácido LA. Este ácido ejerce varios efectos deseables en la salud humana entre ellos posee propiedades anticancerígenas y antitumorales (McGuire y McGuire, 2000; Corl *et al.* 2003; Salter, A.M., 2013) y se lo utiliza como un indicador de propiedades deseables en la carne y la leche (Ip *et al.*, 1991, 1994, 1996; Visonneau *et al.*, 1997; Hayek *et al.*, 1999; Kritchevsky, 2000).

I - 1.3.3. Biohidrogenación y origen de CLA en los tejidos

La carne y la leche de los rumiantes constituyen una importante fuente dietaria de CLA (McGuire y McGuire, 2000) y de ácidos grasos de cadena larga (C20-22) (Wood *et al.*, 2008).

En los rumiantes, a diferencia de los monogástricos, los ácidos grasos insaturados provenientes de la dieta, son 86,6 a 95,3% hidrogenados por los microorganismos ruminales durante la digestión a AGS (Wood y Enser, 1997; Lunn y Theobald, 2006). Aunque el proceso de bio-hidrogenación es intenso, por la alta densidad protónica emergente de los procesos fermentativos, una proporción de los ácidos grasos insaturados escapa a la bio-hidrogenación y son absorbidos como tales en el intestino (Wood y Enser, 1997; Shingfield *et al.*, 2013). El ácido LA proveniente de la dieta, es hidrogenado a AGMI y AGS, y solo una pequeña proporción (cercana al 10%) está disponible para ser incorporado en los tejidos como tal. De modo similar ocurre con el ácido ALA (Wood *et al.*, 2008).

Por otro lado, el CLA llega al tejido graso mediante dos vías, una vía es la que genera CLA en el proceso de bio-hidrogenación ruminal a partir del LA de la dieta (Kepler y Tove, 1967; Martin y Jenkins, 2002) y la otra vía es la síntesis “de novo” en los tejidos del animal a partir del ácido trans-vaccénico (TVA, C18:1 trans 11), otro compuesto intermedio de la biohidrogenación (Kepler *et al.* 1966, Kepler y Tove, 1967), por la enzima $\Delta 9$ -desaturasa (Bauman *et al.*, 1999) (Figura 1).

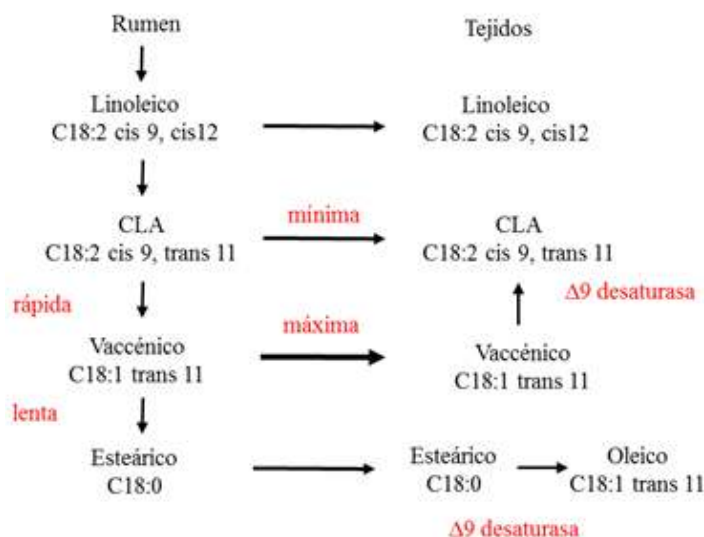


Figura 1. Biosíntesis del ácido linoleico conjugado cis 9, trans 11 (CLA) a partir de la biohidrogenación del ácido graso esencial linoleico (C18:2 cis 9, cis 12) y la síntesis “de novo” en los tejidos del animal a partir del ácido vaccénico (C18:1 trans 11). (Adaptado de Kepler *et al.*, 1966)

I – 1.3.4. Efecto del sistema de alimentación sobre el perfil de lípidos

En general, los factores dietarios ejercen mayor influencia sobre el tipo de lípidos que los factores genéticos (De Smet *et al.*, 2004). Los forrajes contienen entre el 50 y el 75% de ALA mientras que una dieta basada en grano de maíz aporta mayor contenido de LA en relación al total de los ácidos grasos (Scollan *et al.*, 2006). Numerosos estudios (Enser *et al.*, 1998; French *et al.*, 2000; Lorenz *et al.*, 2002; Nuernberg *et al.*, 2002; García *et al.*, 2003, 2008; Wood *et al.*, 2003; Irurueta *et al.*, 2007) han reportado que los sistemas pastoriles comparados con sistemas basados en granos de alto contenido de almidón, ofrecen mayor proporción de AGPI y en particular del ALA, tanto en triglicéridos como en fosfolípidos (Scollan *et al.*, 2014). Acorde con estos resultados Aldai *et al.* (2011) detectaron menores valores de AGPI n-3 y mayores de AGPI n-6 en novillos terminados con concentrado durante 2 meses después de una alimentación pastoril. En cambio, dietas ricas en LA proporcionan mayores concentraciones de LA y de sus metabolitos de cadena larga (20:4 n-6) (Scollan *et al.*, 2006). French *et al.* (2000) reportaron menores proporciones de AGS, C16:0 y de C18:0 en sistemas pastoriles.

El contenido de CLA en la GI de la carne de bovinos criados en sistemas pastoriles triplica el registrado en animales criados en sistemas basados en el empleo de alimentos concentrados (e.g. grano de cereal u oleaginosas). Los valores reportados en la bibliografía para sistemas confinados con alto contenido de grano son inferiores al 0,4% y los máximos reportados en planteos pastoriles cercanos al 1% (Enser *et al.*, 1998; Nuernberg *et al.*, 2002, 2005; Raes *et al.*, 2004a, b; Duckett *et al.*, 2007; Latimori *et al.*, 2008; Pordomingo *et al.*, 2012b). La evidencia científica (Simopoulos, 1991, 2004; Wood y Enser, 1997; Hu *et al.*, 2001; Pischon *et al.* 2003; Wood *et al.*, 2003) sugiere que las carnes magras y de origen pastoril o a partir de dietas modificadas ofrecerían perfiles de ácidos grasos compatibles con los niveles recomendados en salud humana.

I – 1.3.5. Efecto de la edad a faena sobre el perfil de lípidos

La deposición de GI está estrechamente ligada al crecimiento muscular debido a que ambos procesos son fisiológicamente competitivos con respecto al uso de los nutrientes (Pethick *et al.*, 2004, 2007). Durante el primer período de la etapa postnatal, el ritmo de deposición de GI es menor comparado con el ritmo de crecimiento muscular, dicho de otro modo a medida que

aumenta la edad del animal aumentan los niveles de GI debido a que el músculo utiliza menos nutrientes para su crecimiento (Scollan *et al.*, 2014) y la proporción de los ácidos grasos cambia. Wood *et al.* (1984) hallaron proporciones de 14,7% y 2,7% para C18:0 y 41,5% y 56,4% para C18:1 cis 9 en vaquillonas jóvenes y novillos, respectivamente. Resultados similares fueron hallados por Wood *et al.* (2008), quienes observaron un incremento en la proporción de C18:1 cis 9, CLA y TVA en el tejido adiposo subcutáneo de novillos Angus alimentados con concentrado desde 14 a 24 meses de edad.

Warren *et al.* (2008a) describieron el contenido y la composición de los lípidos neutros (triglicéridos) y fosfolípidos en dos razas de novillos (Angus o Holstein-Friesian), dos sistemas de alimentación (concentrado o silaje de pastura) y 3 edades a faena (14, 19 y 24 meses). Si bien los grupos de edades no fueron comparados entre sí, se observó mayor contenido de lípidos totales (g/100g de músculo) en los animales de 24 meses respecto de aquellos de 14 meses de edad. Por otro lado, los porcentajes de AGS y AGMI fueron menores y los de AGPI mayores para los novillos de 14 meses comparados con los de 24 meses de edad. El contenido total de la grasa del animal y del músculo tuvo un alto impacto sobre la proporción del tipo de ácido graso que la compuso. Como se mencionó anteriormente, los fosfolípidos son los componentes esenciales de las membranas celulares y su contenido permanece relativamente constante, mientras que el contenido de lípidos neutros y el de los ácidos grasos que los componen se incrementa con el engrasamiento (Wood *et al.*, 2008).

I - 1 3 6. Efecto del tiempo de madurado

La maduración de la carne influye sobre su calidad, particularmente sobre las cualidades sensoriales (color, terneza, jugosidad y flavor). Algunos autores, (Zhao *et al.*, 1994; Lagertedt *et al.*, 2011) han considerado envasar la carne con atmósfera modificada de oxígeno con el propósito de aumentar la vida útil (por el agregado de CO₂) y mantener el color rojo brillante de la carne fresca (por la presencia de O₂). Sin embargo, podría tener como desventaja el incremento de los niveles de oxidación de los pigmentos y de los lípidos del músculo durante el almacenamiento (Jakobsen y Bertelsen, 2000). La oxidación de los lípidos resulta en la producción de radicales libres, los cuales inducen la formación de compuesto con aromas rancios y sabores no deseables “off flavors” (Yang *et al.*, 2002a; Realini, 2004a). La estabilidad oxidativa del músculo depende

del balance entre antioxidantes (α tocoferol y carotenoides) y pro-antioxidantes incluyendo el contenido de AGPI y de hierro libre en el músculo Kanner, 1992; Monahan, 2000).

Como se mencionó anteriormente, comparadas con las dietas concentradas las carnes provenientes de origen pastoril tienden a tener mayor contenido de AGPI y ser susceptibles a una mayor oxidación lipídica (Yang *et al.*, 2002b). Sin embargo, el estrés oxidativo podría ser disminuido debido a la mayor incorporación de vitamina E, proveniente de las pasturas, en los tejidos (Gatellier *et al.*, 2004; Realini *et al.*, 2004b).

I – 1.4. Consideraciones finales

Hasta el momento, la investigación en Argentina asociada a los atributos de calidad de carne se ha centrado en la alimentación y la genética animal y se ha puesto menos énfasis en la edad a la faena. De la investigación publicada no surgen elementos discriminantes que permitan separar los efectos de edad y grado de engrasamiento (terminación) sobre las características físicas de la carne, en particular si se pretende extrapolar a edades de faena superiores a los 2 años en la misma categoría animal.

En Argentina, varios de los sistemas pastoriles y semi-pastoriles o incluso de terminación de novillos con concentrado, exceden los 2 años de edad a la faena. Por otro lado, debe considerarse que los sistemas de alimentación y el grado de terminación afectan las características físicas y bioquímicas de la carne. Las terminaciones pastoriles y de confinamiento pueden generar carne de atributos físicos similares (terneza, retención de agua, color) pero se diferencian en los atributos sensoriales y bioquímicos (Duckett *et al.*, 2007). Las carnes pastoriles tienden a ser más magras y de menor contenido de grasa total e intramuscular que las generadas con concentrado a similar grado de terminación (Latimori *et al.*, 2008). Además contienen mayores niveles de ácidos grasos poli-insaturados (AGPI), en especial del grupo omega-3 y conjugados del ácido linoleico (Descalzo *et al.*, 2005; Noci *et al.*, 2005b; García *et al.*, 2008; Latimori *et al.*, 2008; Pordomingo *et al.*, 2012b; Duckett *et al.*, 2009, 2013). Estos niveles son variables presumiblemente debidos a la edad del animal asociada al grado de engrasamiento (Wood *et al.*, 2008; Warren *et al.*, 2008a; Scollan *et al.*, 2014).

Por otro lado, evidencias bibliográficas indican que el ritmo de engorde y la edad pueden afectar la terneza y el color de la carne (Priolo *et al.*, 2001). Además, diferentes efectos de la dieta

sobre la calidad de la carne son confundidos con la edad del animal, el ritmo de engorde, peso de la canal y engrasamiento al momento de la faena (Priolo *et al.*, 2001). En general, los animales provenientes de dietas concentradas son terminados a menor edad comparados con aquellos de terminación pastoril, mientras que en otras experiencias se prioriza edades a faena similares pero difieren en el grado de terminación o engrasamiento (Duckett *et al.*, 2009, 2013).

El estudio de las interacciones entre la alimentación de recría y engorde, la edad del animal a faena y el tiempo de maduración de carne, sería de gran importancia para la comprensión de procesos y la adecuación de los sistemas de producción de carne argentina con atributos físicos y bioquímicos definidos. Por otro lado, la información es poco precisa respecto de los efectos de la maduración sobre la química de la carne de origen o con componente pastoril y en particular sobre el perfil de lípidos, dada la reactividad de los lípidos insaturados. Los perfiles de lípidos podrían ser inestables y podrían verse afectados durante la maduración.

I - 2. Objetivos

I – 2.1. Objetivo general

- ✓ Profundizar el estudio de las interacciones entre la estrategia de alimentación, la edad del animal y la maduración de la carne con el propósito de mejorar el diseño de modelos de producción de carne bovina con atributos de calidad definidos.

I – 2.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar los efectos de la **edad** a la faena y la **estrategia de alimentación** sobre el rendimiento y las características de la canal.
- ✓ Estudiar los efectos e interacciones de la **edad a la faena** hasta los 3 años, la **alimentación** y la **maduración** sobre los atributos físicos y bioquímicos de la carne.

I – 3. Hipótesis

- ✓ Existen interacciones entre la edad y la estrategia de alimentación sobre las propiedades físicas y bioquímicas de la carne.
- ✓ La maduración no interacciona con la edad sobre el perfil de lípidos de la carne.
- ✓ La maduración diluye los efectos de la edad o el sistema de alimentación sobre los parámetros físicos de la carne.

II – MATERIALES Y METODOS

La experimentación se llevó a cabo en la Estación Experimental Guillermo Covas de INTA-Anguil, La Pampa.

II – 1. Tratamientos

El ensayo se diseñó considerando dos edades a faena (2 o 3 años) y 2 tipos de terminación (pastoril o con concentrado en confinamiento) generándose los siguientes tratamientos 2P; 2C; 3P; 3C (Figura 1). Adicionalmente, luego de la faena se impusieron sobre cada combinación de los factores antes citados 2 períodos de maduración de la carne (4 o 14 días). Para remover efectos confundidos de edad y nivel de engrasamiento, el ensayo se impuso como objetivo lograr animales de similar peso y grado de terminación (engrasamiento dorsal) dentro de cada grupo de edad a faena independiente del tipo de terminación (pastoril o de concentrado).

Para imponer sistemas de alimentación en simultáneo y arribar a una misma fecha de faena, como también adecuarse a las necesidades operativas del lugar, los animales ingresaron al estudio en el mismo día en dos categorías, terneros y novillitos, de peso y edad homogéneos dentro de cada grupo de edad. Se utilizaron entonces 24 terneros (Angus) con un peso vivo inicial de $150 \pm 15,6$ kg y 152 \pm 20 días de edad y 24 novillitos de $267 \pm 16,5$ kg y 515 \pm 14 días de edad con el objetivo de 2 y 3 años de edad a faena, respectivamente. Ambos grupos fueron hijos de las mismas madres y los mismos toros y se diferenciaron en un año de edad y 117 kg de peso vivo al inicio del ensayo.

Se puso como meta alcanzar 440 y 550 kg de peso vivo final para los grupos de 2 y 3 años de edad respectivamente, luego de un período experimental total de 480 días. Se tomaron estos pesos como meta para lograr animales de buen desarrollo y terminación comunes en el mercado doméstico y de exportación del país, y con posibilidad de expresar engrasamiento subcutáneo e intramuscular como el suficiente desarrollo para evidenciar efectos de la alimentación a los 2 o 3 años de edad.

Para alcanzar dos edades a faena con similar peso entre tipos de terminación y grado de engrasamiento dorsal a la misma fecha de faena se diseñaron dos estrategias de alimentación (**EA**), una totalmente pastoril (**EAP**) y la otra con terminación con concentrado en confinamiento (**EAC**).

Para el diseño de la primera estrategia (EAP) se delineó un modelo de crecimiento y engorde - factible en el sitio de estudio- para que novillos de frame 4, lleguen terminados a faena con 2 años de edad y un peso próximo a 440 kg, sobre una base forrajera totalmente pastoril. Para ello se definieron 3 etapas, las dos primeras identificadas como recría R1 y recría R2a, de 120 y 240 días, respectivamente; y una final identificada como etapa de terminación pastoril (TP) de 120 días. Para el período de R1 se planteó como meta un aumento de peso vivo (APV) de 400 gd^{-1} , para el período de R2a un APV de 600 gd^{-1} y para el período de TP 700 gd^{-1} . Estos aumentos de peso son frecuentes en los sistemas de producción pastoril de la región templada semiárida de Argentina. Los forrajes comunes en la región imponen el límite de APV a partir de su digestibilidad y oferta por lo que APV superiores por largos períodos serían improbables. Esa estrategia se basó en una secuencia de forrajes que incluyó el pastoreo de pasturas de base de alfalfa, rastrojos de maíz durante R1, pasturas de alfalfa y verdes de invierno (centeno y avena de pastoreo) y rastrojo de maíz durante R2a, y pasturas de alfalfa, sorgo forrajero y verdes de invierno en la fase final (TP) (Cuadro 1). En el período R2a se planificó un mayor APV que en R1 para lograr un engrasamiento incipiente que permitiera alcanzar las metas en edad y el grado de terminación deseados durante los últimos 4 meses de ensayo sobre sorgo forrajero y pastura alfalfa (TP).

La segunda estrategia (EAC) incluyó pasturas de alfalfa, rastrojo de maíz y pasto llorón en la fase de recría pastoril (Cuadro 1) y se completó con el engorde a corral (TC) sobre una dieta concentrada a base de maíz, harina de girasol y heno de alfalfa (se describe en detalle más adelante). Para esta estrategia se propuso un modelo de recría que compartió R1 con EAP (similar expectativa de APV y la misma secuencia y oferta de forrajes), pero diferente en el segundo período. El segundo período fue diseñado para un APV inferior al esperado en R2a de EAP. Se previó para este período (R2b) un APV de 400 gd^{-1} . Esta etapa incluyó pasto llorón y prescindió de verdes de invierno (Cuadro 1).

El menor APV en R2b, comparado con el previsto en R2a, pretendió generar un desarrollo magro tal que se pueda expresar la etapa de TC durante 4 meses sobre una dieta de alta concentración energética y una expectativa de engorde de al menos 1200 gd^{-1} . Este modelo se asemeja a la estrategia común de los planteos de recría pastoril y engorde a corral de la región. Aumentos de peso inferiores en la etapa TC no reflejarían el efecto de la dieta altamente energética sobre los parámetros productivos y de calidad de carne propios el engorde a corral. El sistema de recría en pastoreo con aumento limitado de peso (400 gd^{-1}), con una terminación con alta energía

a corral durante no más de 4 meses es de uso común en la región pampeana templada y genera el típico animal terminado a corral que Argentina produce (pudiendo variar en edad a faena). Con el objetivo de 400 gd⁻¹ previsto en R2b y de 1200 gd⁻¹ en TC se pretendió lograr similar peso y similar grado de terminación dentro de cada grupo de edad a la misma fecha de faena.

Cuadro 1. Etapas de recría y engorde y secuencia de uso de forrajes y alimentos en pastoreo o en confinamiento

Mes	EAP		EAC	
	Etapas	Forraje	Etapas	Forraje
Abril	R1	Pastura alfalfa	R1	Pastura alfalfa
Mayo	R1	Pastura alfalfa	R1	Pastura alfalfa
Junio	R1	Pastura alfalfa	R1	Pastura alfalfa
Julio	R1	Rastrojo de maíz	R1	Rastrojo de maíz
Agosto	R2a	Verdeo invierno	R2b	Rastrojo de maíz
Septiembre	R2a	Verdeo invierno	R2b	Rastrojo de maíz
Octubre	R2a	Verdeo invierno	R2b	Rastrojo de maíz
Noviembre	R2a	Pastura alfalfa	R2b	Pastura alfalfa
Diciembre	R2a	Pastura alfalfa	R2b	Pastura alfalfa
Enero	R2a	Pastura alfalfa	R2b	Pasto llorón
Febrero	R2a	Pastura alfalfa	R2b	Pasto llorón
Marzo	TP	Sorgo forrajero	R2b	Pastura alfalfa
Abril	TP	Sorgo forrajero	TC	Concentrado
Mayo	TP	Sorgo forrajero	TC	Concentrado
Junio	TP	Verdeo invierno	TC	Concentrado
Julio	TP	Verdeo invierno	TC	Concentrado

EAP = Estrategia de alimentación con recría y terminación pastoril

EAC = Estrategia de alimentación con recría pastoril y terminación en confinamiento con concentrado

R1 = Primera etapa de recría del experimento

R2a = Segunda etapa de recría para el grupo de 2 y 3 años en terminación pastoril

R2b = Segunda etapa de recría para el grupo de 2 y 3 años en terminación con concentrado en confinamiento

TP = Etapa de terminación en pastoreo

TC = Etapa de terminación en confinamiento con alimento concentrado de alto contenido de grano

En la etapa de terminación con concentrado a corral (TC) los 24 animales de EAC fueron trasladados en grupos homogéneos de peso y edad de a 3 en 8 corrales. Todos recibieron la misma dieta una vez al día en comederos y mezcla completa. La dieta base consistió en grano entero de maíz, harina de girasol, heno de mijo y un núcleo vitamínico y mineral con monensina y sal común (Cuadro 2). Se ofreció sin restricciones con un excedente del 10% al consumo esperado en base

“tal cual”. La oferta diaria se ajustó en un 5% cuando ese excedente se redujo por debajo de la proporción remanente esperada en día anterior. Cada día previo al suministro se removió y pesó el remanente en el comedero.

Cuadro 2. Composición proporcional y proximal de la dieta de terminación con concentrado

Dieta terminación	
Ingredientes, % (base seca)	
Heno de mijo	12.0
Grano maíz	74.0
Urea	0.4
Harina de girasol	11.2
Núcleo vitamínico mineral	2.5
Composición proximal	
PB, %	12.0
FDN, %	22.4
FDA, %	15.3
EM, Mcal/kg MS	2.75

PB = Proteína bruta; FDN = Fibra detergente neutro;

FDA = Fibra detergente ácido;

EM = Concentración de energía metabolizable

La Figura 2 esquematiza la estructura de tratamientos implementada. De la combinación de los dos factores principales se generaron los 4 tratamientos que incluyen una período de recría común R1, una segunda etapa de recría diferenciada en R2a o R2b, tratándose de terminación pastoril o con concentrado y una período de terminación pastoril o en confinamiento.

Trat	Edad a faena	Días de ensayo		
		Recría1	Recría2	Terminación
2P	2	R1	R2a	Pastoreo
3P	3	R1	R2a	Pastoreo
2C	2	R1	R2b	Concentrado
3C	3	R1	R2b	Concentrado
		1	120	360
				480

Figura 2. Días de ingreso al ensayo según la edad a la faena, período y tipo de alimento para cada tratamiento. Tratamientos: **2P**, 2 años edad a faena y terminación pastoril; **3P**, 3 años y terminación pastoril; **2C**, 2 años y terminación concentrado; **3C**, 3 años y terminación concentrado.

Pastoreo

El pastoreo se realizó sobre la base de un pastoreo rotativo con cambios de parcela cada 3 a 5 días. Se utilizaron parcelas de 2 a 5 ha definidas con alambrado eléctrico. Previo al ingreso a cada parcela se procedió al corte del material forrajero disponible. Se aplicaron 5 círculos de $\frac{1}{2}$ m² distribuidos al azar en la parcela. Se procedió al corte del forraje hasta los 5 cm de altura desde el suelo. Se pesó inmediatamente cada corte y una alícuota de compuesto de los 5 cortes se llevó a estufa de secado a 100°C para determinar el contenido de materia seca y estimar la oferta de materia seca por hectárea (MS/ha). Se previó el tiempo de permanencia en las parcelas (3 o 4 días) estimando la disponibilidad de MS con una presunción de contenido de humedad para corregir luego el dato con el valor de laboratorio. Luego de removidos los animales de cada parcela se procedió inmediatamente al corte de remanente para estimar su magnitud. De la misma manera que para el corte de disponibilidad, se utilizaron 5 aros de $\frac{1}{2}$ m² y luego de pesar el material de cada uno se retuvo una alícuota compuesto de ese remanente para realizar la determinación de materia seca. Con esa información de disponible y remanente se estimó la eficiencia de pastoreo del grupo.

La oferta o asignación de forraje por animal y el tiempo de permanencia en cada parcela se regularon en función de las expectativas de APV para cada etapa y estrategia. Esos tiempos y asignaciones se ajustaron mensualmente a partir del peso vivo de la última pesada y el incremento de peso esperado y los días transcurridos desde esa pesada. En la primera etapa de recría en el ensayo (R1) los 48 animales pastorearon en conjunto y no se limitó la oferta. Obtenida la estimación del peso vivo al momento de la determinación de la asignación de forraje, se procedió a asignar en base seca aproximadamente el 4% del peso del animal asumiendo un consumo diario de materia seca del 2,5% del peso vivo (en base seca) y una eficiencia de pastoreo del 50 al 60% (dependiendo del forraje y la calidad del mismo).

En la segunda etapa de recría (R2a y R2b), los grupos se separaron y cada uno siguió la cadena forrajera prevista en lotes contiguos. El grupo de R2a continuó con la misma metodología de asignación de forraje descrita antes, sin limitar la oferta diaria. Al grupo de animales en R2b se les restringió la oferta de MS diaria entre el 1,8 y 2% del peso vivo para mantener el ritmo de crecimiento en aproximadamente 400 gd⁻¹.

II - 2. Determinación del peso vivo

Se determinó el peso vivo (PV) individual mediante balanza electrónica cada 2 meses. Previo a cada pesada, los animales se desbastaron durante 17 horas en encierre sin alimento, con acceso al agua. A partir de los valores de PV se calculó el aumento de peso vivo (APV, gd^{-1}) por diferencia de peso entre pesadas.

II – 3. Muestreo y determinaciones sobre el forraje y los alimentos

Se tomaron muestras mensuales del forraje en pastoreo. Se adquirieron a partir de la recolección de 8 sub-muestras del recurso forrajero por corte con hoz a la altura del pastoreo. Se generó una muestra compuesta mensual por forraje en uso. En la etapa de corral de la EAC se muestreó mensualmente el alimento ofrecido en cada comedero y se confeccionó una muestra compuesta por mes. Las muestras compuestas de forraje o alimento fueron trasladadas al laboratorio para su secado, molienda y posterior determinación de MS y composición proximal.

En el laboratorio, las muestras se secaron en estufa con aire forzado a 60°C hasta peso constante, luego se molieron con un molino Thomas-Willey (Modelo 4, Thomas scientific) utilizando una malla de 1 mm, se etiquetaron y se mantuvieron en bolsa tipo ziploc hasta su posterior análisis químico. Sobre la muestra molida se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN). Para la determinación de MS y PB se utilizaron los métodos descritos por la AOAC (1998) y se multiplicó el contenido de nitrógeno por el factor 6,25 para estimar la PB. Las fracciones de FDA y FDN se determinaron según Van Soest *et al.* (1991) utilizando un equipo Ankom²⁰⁰ fiber analyzer y bolsitas filtrantes Ankom F57. Se estimó la digestibilidad de la materia seca (DMS) a partir de FDA ($\text{DMS} = 88,9 * 0,779 * \% \text{FDA}$) y a partir de la DMS la concentración de energía metabolizable (EM, $\text{Mcal /kg MS} = 3,6 * \text{DMS}$), de acuerdo a las ecuaciones del NRC (1996).

II – 4. Consumo y conversión del alimento en la terminación en confinamiento de los animales en EAC

Durante el período de terminación con concentrado en confinamiento, se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el remanente del día anterior para determinar por diferencia el consumo diario de materia seca (CMS) por animal promedio de cada corral. Con la

información de CMS promedio de cada corral y el período de días entre pesadas, se calculó el consumo medio del período por corral de la totalidad del período de terminación. Se expresó el CMS en valor absoluto por animal (kgMS/día animal) y en relación al peso vivo (CMSPV, %). Dividiendo el CMS medio del período por el APV medio por corral del mismo período, se calculó el índice de conversión (IC) del alimento.

II – 5. Momento de faena y rendimiento de la canal

En todos los casos los animales se consideraron “terminados” cuando alcanzaron el peso objetivo y un espesor de grasa dorsal superior 8 mm y por apreciación visual de compradores de novillos gordos. Terminado el período de engorde en pastoreo y en corral, los animales se trasladaron a la planta faenadora comercial, Carnes Pampeanas, ubicada a 15 km de la Estación Experimental y se faenaron a las 12 horas de su arribo. Se determinó el peso de la canal en caliente (PCC), el rendimiento de res (Rto), ($Rto = \text{peso de la canal en caliente} / \text{PV desbastado}$). El peso vivo desbastado se estimó utilizando la última pesada individual (dos días antes al de envío a faena) de la que se descontó el 3% del peso (desbaste convencional aplicado por la planta de faena para distancias cortas de transporte y ayuno previo de al menos 12 horas).

II – 6. Muestreo y determinaciones físicas y químicas sobre la carne

A las 72 horas de la faena se extrajo un bloque de bifés con hueso de ambas medias reses de cada animal, incluyendo la sección del músculo LD en un corte transversal a la columna vertebral entre la novena y la décimo primera costilla. Los bloques se identificaron individualmente con la identidad de cada animal, se enfriaron por 96 horas a 2°C en planta frigorífica y se transportaron al laboratorio de Calidad de Carnes de la Estación Experimental de INTA en Anguil, La Pampa. Inmediato al arribo se procedió a envasar al vacío cada bloque utilizando bolsas para vacío tipo Sealed air Cryovac de 50 μm . La mitad de los bloques, representando a cada animal se congeló a -80°C en ultra freezer por 48 horas y luego se mantuvo en una cámara de frío a -20°C. Los bloques restantes se mantuvieron en cámara de madurado con una velocidad promedio de aire de 1ms^{-1} hasta cumplir los 14 días de maduración a $2 \pm 1^\circ\text{C}$. Luego de ese período los bloques se congelaron y conservaron del mismo modo que los anteriores hasta su posterior análisis de laboratorio.

Para realizar los análisis físicos y bioquímicos previstos, los bloques fueron descongelados a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas (Almada *et al.*, 2011). Cada bloque se fraccionó con sierra eléctrica en 3 bifés coincidentes con las costillas 9, 10 y 11. Sobre los bifés de la novena costilla se realizaron las determinaciones de: área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa dorsal (EGD), color, pH y composición proximal. Sobre los bifés correspondientes a la 10^{ma} costilla se determinó resistencia al corte y pérdidas por cocción. Sobre los bifés pertenecientes a la décimo primera costilla se determinó el perfil de lípidos de la grasa intramuscular.

El **área de ojo de bife** (AOB) se obtuvo calcando el contorno del ojo de bife sobre una hoja de acetato y por planimetría se calculó la superficie abarcada. Los resultados se expresaron en cm^2 .

El **espesor de grasa dorsal** (EGD) se midió perpendicularmente al músculo *longissimus dorsi*, a 3/4 de la distancia medida desde el extremo dorsal al extremo ventral del bife utilizando un calibre. Los resultados se expresaron en mm.

El **pH** se determinó un pHmetro (Thermo Orion 420, USA) con electrodo estandarizado y calibrado con buffers de pH 4.0 y 7.0. El electrodo se introdujo en tres puntos distintos de cada sección de *Longissimus dorsi*, paralelo a la disposición de las fibras musculares y con un ángulo de 45° respecto a la superficie de la muestra. El valor final de pH resultó del promedio de las tres mediciones.

Los bifés seleccionados para la medición de **color** tuvieron 2,54 cm de espesor y se colocaron en la heladera a 4°C sin ningún tipo de cobertura durante una hora para el desarrollo del blooming. Se obtuvieron los valores de las coordenadas L^* (luminosidad, menor valor de L^* indica mayor oscuridad), a^* (tendencia al rojo, mayor valor de a^* indica un color más rojo) y b^* (tendencia al amarillo, mayor valor de b^* indica más amarillo) usando un colorímetro Minolta (CR-310; Minolta Inc., Osaka, Japan) con un área de visión de 50-mm de diámetro e iluminante D65. Se realizaron cinco mediciones en diferentes sitios de la superficie del bife para obtener una lectura representativa, excluyendo las regiones de nervios o acumulo de grasa.

Para efectuar las determinaciones de **fuerza de corte** se empleó la cizalla de Warner-Brätzler (WB) acordes a los lineamientos de AMSA (1995). Los bifés seleccionados (décimo

costilla) para esta determinación se descongelaron a $2 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Fueron removidos de su envase al vacío, cocinados en un grill eléctrico (Phillips) hasta una temperatura interna final de 71°C registrada con termocuplas tipo T insertas en el centro geométrico de cada bife. Se enfriaron durante 30 minutos a temperatura ambiente y luego se mantuvieron a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ cubiertos con un film para evitar la desecación hasta el momento de realizar las mediciones. Posteriormente, se extrajeron, de cada bife, 6 cilindros de 1,27 cm de diámetro, en paralelo a la orientación de las fibras musculares. Cada cilindro se seccionó en su parte media, perpendicular al eje central utilizando la cizalla de corte Warner-Bratzler (modelo 200; G-R Manufacturing, Manhattan, KS, USA). Se registró la fuerza de corte en Newton (N).

Los valores de **mermas de peso por cocción (PPC)** se obtuvieron por diferencia de peso antes y después de la cocción de los bifes seleccionados para la determinación de resistencia al corte, utilizando una balanza Exacta II (Máx 15 kg, d = 1g) con indicador Ohaus T31P. Dichos valores se expresaron en porcentaje de peso fresco.

II – 7. Composición proximal y perfil de lípidos de la GI del músculo LD

Se apartó la grasa externa y el tejido conectivo de los bifes seleccionados para las determinaciones de composición proximal y perfil de lípidos, posteriormente se molieron utilizando una procesadora para carne hasta obtener una pasta uniforme.

Los contenidos de humedad, proteína, ceniza y grasa se determinaron acorde a los métodos descritos por la AOAC (2000). Los valores de PB se determinaron por el método Kjeldahl (contenido de nitrógeno por el factor 6,25). El contenido de humedad se obtuvo a partir de la pérdida de peso después de secar la muestra molida en estufa a 100°C durante 24 horas y el de ceniza mediante incineración en una mufla durante 8 horas a 600°C . Los lípidos totales se extrajeron con hexano en ebullición en un equipo Tecator según el método Soxhlet (AOAC, 2005). Todos los resultados se expresaron en porcentaje (promedio de duplicados).

Las muestras destinadas para determinar el perfil de lípidos fueron liofilizadas y molidas. Posteriormente, sobre una alícuota de esa fracción se realizó la transmetilación de los lípidos según el método de Park y Goins (1994). Los ácidos grasos metilados se analizaron en un cromatógrafo gaseoso Chrompack CP 900, equipado con un detector de ionización a llama (FID). La separación de las muestras se realizó con una columna Chrompack Inc., Middleburg, The Netherlands, CP-

Sil88 (100m x 0,25mm i.d) y nitrógeno como gas portador. La temperatura del horno se programó a 70°C por 4 min, incrementándose desde 70 a 170°C a 13°C/min y desde 170 a 200°C a 1°C/min acorde con García y Casal (1993). Las muestras se corrieron dos veces, con una relación de split de 100:1 para ácidos grasos de cadena larga y trans C18:1 y una relación de split 10:1 para los isómeros CLA y ácidos grasos de cadena larga omega 3.

Los ácidos grasos individuales se identificaron por comparación de los tiempos de retención con estándares PUFA-2 Animal Source y se cuantificaron incorporando un estándar interno (ácido metiltricosanoico, C23:0) dentro de cada muestra durante la metilación. Los ácidos grasos individuales se agruparon en: **AGS** (C12:0 + C14:0 + pentadecanoico (C15:0) + C16:0 + margárico (C17:0) + C18:0); **AGMI** (miristoleico (C14:1) + palmitoleico (C16:1) + C18:1 cis 9); **AGPI n-3** (ALA + EPA + DPA + DHA); **AGPI n-6** (LA + di-homo-gamma-linolénico (DGLA; C20:3) + AA + docosapentaenoico (C22:4)) y **AGPI** (AGPI n-3 + AGPI n-6). Los resultados se expresaron como porcentaje en peso del total de ácidos grasos y se determinaron las relaciones **AGPI:AGS** y **n-6:n-3**.

II – 8. Análisis estadístico

El análisis estadístico, para todas las variables, se realizó utilizando el procedimiento PROC MIXED (SAS, 1999). Cuando el efecto de un factor sobre la variable respuesta fue significativo ($P < 0,05$), las medias se compararon y separaron por la prueba de Tukey (SAS, 1999).

II – 8.1. Variables de comportamiento productivo

Recría 1: el PV y el APV se analizaron considerando a cada animal como la unidad experimental (UE), el número de repeticiones fue de 24 individuos por cada grupo etario. Los análisis se realizaron según el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$

donde:

Y_{ij} : representa la respuesta observada de la j-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor edad (Edad)

μ : representa la media general

α_i : representa el efecto que produce el i-ésimo nivel del factor edad

ε_{ij} : representa el error experimental, normal e independiente con esperanza cero y varianza común σ^2

Recría 2, terminación y faena: PV, APV, Rto y PCC se analizaron, agregando al modelo anterior el efecto del factor alimentación (Alim) y la interacción entre los factores Edad y Alim. El número de repeticiones fue de 12 individuos por tratamiento: $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

donde:

Y_{ijk} : representa la respuesta observada de la k-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor edad y j-ésimo nivel del factor alimentación.

μ : media general

α_i : efecto que produce el i-ésimo nivel del factor edad

β_j : efecto que produce el j-ésimo nivel del factor alimentación.

$(\alpha\beta)_{ij}$: interacción entre edad y alimentación

ε_{ijk} : error experimental, normal e independiente con esperanza cero y varianza común σ^2

En los engordes en confinamiento se tomó el corral como unidad experimental para comparar efectos en cambios de PV, APV, eficiencia de conversión y consumo de alimento.

Los análisis se realizaron considerando el siguiente modelo: $Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij}$, donde:

Y_{ij} : es la variable observada

μ : es la media general

ζ_i : es el efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} : es el residual (error experimental)

II – 8.2. Variables físicas y bioquímicas

El análisis estadístico de las variables físicas y bioquímicas de la carne se correspondió con un diseño totalmente aleatorizado con parcela dividida (split-plot), con un arreglo factorial de 2 x 2 x 2 (2 edades a faena x 2 dietas x 2 períodos de maduración). Los factores edad a faena y dieta constituyeron la parcela principal (animal dentro de faena x dieta, considerando al animal como efecto aleatorio) y el período de maduración se incluyó como sub-parcela (canal del animal). El modelo considerado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_{ijk} + \rho_l + (\alpha\rho)_{il} + (\beta\rho)_{jl} + (\alpha\beta\rho)_{ijl} + \varepsilon_{ijl}, \text{ donde:}$$

Y_{ijkl} : representa la respuesta observada de la l-ésima repetición en el i-ésimo nivel del factor alimentación, j-ésimo nivel del factor edad y k-ésimo nivel del factor maduración

μ : media general

α_i : efecto que produce el i-ésimo nivel del factor edad

β_j : efecto que produce el j-ésimo nivel del factor alimentación

$(\alpha\beta)_{ij}$: interacción entre edad y alimentación

γ_{ijk} : error experimental para la parcela principal, normal e independiente con esperanza cero y varianza común σ^2

ρ_l : efecto que produce el l-ésimo nivel del factor maduración

$(\alpha\rho)_{il}$: interacción entre edad y maduración

$(\beta\rho)_{jl}$: interacción entre alimentación y maduración

$(\alpha\beta\rho)_{ijl}$: interacción entre edad, alimentación y maduración

ε_{ijl} : error experimental para la subparcela, normal e independiente con esperanza cero y varianza común σ^2

III - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III – 1. Oferta forrajera y consumo

El Cuadro 3 resume la información de las asignaciones de forraje para ambas edades a faena en cada etapa de recría y la etapa de terminación en pastoreo de la EAP. La oferta de forraje siguió la pauta de no limitar el consumo. La disponibilidad estimada indicaría que la distribución de la oferta no habría sido restrictiva del consumo y la asignación diaria promedio por animal, teniendo en cuenta el nivel de remanente tampoco habría impuesto restricciones. La calidad ha sido probablemente el factor de mayor incidencia en el APV, en ambos grupos de edad. El Cuadro 4 resume los resultados de los análisis de composición proximal de esta secuencia de forrajes pastoreados.

Cuadro 3. Secuencia de forrajes, disponibilidad y asignación por animal promedio de ambos grupos de edad expuestos a la estrategia de alimentación con terminación pastoril

Etapa de recría	Mes	Forraje	Disponibilidad MS, kg ha ⁻¹	Asignación		Remanente	
				kg	d.e.	kg	d. e.
R1	Abril	Pastura alfalfa	1078	7,0	0,83	3,2	0,22
R1	Mayo	Pastura alfalfa	885	8,3	0,75	3,9	0,34
R1	Junio	Pastura alfalfa	941	8,4	0,66	4,1	0,49
R1	Julio	Rastrojo de maíz	827	8,7	1,24	3,7	0,18
R2a	Agosto	Verdeo invierno	1155	10,9	1,40	4,5	0,27
R2a	Septiembre	Verdeo invierno	1234	11,6	0,99	4,6	0,33
R2a	Octubre	Verdeo invierno	1104	11,3	1,47	3,9	0,65
R2a	Noviembre	Pastura alfalfa	1159	11,8	1,37	4,1	0,51
R2a	Diciembre	Pastura alfalfa	1492	14,1	1,23	5,7	0,45
R2a	Enero	Pastura alfalfa	1198	14,5	1,65	5,6	0,66
R2a	Febrero	Pastura alfalfa	1574	15,6	1,35	6,3	0,43
R2a	Marzo	Sorgo forrajero	1681	16,3	1,43	6,4	0,71
TP	Abril	Sorgo forrajero	1720	19,0	1,54	7,7	0,34
TP	Mayo	Sorgo forrajero	1876	19,5	1,38	8,2	0,78
TP	Junio	Verdeo invierno	1400	19,6	1,22	7,3	0,51
TP	Julio	Verdeo invierno	1504	21,2	1,45	8,5	0,66

R1 = Primera etapa de recría común a EAP y EAC

R2a = Segunda etapa de recría de los grupos de 2 y 3 años a faena con terminación pastoril

TP = Etapa de terminación pastoril

Cuadro 4. Contenido de materia seca y composición proximal de los forrajes ofrecidos en la estrategia de alimentación con terminación pastoril

Mes	Forraje	%					EM Mcal kg ⁻¹ MS
		MS	PB	FDN	FDA	DMS	
Abril	Pastura alfalfa	22,4	15,7	40,0	30,1	65,5	2,36
Mayo	Pastura alfalfa	23,7	14,8	44,3	37,0	60,1	2,17
Junio	Pastura alfalfa	26,6	12,5	51,2	42,3	55,9	2,02
Julio	Rastrojo de maíz	66,7	6,2	67,4	55,2	45,9	1,66
Agosto	Verdeo invierno	24,5	15,1	40,0	32,0	64,0	2,31
Septiembre	Verdeo invierno	22,7	12,4	38,0	30,0	65,5	2,36
Octubre	Verdeo invierno	28,1	11,3	44,0	35,0	61,6	2,22
Noviembre	Pastura alfalfa	20,4	18,2	37,0	28,0	67,1	2,42
Diciembre	Pastura alfalfa	22,1	17,1	45,0	33,0	63,2	2,28
Enero	Pastura alfalfa	26,0	14,9	50,0	35,0	61,6	2,22
Febrero	Pastura alfalfa	25,0	13,5	52,0	35,0	61,3	2,15
Marzo	Sorgo forrajero	18,0	13,2	55,0	34,0	60,4	2,10
Abril	Sorgo forrajero	23,0	11,2	56,0	33,0	63,2	2,28
Mayo	Sorgo forrajero	31,0	11,8	60,0	41,0	57,0	2,06
Junio	Verdeo invierno	18,0	15,5	38,0	29,0	66,3	2,39
Julio	Verdeo invierno	22,1	17,2	38,0	30,0	65,5	2,36

MS = Materia seca, PB = Proteína bruta, FDN = Fibra detergente neutro, FDA = Fibra detergente ácido, DMS = Digestibilidad de la materia seca, EM = Energía metabólica

La EAC compartió los primeros meses de pastoreo, hasta Julio, con EAP por lo que la información de oferta, asignación y remanentes como la información de calidad del forraje se corresponde con la etapa R1 descrita para EAP. Por su parte, en la segunda etapa de recría, EAC siguió una cadena forrajera distinta y con diferente nivel asignación. El Cuadro 5 resume la información de las asignaciones de forraje para ambas edades en la etapa de recría R2b de EAC.

Cuadro 5. Secuencia de forrajes, disponibilidad y asignación por animal promedio de ambos grupos de edad expuestos a la estrategia de alimentación con terminación en confinamiento en la segunda etapa de recría (R2b)

Mes	Forraje	Disponibilidad	Asignación		Remanente	
		MS, kg ha ⁻¹	kg	d.e.	kg	d.e.
Agosto	Rastrojo de maíz	913	8,5	0,73	3,4	0,32
Septiembre	Rastrojo de maíz	792	9,0	0,66	4,2	0,29
Octubre	Rastrojo de maíz	688	8,6	0,61	3,1	0,51
Noviembre	Pastura alfalfa	1133	8,0	0,78	3,5	0,33
Diciembre	Pastura alfalfa	1040	9,7	1,10	3,1	0,26
Enero	Pasto llorón	1205	9,6	1,15	3,9	0,31
Febrero	Pasto llorón	1166	10,0	1,16	4,5	0,42
Marzo	Pastura alfalfa	1307	10,2	1,41	4,2	0,17

En esta etapa de EAC la oferta fue limitada para no superar el APV de la etapa precedente ya que los animales ingresarían luego a la terminación a corral con concentrados. Aunque no medido directamente por la imposibilidad de medir consumo en pastoreo en el ámbito del presente ensayo, se puede estimar a través de la diferencia entre lo asignado y el remanente diario por animal, con el peso promedio estimado del animal para ese mes de muestreo, que el consumo diario fue restringido a niveles inferiores al 2% del peso vivo (base seca) para ambos grupos de edad, restricción que combinada con la limitada calidad de los forrajes ofrecidos (Cuadro 6) mantuvo el APV en el rango del esperado (400 gd⁻¹).

Cuadro 6. Contenido de materia seca y composición proximal de los forrajes ofrecidos en la estrategia de alimentación con terminación en confinamiento en la segunda etapa de la recría (R2b)

		MS	PB	FDN	FDA	DMS	EM
		%					Mcal kg ⁻¹
							MS
Agosto	Rastrojo de maíz	65,3	5,8	70,3	60,2	42,0	1,52
Septiembre	Rastrojo de maíz	65,8	6,6	69,2	58,5	43,3	1,56
Octubre	Rastrojo de maíz	70,3	6,3	68,8	58,2	43,6	1,57
Noviembre	Pastura alfalfa	22,7	18,2	42,3	30,2	65,4	2,36
Diciembre	Pastura alfalfa	24,8	17,6	45,6	33,4	62,9	2,27
Enero	Pasto llorón	36,5	9,5	55,6	43,0	55,4	2,00
Febrero	Pasto llorón	34,3	9,7	52,0	38,0	59,3	2,14
Marzo	Pastura alfalfa	18,7	12,9	41,1	32,8	63,3	2,29

MS = Materia seca

PB = Proteína bruta

FDN = Fibra detergente neutro

FDA = Fibra detergente ácido

DMS = Digestibilidad de la materia seca

EM = Energía metabólica

El Cuadro 7 resume los resultados de consumo de materia seca (CMS) de los animales de ambas edades que fueron confinados a una dieta de alta energía en terminación de EAC. El grupo más joven expresó menor CMS ($P < 0,001$) en términos absolutos, aunque más en relación al peso vivo.

Cuadro 7. Efecto de la edad a la faena sobre el consumo de materia seca en la etapa de terminación de novillos Angus en confinamiento de EAC*

	Edad a faena, años		EE	P*
	2	3		
Consumo de materia seca (CMS), kgd-1				
de 0 a 60 días	10,1	12,6	0,17	0,001
de 60 a 120 días	10,8	13,2	0,18	0,001
de 0 a 120 días	10,4	12,9	0,17	0,001
Consumo de materia seca relativo al PV, %				
de 0 a 60 días	2,68	2,54	0,03	0,001
de 60 a 120 días	2,85	2,66	0,03	0,002
de 0 a 120 días	2,78	2,60	0,04	0,002

n = 4;

*Se utilizó al corral como unidad experimental para las comparaciones descriptas

P = Valor de significancia $P < 0,05$

III – 2. Evolución del peso vivo y conversión del alimento en la etapa de confinamiento

La Figura 3 describe la evolución del peso de la combinación de edades y estrategias de alimentación para llegar a la terminación en una misma fecha, con pesos similares en el mismo grupo de edad. Los animales iniciaron con una diferencia de peso de 121 kg debido a la diferencia de edad entre ambos grupos. Esa diferencia se mantuvo hasta el final del engorde aunque el APV resultó levemente superior ($P < 0,001$) para el grupo más joven. Tanto en el primer período del confinamiento (0 a 60 días) como en el segundo (60 a 120 días) el grupo de faena a los 2 años mantuvo APV mayores ($P < 0,001$). Dentro de cada grupo de edad a faena, se siguieron trayectorias que permitieron alcanzar los pesos previstos. Los animales de 2 años a faena que iniciaron con 150 kg llegaron a 444 ± 10 kg y 442 ± 14 kg a faena para EAP y EAC, respectivamente, en 480 días de ensayo. Los de 3 años de edad a faena que iniciaron con 267 kg llegaron a 549 ± 22 y 553 ± 17 kg de peso a faena para EAP y EAC respectivamente, en el mismo período.

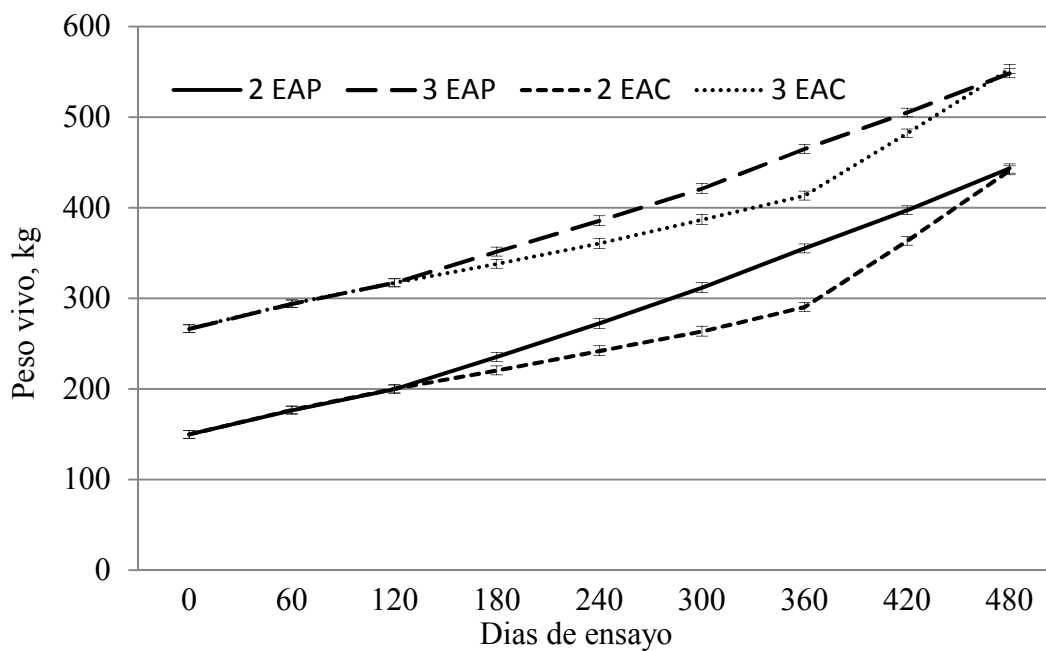


Figura 3. Evolución del peso vivo de novillos que ingresan con 150 kg 267 kg a las estrategias de alimentación de terminación pastoril o de terminación en confinamiento con concentrado. Tratamientos: 2P = Estrategia de recría y terminación pastoril de animales de 5 meses de edad al ingreso y meta de faena a los 2 años de edad; 3P = Estrategia de recría y terminación pastoril de animales de 17 meses de edad al ingreso y meta de terminación pastoril; 2C = Estrategia de recría pastoril con terminación con concentrado en confinamiento de animales de 5 meses al ingreso y meta de faena a los 2 años de edad; 3C = Estrategia de recría y terminación pastoril de animales de 17 meses de edad al ingreso y meta de terminación con concentrado en confinamiento. I = Error estándar.

El Cuadro 8 muestra los resultados de los efectos de las dos EA, EAP y EAC, y las dos edades a faena de los novillos sobre APV promedio en las tres etapas y el índice de conversión en la etapa de terminación de confinamiento de EAC. No se detectaron interacciones ($P > 0,05$) entre factores principales para el PV y el APV en ninguno de las pesadas o de los períodos de medición. El efecto de la edad a faena fue evidente ($P < 0,001$) en la evolución del peso ya que los animales de edad a faena a los 3 años pesaban 117 kg más al inicio del ensayo y tenían 1 año más de edad. Sin embargo, la diferencia edad y peso inicial no afectó diferencialmente los APV ($P > 0,572$) durante la recría pastoril de la primera etapa (R1) o segunda (R2). En la etapa de terminación, la edad de los animales afectó al APV ($P < 0,035$) independientemente del sistema de alimentación, posiblemente debido a los efectos de la edad y consecuentemente el peso sobre la composición de la ganancia y el gasto de mantenimiento. En promedio de ambas EA, no se detectó un efecto ($P =$

0,095) de la edad sobre el APV. Se arribó a pesos de faena diferentes, manteniéndose la diferencia entre ambas edades del inicio del ensayo.

La conversión de alimento a peso vivo (IC) fue mejor para el grupo más joven comparado con el de terminación con 1 año más de edad. Aunque no valorados directamente, por un lado el mayor gasto en mantenimiento de la masa corporal de los animales más pesados, y por otro la diferente composición de la ganancia de peso entre animales con 400 versus 500 kg, podrían ser la razón de estas respuestas.

Cuadro 8. Efecto de la estrategia de alimentación y la edad sobre el aumento de peso y el índice de conversión en la etapa de terminación en confinamiento de EAC

Edad faena, años	EAP		EAC		EE	P *		
	2	3	2	3		EA	Edad	EA*Edad
Aumento de peso vivo, gd ⁻¹								
R1, día 0 a 120	415	425	421	422	28	0,713	0,336	0,655
R2, día 121 a 360	648	615	375	401	25	0,001	0,408	0,381
Ter, día 361 a 480	736	695	1258	1166	24	0,002	0,035	0,699
Total ensayo	612	588	607	597	22	0,665	0,477	0,868
Índice de conversión, CMS/APV								
de 0 a 60 días	-	-	8,3	11,0	0,15	-	0,001	-
De 60 a 120 días	-	-	8,1	11,1	0,13	-	0,001	-
De 0 a 120 días	-	-	8,2	11,0	0,14	-	0,001	-

*Significancia estadística ($P < 0,05$) del modelo ANOVA, de los efectos de factores principales o la interacción.

EAP = Estrategia de alimentación con recría y terminación pastoril

EAC = Estrategia de alimentación con recría pastoril y terminación en confinamiento con concentrado

EA = Estrategia de alimentación

EA*Edad = Interacción entre estrategia de alimentación y edad

R1 = Recría inicial en pastoreo, común a todos los tratamientos

R2 = Segunda etapa de recría con cadenas forrajeras y oferta diferente en EAP y EAC,

Ter = Período de terminación en pastoreo o en confinamiento

En promedio de edades, la EA no generó diferencias en la etapa de recría inicial (R1) ya que todos los animales pastoreaban el mismo recurso (día 0 a 120) ($P = 0,966$) (Figura 3). En el período de 240 días subsiguientes (R2) los grupos se diferenciaron ($P < 0,001$) por EA ya que los de terminación pastoril (EAP) recibieron mejor oferta forrajera que los de terminación en confinamiento (EAC). En la última etapa o de terminación, la alimentación también tuvo efectos significativos ($P < 0,001$) ya que el grupo terminado en confinamiento superó ampliamente en APV al de terminación pastoril, logrando compensar el peso y finalizar con pesos similares ($P >$

0,878) dentro de cada grupo de edad a faena. Finalmente, los tratamientos no se diferenciaron en APV promedio de los 480 días ($P = 0,801$) con un promedio de 601 gd^{-1} . Este APV es común en planteos de recría y engorde con terminación pastoril o de confinamiento en la región.

III – 3. Peso y rendimiento de la canal

No se detectaron efectos interactivos ($P > 0,05$) entre los factores edad y EA sobre el peso y el rendimiento de la canal caliente. En promedio los animales de 2 años a faena fueron más livianos que los de 3 años ($P < 0,001$), efecto esperable debido a la diferencia de peso vivo a faena ($P < 0,001$), pero no hubieron atribuibles a la edad sobre el rendimiento de la canal ($P = 0,220$) (Cuadro 9). Cabe notar que el rendimiento de 60% demuestra un muy buen grado de terminación.

Cuadro 9. Efecto de la edad a faena sobre el peso desbastado, el peso de la canal y el rendimiento de la canal de novillos terminados bajo estrategias de terminación pastoril y en confinamiento

Edad a faena, años	2	3	EE	P
PVF, kg	429	534	3,4	0,001
PCC, kg	286	323	3,25	0,001
Rto, %	59,8	60,1	0,40	0,220

PVF = Peso vivo desbastado a faena (3% inferior al peso de última pesada del ensayo)

PCC = Peso de la canal en caliente

Rto = Rendimiento de la canal ($PCC/PVF * 100$)

P = Valor de significancia $P < 0,05$

Por su parte, independientemente de la edad, la EA generó animales de similar peso desbastado a la faena ($P = 0,801$) pero diferentes en peso de canal y rendimiento ($P < 0,020$) (Cuadro 10). En promedio, los animales en terminación pastoril tuvieron un peso y rendimiento de la canal inferior a aquellos de terminación en confinamiento con concentrado. El rendimiento alcanzado en terminación en confinamiento se ubica en el rango de una buena terminación en engorde a corral. Debe destacarse sin embargo, el muy buen rendimiento de la canal generado por la estrategia de terminación pastoril, por encima de los rendimientos comunes a los sistemas pastoriles de la región.

Cuadro 10. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el peso desbastado, el peso y el rendimiento de la canal de novillos terminados con 2 y 3 años de edad

Estrategia de alimentación	EAP	EAC	EE	P
PVF, kg	481	485	11,5	0,801
PCC, kg	283	297	7,61	0,020
Rto, %	58,7	60,8	0,01	0,001

EAP = Estrategia de alimentación con recría y terminación pastoril

EAC = Estrategia de alimentación con recría pastoril y terminación con concentrado

PVF = Peso vivo desbastado a faena

PCC = Peso de la canal en caliente

Rto = Rendimiento de la canal (PCC/PVF *100)

P = Valor de significancia $P < 0,05$

III – 4. Características del bife

No se detectaron interacciones ($P > 0,141$) entre los factores edad, EA y período de maduración sobre los principales descriptores del bife (Cuadro 11). Consecuentemente, se analizaron los resultados para las variables citadas para cada factor por separado (Cuadros 12, 13 y 14).

Cuadro 11. Valores de significancia (P) para las interacciones entre la estrategia de alimentación, edad a faena y tiempos de maduración sobre las variables evaluadas

	Significancia (P<)			
	Interacción entre tratamientos			
	EA*Edad	EA*Mad	Edad*Mad	EA* Edad *Mad
Humedad, %	0,999	0,350	0,376	0,884
PB, %	0,775	0,846	0,435	0,631
Ceniza, %	0,544	0,073	0,549	0,550
GI, %	0,511	0,694	0,548	0,764
EGD, mm	0,711	0,839	0,836	0,929
AOB, cm ²	0,208	0,793	0,607	0,225
PPC, %	0,797	0,735	0,864	0,947
WB, N	0,756	0,157	0,291	0,436
pH	0,146	0,254	0,778	0,449
Color				
L*	0,826	0,944	0,335	0,492
a*	0,772	0,445	0,686	0,141
b*	0,547	0,928	0,299	0,219

EA*Edad = interacción entre los factores estrategia de alimentación y edad a faena; EA*Mad = interacción entre los factores estrategia de alimentación y período de maduración; Edad*Mad = interacción entre el factor edad a faena y período de maduración; EA*Edad*Mad = interacción entre los factores estrategia de alimentación, edad a faena y período de maduración; PB = Proteína bruta; GI = Grasa intramuscular; EGD = Espesor de grasa dorsal; AOB = Area de ojo de bife; PPC = Pérdidas de peso por cocción; WB = Fuerza de corte, P = Valor de significancia $P < 0,05$

Los Cuadros 12 y 13 muestran el efecto de la EA y el efecto de la edad a faena sobre las características físicas y químicas del bife respectivamente. Tanto los animales de 3 años como los de la EAC tuvieron menor contenido de humedad ($P = 0,001$) y mayor cantidad de GI respecto a aquellos de 2 años y de aquellos de terminación pastoril respectivamente, mostrando una relación inversa entre estas variables. Resultados similares fueron hallados por Roberts *et al.* (2009), quienes compararon novillos terminados sobre verdeos de invierno y novillos suplementados con distintos niveles de grano de maíz. Estos autores, hallaron menores valores de humedad y mayor contenido de GI a medida que aumentaba el porcentaje de grano en la dieta. Sin embargo, Mandel *et al.* (1998) no observaron efectos debidos al tipo de alimentación sobre el contenido de GI en animales con igual grado de terminación o similar grasa de cobertura. No se diferenciaron efectos de tratamiento sobre los valores de proteína y cenizas. Resultados similares fueron obtenidos por Leheska *et al.* (2008) y Duckett *et al.* (2009). Tampoco se detectaron diferencias significativas entre los porcentajes de las PPC ($P > 0,05$).

Cuadro 12. Efecto de la estrategia de alimentación sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus terminados con 2 o 3 años de edad

Estrategia	EAP	EAC	EE	P
Humedad, %	73,5	72,3	0,15	0,001
PB, %	20,5	20,6	0,11	0,78
Ceniza, %	1,00	0,99	0,03	0,12
GI, %	3,34	4,04	0,14	0,001
EGD, mm	8,3	10,0	0,34	0,001
AOB, cm ²	62,3	61,2	1,23	0,531
PPC, %	25,7	24,6	0,51	0,120
WB, N	31,3	28,6	0,86	0,031
pH	5,67	5,58	0,01	0,001
Color				
L*	39,5	41,8	0,29	0,001
a*	16,3	14,5	0,42	0,003
b*	12,0	11,7	0,17	0,127

EAP = Estrategia de alimentación con recría y terminación pastoril

EAC = Estrategia de alimentación con recría pastoril y terminación con concentrado

PB = Proteína bruta

GI = Grasa intramuscular

EGD = Espesor de grasa dorsal

AOB = Area de ojo de bife

PPC = Pérdidas de peso por cocción

WB = Fuerza de corte

P = Valor de significancia $< 0,05$

Cuadro 13. Efecto de la edad a faena sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus terminados bajo estrategias de terminación pastoril y en confinamiento

Edad a faena, años	2	3	EE	P
Humedad, %	74,2	71,8	0,15	0,001
PB, %	20,5	20,6	0,11	0,750
Ceniza, %	1,0	1,0	0,03	0,150
GI, %	2,7	4,7	0,14	0,001
EGD, mm	8,4	9,9	0,34	0,001
AOB, cm ²	59,0	64,5	1,23	0,002
PPC, %	24,9	25,5	0,51	0,376
WB, N	29,5	30,4	0,86	0,472
pH	5,64	5,61	0,01	0,065
Color				
L*	41,3	40,1	0,29	0,004
a*	16,9	13,8	0,42	0,001
b*	12,3	11,4	0,17	0,001

PB = Proteína bruta

GI = Grasa intramuscular

EGD = Espesor de grasa dorsal

AOB = Area de ojo de bife

PPC = Pérdidas de peso por cocción

WB = Fuerza de corte

P = Valor de significancia $P < 0,05$

Independientemente del tratamiento, todos los animales lograron superar los 8 mm de EGD. Si bien, dicha variable fue estadísticamente superior ($P < 0,001$) en la EAC y en los animales de 3 años comparado con EAP y 2 años de edad a faena respectivamente, tales diferencias (1,7 mm entre las EA y 1,5 mm entre las edades) no tendrían una relevancia biológica importante desde el punto de vista comercial.

En promedio el AOB de los animales de 3 años de edad a faena fue mayor respecto del AOB de los animales de 2 años ($P < 0,002$), respuesta esperable debido a la diferencia de edad, pero no hubo efectos atribuibles a la EA ($P = 0,531$). Neel *et al.* (2007); Duckett *et al.* (2013) hallaron diferencias significativas debidas al tipo de terminación, con concentrado o pasto, sobre AOB y EGD de novillos Angus faenados a edades similares. Pero cabe destacar que en ambas experiencias el EGD fue diferente. En esa investigación los animales terminados con concentrado presentaron valores de EGD superiores comparado con aquellos de terminación pastoril (11,5 y 4,7 mm respectivamente), esta diferencia pudo haber generado efectos confundidos entre el sistema de alimentación y el grado de terminación sobre las variables en estudio.

Con respecto a la fuerza de corte, se detectaron efectos significativos debidos a la EA. La carne generada a partir de la EAC requirió menor fuerza de corte que aquellas generadas en la EAP ($P = 0,031$; 28,6 y 31,3 N respectivamente), podría atribuirse esta respuesta al mayor contenido de GI que, en promedio, tuvieron los animales provenientes de la EAC comparados con EAP (4,04 y 3,34% respectivamente). Sin embargo, Latimori *et al.* (2008) no detectaron diferencias significativas por WB y por panel sensorial en animales de similar peso y edad terminados con concentrado o pasto ($P > 0,05$; 32,38 y 30,51N). Tampoco Duckett *et al.* (2007) detectaron efectos del tipo de terminación, con concentrado o con pasto, en animales de diferente peso a faena pero edades similares. Otros autores, (Bruce *et al.*, 2004; Realini *et al.*, 2004b) han reportado valores más bajos de resistencia al corte en novillos provenientes de sistemas pastoriles comparados con aquellos provenientes de dietas concentradas. Si bien se podría haber esperado mayores valores de resistencia al corte en los tratamientos de 3 años de edad, asumiendo mayor contenido de colágeno insoluble y mayor actividad física respecto de los de 2 años, en el presente ensayo la edad produjo efectos similares en ambas edades ($P = 0,472$).

En todos los tratamientos los valores de pH se hallaron dentro del rango considerado normal para carne fresca bovina (Renner, 1986; Foegeding *et al.*, 1996), lo cual indicaría que los animales no solo fueron transportados y faenados sin condiciones de estrés sino también que el proceso de disminución de pH *post-mortem* ocurrió de acuerdo a lo esperado. Si bien el pH no fue afectado por la edad ($P = 0,065$) se observaron efectos debidos a la EA. Las carnes provenientes de la EAP tuvieron mayores valores de pH respecto a aquellas de la EAC ($P = 0,001$; 5,67 y 5,58 respectivamente). Estos valores concuerdan con los hallados por Duckett *et al.* (2009, 2013) quienes hallaron valores de pH mayores en novillos terminados sobre pasturas respecto de aquellos terminados con concentrado. Podría atribuirse esta diferencia al posible menor contenido de glucógeno muscular, disponible como sustrato para su transformación en ácido láctico, en los animales provenientes de sistemas pastoriles comparados con aquellos alimentados en confinamiento con dietas concentradas. Sin embargo, otros investigadores (Bidner *et al.*, 1986; Realini *et al.*, 2004a; Latimori *et al.*, 2008) no detectaron efectos sobre esta variable (pH) en animales alimentados con concentrado respecto de aquellos provenientes de dietas pastoriles.

En relación a los parámetros de color, la EAC tuvo mayores valores de L^* ($P = 0,001$), menores de a^* ($P = 0,003$) y similares de b^* ($P = 0,127$) comparados con la EAP. Estos resultados

concuerdan con los valores de L^* y b^* hallados por Realini *et al.* (2004b); Latimori *et al.* (2008); Duckett *et al.* (2013). En cambio, la edad influyó significativamente. Si bien sería esperable una correlación positiva entre el contenido de GI y los parámetros L^* y b^* (carnes más claras en el primer caso, mayor L^*) y mayor deposición de beta-carotenos en el segundo (mayor b^*), en la presente experiencia los animales de 3 años de edad tuvieron menores valores de L^* y de b^* ($P = 0,001$) pese al mayor contenido (superior al 40%) de GI comparados con los de 2 años de edad (Agullo, 1990; Swatland, 1991). Similar respuesta pudo observarse para el parámetro a^* considerando que su intensidad se correlaciona con el contenido de mioglobina, el que se incrementa con la edad del animal (Renner 1990; Varnam y Sutherland 1995). Estos resultados deberán ser desafiados en investigaciones posteriores ya que habría cierta inconsistencia de conclusiones y merecería una profundización específica.

En lo concerniente al período de maduración, el Cuadro 14 muestra la información del efecto del tiempo de madurado de la carne sobre las características del bife. No se hallaron efectos significativos ($P \geq 0,531$) debidos al período de maduración sobre pH, Humedad, PB, Ceniza, GI, EGD y AOB. Con respecto a los parámetros de color (L^* ; a^* ; b^*) varios investigadores (Feldhusen *et al.*, 1995; Oliete *et al.*, 2006; Mazzuco *et al.*, 2010) han detectado cambios en L^* , a^* y b^* producidos por el período de maduración. Beriain *et al.* (2009) compararon distintos tiempos de maduración (1, 3, 7 y 14 días) de muestras del músculo LD. Estos autores detectaron incrementos de a^* y de b^* desde el día 1 hasta el día 7, pero no hallaron diferencias significativas entre el día 7 y 14, como tampoco hallaron efectos significativos sobre los valores de L^* los que permanecieron constantes desde el día 1 hasta el día 14. Por otro lado, Lizaso (1998) tampoco encontró diferencia significativa de L^* después de 7 días de maduración. Sin embargo, Mc Dougall (1982) describió un incremento en L^* con la maduración debido a la modificación de las estructuras proteicas provocando mayor dispersión de la luz y como consecuencia un incremento en la luminosidad ($> L^*$). En el presente ensayo, no fue observado este incremento posiblemente debido a que el tiempo de maduración no fue lo suficientemente prolongado como para provocar cambios en las estructuras de las proteínas. Tampoco se detectaron efectos ($P > 0,05$) sobre a^* y b^* . Resultados similares fueron obtenidos por Mazzuco *et al.* (2010) quienes no detectaron efectos sobre a^* y b^* en muestras de LD con 7 y 14 días de maduración.

En relación a la fuerza de corte, los valores de WB fueron menores para los tratamientos cuyo período de maduración fue de 14 días respecto de aquellos de 4 días ($P = 0,001$; 26,44 y

33,38 N respectivamente). Mazzuco *et al.* (2010) compararon tres períodos de maduración, 1, 7 y 14 días, en muestras de *longissimus dorsi* (LD). Si bien hallaron menores valores de WB en el séptimo día respecto del primero, no detectaron efectos significativos entre el día 7 y 14. Resultados similares fueron reportados por Gallinger *et al.* (1993) y Gonzalez *et al.* (2003), quienes también observaron una disminución de 18,1% y 26,0% respectivamente entre los días 1 y 7. Por su parte, Duckett *et al.* (2013) tampoco hallaron diferencias significativas en el LD madurado durante 14 o 28 días ($P > 0,05$; 25,08 y 24,10 N, respectivamente).

Cuadro 14. Efecto del período de maduración sobre las características físicas y químicas de la carne de novillos Angus de 2 y 3 años de edad terminados bajo las estrategias de alimentación pastoril o con concentrado

Maduración, días	4	14	EE	P
Humedad, %	72,8	73,1	0,15	0,531
PB, %	20,6	20,5	0,11	0,688
Ceniza, %	1,00	0,99	0,03	0,666
GI, %	3,71	3,67	0,14	0,839
EGD, mm	9,17	9,13	0,34	0,929
AOB, cm ²	61,8	61,69	1,23	0,950
PPC, %	25,13	25,21	0,51	0,914
WB, N	33,38	26,44	0,86	0,001
pH	5,63	5,62	0,01	0,689
Color				
L*	40,61	40,79	0,29	0,679
a*	15,51	15,23	0,42	0,635
b*	11,78	11,92	0,17	0,569

PB = Proteína bruta, GI = Grasa intramuscular, EGD = Espesor de grasa dorsal, AOB = Area de ojo de bife, PPC = Pérdidas de peso por cocción, WB = Fuerza de corte, P = Valor de significancia $P < 0,05$

III – 5. Perfil de lípidos de la GI del músculo LD

Se detectaron efectos interactivos entre los factores edad a faena y alimentación (EA*Edad) sobre el contenido de ALA ($P = 0,001$), EPA ($P = 0,011$) y para el grupo AGPI n-3 ($P \leq 0,024$). Los novillos de la EAP tuvieron porcentajes más altos de las variables mencionadas respecto de la EAC, pero estas diferencias entre las estrategias de alimentación fueron menores en los animales faenados con 3 años de edad respecto de aquellos faenados a los 2 años. En cambio, no se detectaron interacciones ($P \geq 0,060$) entre los factores edad a faena, EA y período de maduración sobre el resto de las variables evaluadas (Cuadro 15). En estos casos, se analizaron los resultados por separado para cada factor (Cuadros 16, 17 y 18).

Cuadro 15. Valores de significancia (P) para las interacciones entre los factores estrategia de alimentación, edad a faena y tiempo de maduración sobre los ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de novillos Angus

Acidos grasos	Significancia (P)			
	Interacción entre tratamientos			
	EA*Edad	EA*Mad	Edad*Mad	EA*Edad*Mad
C12:0, %	0,974	0,963	0,415	0,795
C14:0, %	0,061	0,578	0,339	0,727
C14:1, %	0,065	0,898	0,618	0,947
C15:0, %	0,188	0,130	0,812	0,284
C16:0, %	0,580	0,368	0,899	0,503
C16:1, %	0,063	0,904	0,406	0,981
C17:0, %	0,167	0,181	0,707	0,623
C18:0, %	0,096	0,194	0,984	0,334
C18:1 trans 11, %	0,072	0,230	0,935	0,557
C18:1 cis 9, %	0,796	0,928	0,114	0,083
C18:2 n-6, %	0,375	0,656	0,349	0,704
C18:3 n-3, %	0,001	0,234	0,973	0,242
CLA cis 9 trans 11, %	0,906	0,984	0,088	0,342
C20:4 n-6, %	0,446	0,468	0,163	0,716
C20:5 n-3, %	0,644	0,410	0,198	0,221
C22:5 n-3, %	0,011	0,344	0,361	0,607
C22:6 n-3, %	0,084	0,169	0,809	0,382
AGS, %	0,800	0,096	0,927	0,222
AGMI, %	0,598	0,963	0,087	0,060
AGPI, %	0,688	0,440	0,269	0,986
AGPI:AGS	0,814	0,356	0,412	0,895
AGPI n-6, %	0,384	0,235	0,447	0,652
AGPI n-3, %	0,024	0,895	0,216	0,736
n-6:n-3	0,228	0,623	0,809	0,922

EA*Edad = interacción entre los factores estrategia de alimentación y edad a faena.

EA*Mad = interacción entre los factores estrategia de alimentación y período de maduración.

Edad*Mad = interacción entre el factor edad a faena y período de maduración

EA*Edad*Mad = interacción entre los factores estrategia de alimentación, edad a faena y período de maduración.

P = Valor de significancia $P < 0,05$

El Cuadro 16 muestra el efecto de la EA sobre el perfil de los ácidos grasos y las relaciones AGPI:AGS y n-6:n-3 de la GI del músculo LD. La EA no alteró ($P \geq 0,065$) el porcentaje de los ácidos grasos C12:0, C14:0, C16:0, C17:0, C14:1, C16:1, AA, EPA y DHA. Los tratamientos EAP obtuvieron valores 38% y 31,3% más de CLA cis 9 trans 11 y C18:1 trans 11 respectivamente comparados con los obtenidos en la EAC. El ambiente ruminal que se crea en condiciones de pastoreo favorece la formación de C18:1 trans 11 y de CLA en los tejidos del animal (Martin y Jenkins, 2002) y genera mayor presencia de ALA y metabolitos omega-3 (n-3) (Mc Guire y Mc

Guire, 2000; Lorenz et al., 2002; Elmore et al., 2004; Pordomingo et al., 2012b). Los contenidos de C18:1 cis 9 y LA fueron superiores para EAC comparados con EAP ($P \leq 0,003$).

No se hallaron efectos significativos sobre el porcentaje de AGS ($P = 0,263$). Otros autores, (Mitchel *et al.*, 1991; Latimori *et al.*, 2008; Duckett *et al.*, 2009, 2013) tampoco hallaron diferencias en esta variable atribuibles al tipo de terminación (concentrado o forraje). En promedio, los valores de AGMI fueron superiores ($P = 0,002$) en EAC comparados con aquellos provenientes de EAP. Esta diferencia se puede atribuir al mayor contenido de ácido de C18:1 cis 9 aportado por el grano de maíz respecto de los forrajes. Otros investigadores (Duckett *et al.*, 1993; Mandell *et al.*, 1998; Faucitano *et al.*, 2008) también mostraron mayores valores de AGMI y concentraciones de ácido oleico en la GI de novillos alimentados con grano de maíz respecto de aquellos provenientes de dietas pastoriles. Sin embargo, Volpi Lagreca *et al.* (2008) obtuvieron valores más altos de AGMI en novillos alimentados con pasturas respecto de aquellos terminados con concentrado (62% de grano de maíz) en confinamiento, ($P < 0,001$; 40,75 y 36,60 respectivamente).

Los valores de AGPI, detectados en el presente estudio, fueron mayores ($P = 0,003$) para EAP, comparado con EAC, diferencia que estuvo dada por el mayor aporte de los AGPI n-3 dado que no se hallaron diferencias significativas ($P = 0,577$) en AGPI n-6. Duckett *et al.* (2009) tampoco hallaron diferencias en el total de AGPI n-6, en novillos terminados con pasturas o concentrado. En cambio, Latimori *et al.* (2008) y Volpi Lagreca *et al.* (2008) hallaron mayor contenido total de AGPI en novillos terminados con concentrado (82,5% y 62% de grano maíz respectivamente) respecto de aquellos provenientes de dietas exclusivamente pastoriles. Estos autores atribuyeron tal diferencia al mayor aporte del ácido LA proveniente del grano de maíz. Pordomingo *et al.* (2013) también reportaron mayores valores de AGPI en novillos terminados sobre verdes de invierno o pasturas de alfalfa que los hallados en el presente ensayo.

La relación AGPI:AGS fue superior en EAP respecto de EAC ($P = 0,019$; 0,14 y 0,12 respectivamente), diferencia debida al mayor aporte de los ácidos grasos ALA, CLA, y DPA hallados en la EAP respecto de EAC (Cuadro 16). Aunque los valores de la relación AGPI:AGS fueron menores al valor recomendado para consumo humano ($> 0,45$), la relación n-6:n-3 fue 1,71 para la EAP y 2,95 para EAC, en ambas EA los valores detectados estuvieron dentro de los niveles considerados saludables (4:1 o menor) (Simpolous *et al.*, 2008). Muchos autores reportaron valores más bajos en terminaciones pastoriles respecto de terminaciones con concentrado (Wood

y Enser, 1997; Fench *et al.*, 2000; Realini *et al.*, 2004b). Noci *et al.* (2005a). En general estos autores hallaron una disminución lineal en la relación n-6:n-3 con el incremento en la duración del pastoreo.

Cuadro 16. Efecto de la estrategia de alimentación sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* de novillos Angus terminados con 2 o 3 años de edad a faena

	EAP	EAC	EE	P
Acidos grasos				
C12:0, %	0,09	0,08	0,006	0,152
C14:0, %	2,27	2,33	0,02	0,619
C14:1, %	0,42	0,46	0,01	0,424
C15:0, %	0,41	0,38	0,010	0,011
C16:0, %	23,89	24,44	0,21	0,065
C16:1, %	2,73	2,78	0,07	0,147
C17:0, %	1,04	1,06	0,020	0,506
C18:0, %	16,50	15,48	0,23	0,003
C18:1 trans 11, %	2,27	1,56	0,07	0,001
C18:1 cis 9, %	35,39	37,82	0,330	0,001
C18:2 n-6, %	2,21	2,59	0,08	0,003
CLA cis 9 trans 11, %	0,42	0,26	0,01	0,001
C20:4 n-6, %	0,99	0,89	0,04	0,136
C20:5 n-3, %	0,43	0,37	0,06	0,510
C22:6 n-3, %	0,06	0,04	0,01	0,067
AGS, %	44,97	44,43	0,34	0,263
AGMI, %	42,63	44,62	0,35	0,002
AGPI, %	6,21	5,37	0,18	0,003
AGPI:AGS	0,14	0,12	0,01	0,019
AGPI n-6, %	3,81	3,91	0,13	0,577
n-6:n-3	1,71	2,95	0,07	0,001

EAP = Estrategia de alimentación con recría y terminación pastoril

EAC = Estrategia de alimentación con recría pastoril y terminación con concentrado

P = Efecto significativo ($P < 0,05$)

El Cuadro 17 muestra el efecto de la edad a faena sobre el perfil de los ácidos grasos, grupos y las relaciones AGPI:AGS y n-6:n-3 de la GI del músculo LD. La edad a faena no modificó el porcentaje de los ácidos grasos C12:0), pentadecaenoico C15:0, C17:0) y C18:1 trans-11 ($P \geq 0,455$). Por otro lado, los animales de 3 años de edad a faena tuvieron menor contenido de C18:0 ($P = 0,015$) y mayor de C16:0 ($P = 0,031$) respecto de los de 2 años de edad. Dado que estos dos ácidos grasos constituyeron aproximadamente el 90% del total de los AGS y que el incremento en el porcentaje del ácido C16:0 fue similar a la disminución en el ácido C18:0, no se detectaron diferencias significativas en el porcentaje total de AGS, ($P = 0,946$).

La proporción de los AGMI fue mayor en los animales faenados a los 3 años comparada con aquellos faenados a los 2 años de edad. Estos resultados coinciden con los hallados por Warren, *et al.* (2008a). La diferencia se podría atribuir al mayor contenido de ácido C18:1 cis 9 (componente mayoritario de los AGMI) asociado al mayor contenido de GI (42%) que tuvieron los animales de 3 años de edad a faena respecto de aquellos de 2 años. A medida que aumenta el contenido de GI aumenta la proporción de triglicéridos y disminuye la de fosfolípidos (Wood *et al.* 2008). Varios estudios (Wood *et al.*, 2004; Demirel *et al.*, 2004; Warren *et al.* 2008a) referidos al tipo de ácidos grasos que componen a los triglicéridos y a los fosfolípidos en el LD, tanto en cerdos como en ovinos y bovinos, han detectado mayor presencia del ácido C18:1 cis 9 en la fracción de triglicéridos comparada con la fracción de fosfolípidos.

Los novillos faenados a 3 años de edad tuvieron mayor contenido de los ácidos grasos C14:0, C16:0, C16:1 y CLA cis 9 trans 11 comparado con aquellos faenados a los 2 años. Estas diferencias se atribuyen a la deposición preferencial de estos ácidos grasos en la fracción de triglicéridos. Por su parte, los porcentajes de los ácidos grasos C18:2 n-6, C20:4 n-6, EPA y DHA fueron mayores en los animales de 2 años a faena comparado con aquellos de 3 años, debido a que, a diferencia de los anteriores, éstos se depositan preponderadamente en la fracción fosfolípida (Wood *et al.* 2008).

En relación al contenido de AGPI, AGPI n-6 y la relación AGPI:AGS en músculo, éstos fueron menores para los tratamientos de 3 años a faena respecto de aquellos de 2 años ($P = 0,001$; 4,60 y 6,98; 3,20 y 4,52; 0,10 y 0,16 respectivamente). En promedio, el porcentaje de AGPI y el de AGPI n-6 disminuyeron debido al mayor engrasamiento intramuscular que tuvieron los novillos de 3 años de edad a faena respecto de los de 2 años. Acorde con estos resultados, Raes *et al.* (2001) hallaron mayores proporciones de AGPI:AGS (0,5 – 0,7) en novillos de doble musculatura cuyo contenido graso no superó el 1% comparadas con relaciones AGPI:AGS (cercasas a 0,1) halladas en razas menos magras (Choi *et al.*, 2000; Scollan *et al.*, 2001; Piguin *et al.*, 2016).

También se detectaron efectos significativos sobre la relación n-6:n-3, los tratamientos de 2 años mostraron menores valores comparados con los tratamientos de 3 años, ($P = 0,001$; 2,20 y 2,50 respectivamente). Es de destacar que estos valores, en ambos tratamientos (2 y 3 años de

edad a faena), fueron beneficiosamente bajos, reflejando la considerable cantidad de los ácidos grasos saludables AGPI n-3 particularmente de C18:3 n-3; EPA, DPA y DHA.

Cuadro 17. Efecto de la edad a faena (2 o 3 años) sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de novillos Angus terminados bajo estrategias de terminación pastoril o concentrado.

Edad a faena, años	2	3	EE	P
C12:0, %	0,08	0,09	0,007	0,343
C14:0, %	2,20	2,39	0,05	0,019
C14:1, %	0,38	0,49	0,02	0,003
C15:0, %	0,39	0,39	0,01	0,752
C16:0, %	23,71	24,62	0,21	0,031
C16:1, %	2,58	3,04	0,07	0,001
C17:0, %	1,06	1,04	0,02	0,559
C18:0, %	16,41	15,58	0,23	0,015
C18:1 trans 11, %	1,96	1,89	0,07	0,453
C18:1 cis 9, %	35,05	38,16	0,33	0,001
C18:2 n-6, %	2,82	1,98	0,08	0,001
CLA cis 9 trans 11, %	0,32	0,39	0,01	0,001
C20:4 n-6, %	1,20	0,68	0,04	0,001
C20:5 n-3, %	0,56	0,24	0,06	0,002
C22:6 n-3, %	0,09	0,01	0,01	0,001
AGS, %	44,68	44,71	0,34	0,946
AGMI, %	41,8	45,45	0,35	0,001
AGPI, %	6,98	4,60	0,18	0,001
AGPI:AGS	0,16	0,10	0,01	0,001
AGPI n-6, %	4,52	3,2	0,13	0,001
n-6:n-3	2,20	2,50	0,07	0,001

Efecto significativo: $P < 0,05$

El Cuadro 18 muestra el efecto del periodo de maduración sobre el perfil de lípidos, grupos y las relaciones AGPI:AGS y n-6:n-3 de la GI el músculo LD. No se detectaron diferencias ($P \geq 0,075$) sobre las variables mencionadas debidas al período de maduración. Esta respuesta podría atribuirse a la ausencia de oxígeno (O_2) provocada por el envasado al vacío. Lagerstedt *et al.* (2011) compararon muestras de LD envasadas al vacío con muestras envasadas con atmósferas modificadas (MAP) con alta concentración de O_2 (80%) sobre las características sensoriales. Estos autores concluyeron que las muestras envasadas al vacío tuvieron mayor “flavor” comparadas con MAP.

Cuadro 18. Efecto del período de maduración sobre el perfil de lípidos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de novillos Angus de 2 y 3 años de edad a faena y terminados bajo las estrategias de alimentación pastoril o concentrado

Maduración, días	4	14	EE	P
C12:0, %	0,09	0,08	0,005	0,486
C14:0, %	2,31	2,28	0,05	0,678
C14:1, %	0,43	0,44	0,02	0,779
C15:0, %	0,40	0,39	0,01	0,303
C16:0, %	24,25	24,08	0,21	0,583
C16:1, %	2,80	2,81	0,07	0,891
C17:0, %	1,06	1,04	0,02	0,503
C18:0, %	16,06	15,93	0,23	0,700
C18:1 trans-11, %	1,96	1,89	0,07	0,473
C18:1 cis-9, %	36,63	36,58	0,33	0,902
C18:2 n-6, %	2,31	2,48	0,08	0,162
C18:3 n-3, %	0,70	0,71	0,05	0,874
CLA c9t11, %	0,34	0,36	0,01	0,210
C20:4 n-6, %	0,89	1,00	0,04	0,103
C20:5 n-3, %	0,35	0,45	0,06	0,193
C22:5 n-3, %	0,58	0,64	0,04	0,401
C22:6 n-3, %	0,05	0,05	0,01	0,569
AGS, %	44,82	44,57	0,34	0,606
AGMI, %	43,72	43,53	0,35	0,701
AGPI, %	5,6	5,98	0,18	0,164
AGPI:AGS	0,13	0,13	0,01	0,217
AGPI n-6, %	3,76	3,97	0,13	0,252
AGPI n-3, %	1,79	1,97	0,09	0,157
n-6:n-3	2,35	2,31	0,61	0,075

Efecto significativo: $P < 0,05$

IV – CONCLUSIONES

El objetivo general de esta tesis fue evaluar las interacciones entre la estrategia de alimentación, la edad y el período de maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne con el propósito de mejorar el diseño de modelos de producción de carne bovina con atributos de calidad definidos. Las conclusiones que se derivan de este trabajo de investigación se exponen a continuación:

1. – El peso de la canal y el rendimiento variaron con la estrategia de alimentación (cría y terminación pastoril versus cría pastoril y terminación en confinamiento, con una dieta concentrada), presentando los animales finalizados en el corral un mayor peso de canal y

rendimiento. Este efecto fue independiente de la edad de sacrificio (2 vs 3 años) que también influyó en el peso de la canal siendo superior en los animales de 3 años. Los animales de 3 años terminados en confinamiento tuvieron mayor índice de conversión comparado con aquellos de 2 años de edad al sacrificio.

2. – El efecto de la interacción entre estrategia de alimentación y edad a faena no fue significativo para las propiedades físicas (espesor de grasa dorsal, área de ojo de bife, dureza de la carne, pérdidas de agua por cocción y color) y químicas (composición química proximal) evaluadas, a excepción del perfil de ácidos grasos de la carne. En este caso, los porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados omega-3, ácido grasos linolénico y eicosapentaenoico fueron superiores en la carne proveniente de los animales con terminación pastoril, comparados con aquellos de confinamiento., pero tales diferencias fueron menores en los tratamientos de 3 años respecto de los de 2 años de edad a faena

3. – La edad de sacrificio de los novillos influyó en el perfil de ácidos grasos, aumentando la proporción de ácidos grasos monoinsaturados, en especial el ácido oleico y disminuyendo la proporción de todos los ácidos grasos poliinsaturados determinados (linoleico, alfa linolénico, araquidónico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico) al aumentar la edad. Este efecto no fue modificado por el tiempo de maduración de la carne.

4. – El sistema de alimentación influyó en la resistencia al corte de la carne, presentando los animales criados y terminados en pastoreo una carne de mayor resistencia al corte, menos brillante y más roja comparada con aquellos criados en pastoreo y finalizados en confinamiento con dieta concentrada, efecto que no fue diluido por el período de maduración.

A la luz de los resultados del presente estudio, sería interesante corroborar los efectos observados en animales faenados con menos de 2 años de edad, como aquellos de edad intermedia entre las aquí exploradas. Sería relevante también explorar posibles interacciones considerando biotipos o razas.

V – BIBLIOGRAFÍA

- Agullo, F.; Centurion, M.E.; Ramos, V. y Bianchi, M.A. (1990). Determination of total pigments in red meats. *J. Food Sci.* 55, 250 – 251.
- Aldai, N.; Dugan, M.E.R.; Kramer, J.K.G.; Martinez, A.; Lopez Campos, O.; Mantecon, A.R. y Osoro, K. (2011). Length of concentrated finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: An emphasis on trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles. *Animal* 5:10), 1643-1652.
- Almada, C.A.; Bonato, P.I.; Carduza, F.; Cossu, M.E.; Grigione, G.M.; Irrueta, M.; Perlo, F.; Picallo, A.B. y Teira, G. (2011). Manual de Procedimientos. Determinación de los parámetros de calidad física y sensorial de Carne Bovina. INTA-UBA-UN Luján-UNNER. Ed. INTA. ISBN 978-987-679-086-4.
- AMSA. (1995). Reseach guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Natl. Livest. Meat Board, Chicago, II.
- Andersen, H.J.; Oksbjerg, N.; Young, J.F. y Therkildsen, M. (2005). Feeding and meat quality - a future approach. *Meat Sci.* 70, 543-554.
- AOAC. (1998). Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. of Off. Anal. Chem., Arlington, VA
- AOAC. (2000). Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. of Off. Anal. Chem., Washington, DC
- AOAC. (2005). Official methods of analysis. 18th ed. 4th supplement, Arlington, VA, USA.
- Bailey, A. J., Paul, R. G. y Knott, L. (1998). Mechanisms of maturation and ageing of collagen. *Mechanisms of Ageing and Development* 106, 1-56.
- Barceló-Coblijn, G. y Murphy, E. J. (2009). Alpha linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 levels. *Progress in Lipid Research.* 48:6, 355—374.
- Bauman, D.E.; Baumgard, L.H.; Corl, B.A. and Griinari, J.M. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.* 1-15.
- Bennett, L.L.; Hammond, A.C; Williams, M.J.; Kunkle, W.E.; Johnson, D.D.; Preston, R.L. y Miller, M.F. (1995). Performance, carcass yield, and carcass quality characteristics of steers finished on rhizome peanut (*Arachis glabrata*)-tropical grass pasture or concentrate. *J. Anim. Sci.* 73, 1881–1887.

- Beriain, M.J.; Goñi, M.V.; Indurain, G.; Sarriés, M.V. y Insausti, K. (2009). Predicting Longissimus dorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post mortem color measurements on the carcass as a color stability index. *Meat Sci.* 81, 439-445.
- Bidner, T. D., Schupp, N. R., Mohamad, A. B., Rumore, N. C., Montgomery, R. E., Bagley, C. P. y Mc Millin, K. W. (1986). Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford-Brahman steers finished on all forage or high energy diet. *J. Anim. Sci.* 62, 381-387.
- Bouton, P.E.; Ford, A.I.; Harris, P.V.; Shorthose, W.R.; Ratcliff, D. y Morgan, J.H.L. 1978. Influence of animal age on the tenderness of beef muscle differences. *Meat Sci.* 2, 301-311.
- Bratzler, L.J. (1932). M.S. Thesis, Kansas State Collage 1932.
- Bruce, H.L.; Stark, J.L. y Beilken, S.L. (2004). The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steers carcasses. *Meat Sci.* 67: 2, 261-268.
- Calkins, C. R.; Seideman, S.C. y Crouse, J.D. (1987). Relationship between rate of growth, catheptic enzymes and meat palatability in Young Bulls. *J. Anim. Sci.* 64: 1448-1457
- Campo, M.M., Sañudo, C., Panea, B., Alberti, P. y Santolaria, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Sci.* 54, 383-390.
- Choat, W.T., Krehbiel, C.R., Duff, G.C., Kirksey, R E., Lauriault, L.M., Rivera, J.D., Capitan, B. M, Walker, D.A., Donart, G.B., y Goad, C.L. (2003). Influence of grazing dormant native range or wheat pasture on subsequent finishing cattle performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 81, 3191-3201.
- Choat, W.T.; Paterson, J.A.; Rainey, B.M.; King, M.C.; Smith, G.C.; Belk, K.E. y Lipsey, R.J. (2006). The effects of cattle sex on carcass characteristics and longissimus muscle palatability. *J. Anim. Sci.* 84, 1820-1826.
- Choi, N.J.; Enser, M; Wood, J.D. y Scollan, N.D. (2000). Effect of breed on deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Meat Sci.* 55, 201-212.
- CICCRA. Cámara de la industria y comercio de carnes y derivados de la república argentina. (2016). Home page. www.cicra.com; Acceso 20 de junio de 2016.
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). (1976). Official recommendations on uniform color space, color difference equations and metric color terms, Suppl.Nº2. CIE Publication Nº15 Colorimetry. Paris.
- Corl, B.A.; Barbano, D.M.; Bauman, D.E. y Ip, C. (2003). Cis 9, trans 11 CLA derived endogenously from trans -11 18:1 reduce cancer risk in rats. *J. Nutrition* . 133, 2893-2900.
- Crosley, R.I.; Heinz, P.H. y Bruyn, J.F. (1995). The relationship between beef tenderness and age

- classification of beef carcasses in South Africa. Meat Symp., Pretoria, South Africa. 57-66.
- Crouse, J.D. y Seideman, S.C. (1984 a). Effects of high temperature conditioning on beef from grass or grain fed cattle. *J. Food Sci.* 49, 157 – 160.
- Crouse, J.D.; Cross, H.R. y Seideman, S.C. (1984 b). Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *J. Anim Sci.* 58, 619 – 625
- Crouse, J.D.; Seideman, S.C. y Cundiff, L.V. (1987). The effects of carcass electrical stimulation on meat obtained from *Bos indicus* and *Bos Taurus* Cattle. *J. Food Qual. Sci.* 10, 407.
- Daley, C.A.; Abbot, A.; Doyle, P.S.; Nader, A.G- y Larson, S. (2010). A review of fatty acids profile and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutritional Journal*: 9, 10.
- De Smet, S.; Raes, K. y Demeyer, D. (2004) Meat fatty acid composition as affected by fattness and genetic factors: a review. *Anim. Research.* 53, 81-98
- Demirel, G.; Wachira, A.M.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G.; Wood, J.D. y Enser, M. (2004). Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue. *British J. of Nutrition.* 91, 551-565.
- Descalzo, A. M., Insani, E. M., Biolatto, A., Sancho, A. M., García, P. T., N. A. Pensel, N. A., et al. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70, 35-44.
- Destefanis, G., Brugiapaglia, A.; Barge M.T. y Dal Molin E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner Bratzler shear force. *Meat Sci.* 78, 153-156.
- Drasfield, E. (1994). Optimization of tenderization, ageing and tenderness. *Meat Sci.* 36, 461-463.
- Duckett, S.K.; Wagner, D.G.; Yates, L.D.; Dolezal, H.G. y May, S.G. (1993). Effects of time on feed on beef nutrient composition. *J. Anim. Sci.* 71, 2079-2088.
- Duckett, S.K.; Neel, J.P.S.; Sonon, Jr., R.N.; Fontenot, J.P.; Clapham, W.M. y Scaglia, G. (2007). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: II. Ninth tenth eleventh-rib composition, muscle color, and palatability. *J. Anim. Sci.* 85, 2691-2698.
- Duckett, S.K.; Neel, J.P.S.; Fontenot, J.P. y Clapham, W.M. (2009). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *J. Anim. Sci.* 87, 2961-2970.
- Duckett, S.K.; Neel, J. P.S.; Lewis, J.P.; Fontenot, J. P., y Clapham, W.M. (2013). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *J. Anim. Sci.* 91, 1454-1467.

- Dunne, P.G., O'Mara, F.P., Monahan, F.P. y Molones, A.P. (2006). Changes in color characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 74, 231-241.
- Elmore, J.S.; Warren, H.E.; Mottram, D.S.; Scollan, N.D.; Enser, M.; Richardson, R.I. y Wood, J.D. (2004). A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Frisian steers fed diets based on silage or concentrates. *Meat Sci.* 68, 27-33.
- Enser, M., Hallett, K.G.; Hewett, B.; Fursey, G.A.J.; Wood, J.D. y Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Sci.* 49, 329-341.
- Faucinato, L.; Chouinard, P.Y.; Fortín, J.; Mandell, I.B.; Lafreniere, C.; Girard, C.L. y Berthiaume, R. (2008). Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or gain –forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acids composition, and overall palatability. *J. Anim. Sci.* 86, 1678-1689.
- Faustman, C. y Cassens, R.G. (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat. A review. *J. of Muscle Food.* 1, 217-243
- Feldhusen, F.; Warnataz, A.; Erdmann, R. y Wenzel, S. (1995). Influence of storage time on parameters of color stability on beef. *Meat Sci.* 40, 235-243
- Field, R.; McCormick, R.; Balasubramanian, V.; Sanson, D.; Wise, J.; Hixon, D.; Riley, M. y Russell, W. (1996). Growth, carcass and tenderness characteristics of virgin, spayed, and single calf heifers. *J. Anim. Sci.* 74, 2178-2186.
- Fishell, V.K.; Aberle, E.D.; Judge, M.D. y Perry, T.W. (1985). Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci.* 61, 151-157.
- Foegeding, E.A.; Lanier, T.C. y Hulting, H.O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. In O.R. Fennema (Ed) *Food chemistry* (pp 879-942). New York: Marcel Dekker Inc.
- French, P.; Stanton, C.; Lawless, F.; O'riordan, E.G.; Monahan, F.J.; Caffrey, P.J. y Moloney, A. P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78, 2849-2855.
- French, P.; O'Riordan, E.G.; Monahan, F.J.; Caffrey, P.J.; Mooney, M.T.; Troy, D.J. y Moloney, A.P. (2001). The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Sci.* 57:4, 379-386.

- Frenoux, J.R.; Prost, E.D.; Belleville, J.L. y J.L.: Prost. (2001). A polyunsaturated fatty acids diet lowers blood pressure and improves antioxidant status in spontaneously hypertensive rats. *J. Nutrition* 131, 39-45.
- Gallinger, M.M.; Marcelia, M; Gonzalez, C. y Lasta, J. (1993). Evaluación en cruza Brangus de características sensoriales, bioquímicas y reológicas en músculos sin y con maduración. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 13(1), 79-80.
- García, P. T., Pensel, N., Margaría, C.A., Rosso, O. y Casal, J. J. (2003). Serum steer fatty acid as indicators of grass or grain based diets. *Fleishwirtschaft. International* 2, 42-44.
- García, P. T., Pensel, N. A., Sancho, A. M., Latimori, N. J., Kloster, A. M., Amigone, M. A. y Casal, J. (2008). Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *J. Meat Sci.* 79, 500-508.
- García, P.T. y Casal, J.J. (1993). Argentine beef lipids. *Fleischwirtschaft.* 73, 755-758.
- Gatellier, P.; Mercier, Y.; Juin, H. y Renerre, M. (2001). Effect of a dietary vitamin E supplementation on color stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci.* 59, 133-140.
- Gatellier, P.; Mercier, Y.; Juin, H. y Renerre, M. (2004). Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. *Meat Sci.* 67, 385-394
- Geay, Y.; Bauchart, D.; Hocquette, J.F.; Culioli, J. (2001). Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev.* 41, 1-2
- Gerrard, D.E. y Grant, A.L. (2006). Principles of animal growth and development. Kendall/Hunt Publishing Company, ISBN =0-7872-9147. p 220.
- Gonzalez, C.B.; Pazos, A.A.; Salito, V.A.; García, P.T. y Lasta, J.A. (2003). Cattle feeding on pasture. Tenderness differences between *Bos indicus*, *Bos taurus* and *Bos indicus* x *Bos taurus*. *Ev. Arg. Prod. Anim.* 23(2), 111-118.
- Guillemin, N.; Cassar-malek, I.; Hocquette, J.F.; Jurie, C.; Mico, D.; Listrat, A.; Leveziel, H.; Renand, G. y Picard, B. (2009). La maîtrise de la tendreté de la viande bovine: Identification de marqueurs biologiques. *INRA Prod. Anim.* 22:4, 331-344.
- Gundy, S.M. (1994). Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long-chain fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.* 60, 986-990.
- Hayek, M.G.; Han, S.N.; Wu, D.; Watkins, B.A.; Meydani, M.; Dorsey, J.L.; Smith, D.E. y Meydani, S.N. (1999). Dietary conjugated linoleic acid influences the immune response of young and old C57BL/6NCrlBR mice. *J. Nutr.* 129, 32-38.

- Hersom, H.B.; Horn, G.W.; Krehbiel, C.R. y Philips, W.A. 2004. Effect of live weight gain fo steers during winter grazing: I, Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.*82: 262-272
- Higgs, J. D. (2000). The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science and Technology* 11, 85-95
- Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Food Sci.* 31:161.
- Hilton, G.G.; Tatum, J.D.; Williams, S.E.; Belk, K.E.; Williams, F.L.; Wise, J.W. y. Smith, G.C. (1998). An evaluation of current and alternative systems for quality grading carcasses of mature slaughter cows. *J. Anim. Sci.* 76:2094-2103.
- Hiner, R.L. y Hankins, O.G. (1950). The tenderness of beef in relation to different muscle and age in the animal. *J. Anim. Sci.* 9, 347-353.
- Hocquette, J.F.; Botreau, R.; Picard, B. Jacquet, A.; Pethick, D.W. y Scollan, N. (2012) Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Sci.* 92, 197-209
- Hodgson, R.R.; Belk, K.E.; Savell, J.W.; Cross, H.R. y Williams, F.L. (1992). Development of a quantitative quality grading system for mature cow carcasses. *J. Anim. Sci.* 70, 1840-1847.
- Hood, D.E. (1980). Factors affecting the rate of metamyoglobine accumulation prepackaged beef. *Meat Sci.* 4, 247 – 265.
- Hu, F.B., Manson, J.E. y Willett, W.C. (2001). Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* 20, 5-19.
- Immonen, K.; Ruusumen, M.; Hissa, K. y Puolanne, E. (2000). Bovine muscle glycogen concentration in relation finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sci.* 55, 25-31.
- Ip, C; Chin, S.F.; Scimeca, J.A. and Pariza, M.W. (1991). Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.* 51, 6118-6124.
- Ip, C.; Singh, M.; Thompson, H.J. Scimeca, J.A. (1994). Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.* 54, 1212-1215.
- Ip, C.; Briggs, S.P.; Haegele, A.D.; Thompson, H.J.; Storkson, J. y Scimeca, J.A. (1996). The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. *Carcinogenesis.* 17, 1045-1050.
- Irurueta, M., A. J. Pordomingo, G. Grigioni, F. Carduza, A. B. Pordomingo, y G. Volpi Lagreca. (2007). Effects of pasture grazing vs feedlot Feeding on meat quality of young steers. Congress proceedings (Abstrs.) 53 International Congress of Meat Sci. Beijing. 1267

- Jakobsen, M. y Bertelsen, G. (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Sci.* 54, 49-57
- Jeremiah, L.E.; Dugan, M.E.R.; Aalhus, J.L. y Gibbison, L.L. (2003). Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci.* 65 (3), 1013-1019.
- Kanner, J. (1992). Mechanism of nonenzymic lipid peroxidation in muscle foods. In St. Angelo, A.J. (Ed). *Lipid oxidation in food*. ACS Symposium Series 500. W, DC. 55-73.
- Kepler, C.R.; Hirons, K.P.; McNeill, J.J. and Tove, S.B. (1966). Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 241, 1350-1354.
- Kepler, C.R. y Tove, S.B. (1967). Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.* 242, 5686-5692.
- Kris-Etherton, P.M. (1999). AHA Science advisory: Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. American Heart Association. 2280-2284.
- Kris-Etherton, P.M.; Griel, A.E., Psota, T.L. et al. (2005). Dietary stearic acid and risk of cardiovascular disease: intake, sources, digestion and absorption. *Lipids* 40, 1193-1200.
- Kritchevsky, D. (2000). Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *British Journal of Nutrition* 83, 459-465.
- Lagerstedt, A.; Lundstrom, K. Lindahl, G. (2011). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packing on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks after different ageing times. *Meat Sci.* 87, 101-106.
- Latimori, N.J.; Kloster, A.M.; García, P.T.; Carduza, F.J.; Grigioni, G. y Pensel, N.A. (2008). Diet and genotype effects on the quality index of beef produced in the Argentine Pampean region. *Meat Sci.* 79, 463-469.
- Lawrence, T.E.; Whatley, J. D.; Montgomer, T. H.; Perino, L. J. y M. E. Dikeman, M. E. (2001). Influence of dental carcass maturity classification on carcass traits and tenderness of longissimus steaks from commercially fed cattle. *J. Anim. Sci.* 79, 2092–2096
- Ledward, D.A. (1970). Metamyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. *J. Food Sci.* 35, 33-36
- Leheska, J.M.; Thompson, L.D.; Howe, J.C.; Hentges, E., Boyce, J.; Brooks, J.C. (2008) Effects of conventional and grass feeding systems on the nutrient composition of beef. *J. Anim. Sci.* 86: 12, 3575-3585.

- Leonard, A.E.; Perira, S.L.; Sprecher, H. y Huang, Y.S. (2004). Elongation of long-chain fatty acids. *Progressin Lipid Res.* 43, 36-54
- Lian, T.; Wang, L. y Liu, Y. (2013). A New insight into the role of calpains in post-mortem meat tenderization in domestic animals. A review. *J. Anim. Sci.* 26:3, 443-454.
- Lizaso, G. (1998). Calidad de carne de ternera de las razas Pirenaica y Frisona. Ph Dissertation. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, Spain
- Lopez-Huertas, E. (2010). Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacological Res.* 61:3, 200-207.
- Lorenz, S.; Buettner, A.; Ender, K.; Nürnberg, G.; Papstein, H.J.; Schieberle, P. y Nürnberg, K. (2002). Influence of keeping system on the fatty acid composition in the longissimus muscle of bulls and odorants formed after pressure-cooking. *Eur. Food Res. Technol.* 214, 112-118.
- Lunn, J. y Theobald, H.E. (2006). The health effects of dietary unsaturated acids. *Nutrition Bulletin* 31, 178-224
- MAFF, Ministry of Agriculture Fisheries and Food. (1998). Fatty acids. Supplement to McCance and Widdowson's. The composition of foods. HMSO, London
- Mancini, R.A.I. y Hunt, M.C. (2005). Current research in meat color. *Meat Sci.* 71, 100-121.
- Mandell, I.B. Gullet, E.A.; Buchanan-Smith, J.G. y Campbell, C.P. (1997). Effects of diet and slaughter endpoint on carcass composition and beef quality in Charolais cross steers. *J. Anim. Sci.* 77, 403-414.
- Mandell, I.B.; Buchanan-Smith, J.G. y Campbell, C. P. (1998). Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *J. Anim. Sci.* 76, 2619-2630.
- Martin S.A. y Jenkins, T.C. (2002). Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *J. Anim. Sci.* 80, 3347-3352.
- Mazzucco, J.P.; Melucci, L.M.; Villareal, E.L.; Mezzadra, C.A.; Soria, L.; Corva, P.; Motter, M.M.; Schor, A. y Miquel, M.C. (2010). Effect of ageing and u-markers on meat quality from Brangus stress finished on pasture. *Meat Sci.* 86, 878-882.
- Mc Cormick, R. J. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Sci.* 36, 79-91.
- Mc Cormick, R. J. (1999). Extracellular modifications to muscle collagen: implications for meat quality. *Poultry Sci.* 78, 785-791.
- Mc Dougall, D.B. (1982). Changes in the color and opacity of meat. *Food Chem.* 9, 75-88.

- Mc Guire, M.A. y Mc Guire, M.K. (2000). Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. Idaho Agric. Exp. Statios N° 00A02.
- Melody, J.L.; Lonergan, S.M; Rowe, L.J.; Huiatt, T.W.; Mayes, M.S.; Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water holding capacity of three porcine muscles. *J Anim. Sci.* 82, 1195–1205.
- Mensink, R.P. (2005). Effects of stearic acid on plasma lipid and lipoproteins in humans. *Lipids* 40, 1201-1205
- Miles, L. y Caswell, H. (2008). Advancing beef safety and quality: ProSafeBeef. *Nutrition Bulletin* 33, 140-144
- Mitchel, G.E.; Reed, A.W. y Rogers, S.E. (1991). Influence of feeding regimen on the sensory qualities and fatty acids contents of beef steaks. *J Food. Sci.* 56, 1102-1106
- Moloney, A.P.; Keane, M.G.; Mooney, M.T.; y Troy, D.J. (2000). Fat deposition and muscle tenderness in steers with different patterns of concentrate consumption. In *In Proceedings of Agricultural Research, Forum* (pp. 107-188). Dublin, Republic of Ireland: Teagasc.
- Monahan, F.J. (2000). Oxidation of lipids in muscle foods: Fundamental and applied concerns. In E.A.; Decker, C. Faustman, y Lopez Bote C.J. (Eds), *Antioxidants in muscle foods*. 3-23. NY: Wiley.
- Monson, F., Sañudo, C. y Sierra, I. 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 68:595-602.
- Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimoyo, M.; Strydom P.E.; Hugo. A. y Raats, J.G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry* 112, 279-289
- Muir, P.D.; Wallace, G; Dobbie, P. M. y Bown, M.D. (2000). A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford x Friesian and Friesian steers grazed together at pasture. *New Zealand J. Agricultural Research*, 43, 193–205.
- Neel, J.P.S.; Fontenot, J.P.; Clapham, W.M.; Duckett, S.K.; Felton, E.D.; Scaglia, G., y Bryan, W.B. (2007). Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: I Animal Performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85, 2012-2018.
- Nicolosi, R.J.; Wilson, T.A.; Lawton, C. y Handelman G.J. (2001). Dietary effects on cardiovascular disease risk factors: beyond saturated fatty acids and cholesterol. *J. of the American College of Nutrition.* 20:5, 421 – 427.
- Noci, F.; Monahan, F.J.; French, P. y Moloney, A.P. (2005a). The fatty acid composition of muscle

- fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers: Influence of the duration of grazing. *J. Anim. Sci.* 8, 1167-1178.
- Noci, F., O'Kiely, P., Monahan, F. J., Stanton, C. y Moloney, A.P. (2005b). Conjugated linoleic acid concentration in *M. longissimus dorsi* from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Sci.* 69, 509-518.
- Nowak, D. (2011). Enzymes in tenderization of meat - The system of calpains and other systems - a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 61, 231-237.
- NRC, National Research Council. (1996). Nutrient Requirements of beef cattle. National Academy Press. 7th Ed. Washington, D.C.
- Nuernberg, K.; Nuernberg, G.; Ender, K.; Lorenz, S.; Winkler, K.; Rickert, R. and Steinhart, H. (2002). n-3 fatty acids and conjugated linoleic acids of longissimus muscle in beef cattle. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104, 463-471.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N. D., Wood, J. D., Nute, G. R. y Richardson, R. I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livest. Prod. Sci.* 94, 137-147.
- O'Quinn, T.G., Brooks, J.C.; Polkinghorne, R.J.; Garmyn, A.J.; Johnson, B.J.; Starkey, J.D.; Rathmann, R.J. y Miller, M.F. (2012). Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. *J. Anim. Sci.* 90:2, 626-634.
- O'Connor, S.F.; Tatum, J.D.; Wulf, D.M.; Green, R.D. y Smith, G.C. (1997). Genetics effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 75, 1822-1830.
- Okumura, T.; Saito, K.; Nade, T.; misumi, S.; Masuda, Y., Sakuma, H.; Nakayama, S.; Fujita, K. y Kawamura, T. (2007). Effects of intramuscular fat on the sensory characteristics of *M. longissimus dorsi* in Japanese Black steers as judged by trained analytical panel. *J. Anim. Sci.* 20: 4, 577-581
- Oliete, B.; Carballo, J.A.; Varela, A.; Moreno, T.; Minserrat, L. y Sanchez, L. (2006). Effect of weaning status and storage time under vacuum upon physical characteristics of meat of the Rubia Gallega breed. *Meat Sci.* 73, 102-108.
- Ouali, A. (1990). Meat tenderization: Possible causes and mechanisms. A review. *J. of Muscles Foods.* 1, 129-165.
- Ouali, A.; Herrera – Mendez, C.H.; Coulis, G.; Becila, S.; Boudjellal, A.; Aubry, L. y Sentadreu, M.A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms.

- Meat Sci. 74, 44-58.
- Pariza, M.W., Park, Y., y Cook, M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress Lipid Res.* 40, 283-298.
- Park, P.W. y Goins, R.E. (1994). In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in food. *J. Food Sci.* 59, 1262-1266
- Pavan, E. y Duckett, S. (2008). Corn oil o corn grain supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. effects on in vivo digestibility, performance and carcass traits. *J. Anim Sci.* 86, 3215-3223
- Peluffo Frisch, M. y Monteiro, M. (2002). Terneza: una característica a tener en cuenta. (Instituto Plan Agropecuario Uruguay. On line: www.planagro.com.uy, p.4.
- Perry, D. y Thompson, J.M. (2005). The effect of growth rate during backgrounding and finishing on meat quality traits in beef cattle. *Meat Sci.* 69, 691-702.
- Pethick, D.W.; Harper, G.S.; y Oddy, V.H. (2004). Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 44:7, 705-715.
- Pethick, D.W.; Barendse, W.; Hocquette, J.F.; Thompson, J. M. y Wang, Y.H. (2007). Regulation of marbling and body composition. Growth and development, gene markers and nutritional biochemistry. In E. Publication (Ed). *Energy and protein metabolism and nutrition.* 124, 75-88.
- Picard, B., Jurie, C., Bauchart, D., Dransfield, E., Ouali, A., Jailler, R., Lepetit, J., Culioli, J. (2007). Muscle and meat characteristics from the main beef breeds of the Massif Central. *Sci. Alim.* 27:2, 168-180.
- Piedrafita, J.; Quintanilla, R.; Sañudo, C.; Olleta, J.L.; Campo, M.; Panea, B.; Renand, G.; Turin, F.; Jabet, S.; Osoro, K.; Oliván, M.; Noval, G.; García, G.; García, M.; Oliver, m.; Gispert, M.; Serra, X.; Espejo, M.; García, S.; López, M.; Izquierdo, M. (2003). Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the South west of Europe in their typical production systems. *Livestock Prod. Sci.* 82:1, 1-13.
- Pighin, D.; Pazos, A.; Chamorro, V.; Paschetta, F.; Cunzolo, S.; Godoy, F.; Messin, V.; Pordomingo, A.J. y Grigione, G. (2016). A contribution of beef to human health: A Review of the role of the animal production systems.
<http://www.hindawi.com/journals/tswj/2016/8681491/cta/>

- Pischon, T., Hankinson, S.E., Hotamisligil, G.S., Rifai, N., Willett, W.C. y Rimm, E.B. (2003). Habitual dietary intake of n-3 and n-6 fatty acids in relation to inflammatory markers among US men and women. *Circulation*. 108, 155-160.
- Pordomingo, A.J., Volpi Lagreca, G.; Miranda, A.; García, P.T. y Grigione, G. (2005). Efectos del nivel de fibras dietas de corral sobre el ritmo de engorde y parámetros de calidad de carnes de vaquillonas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 25:1, 67-68
- Pordomingo, A.J.; Grigioni, G.; Irueta, M.; Carduza, F.; Pordomingo, A. B. y Volpi Lagreca, G. (2007). Efecto de la alimentación sobre el crecimiento y las características organolépticas de la carne de novillitos en pastoreo o en confinamiento. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27(1), 378-379.
- Pordomingo, A.J., Grigioni, G., Carduza, F. y Volpi Lagreca, G. (2012a). Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. animal performance and physical characteristics of beef. *Meat Sci.* 90, 939-946.
- Pordomingo, A.J., García, T.P. y Volpi Lagreca, G. (2012b). Effect of feeding system during backgrounding of pasture finished heifers on tissue proximate composition, fatty acid, and cholesterol content. *Meat Sci.* 90, 947-955.
- Pordomingo, A.J.; Pordomingo, A.B., Babinec, F.J.; Grigioni, G.; Carduza, F. y García, P.T. (2013). Finishing on small-grain winter annuals or alfalfa pasture: effects on animal performance, carcass traits and quality of beef. *Avances en calidad de carne bovina. Implicancias de la alimentación, la genética y el manejo.* 92, 151-157.
- Priolo, A., Micol, D. y Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat color and flavor. A review. *Anim. Research.* 50, 185-200.
- Purslow, P.P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 70, 435-447.
- Raes, K., De Smet, S. y Demeyer, D. (2001). Effect of double muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acids composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids. *Anim. Sci.* 73, 253-260.
- Raes, K., Haak, L., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D. y De Smet, S. (2004a). Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-muscled Belgian Blue young Bulls. *Meat Sci.* 66, 307-315.
- Raes, K., De Smet, S. y Demeyer, D. (2004b). Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 113, 199-221.

- Reagan, J.O.; Carpenter, J.A.; Bauer, F.T. y Lowrey, R.S. (1977), Packaging and palatability characteristics of grass and grass-grain fed beef. *J.Anim.Sci.*45, 716-721
- Realini, C.E.; Duckett, S.K. y Windham, W.R. (2004a). Effect of vitamin C addition to ground beef from grass-fed or grain-fed sources on color and lipid stability and prediction of fatty acid composition by near-infrared reflectance analysis. *Meat Sci.* 68, 35-43
- Realini, C.E.; Duckett, S.K.; Brito, G.W.; Dalla Rizza, M. y de Mattos, D. (2004b). Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66, 567-577.
- Renner, M. (1986). Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de viande bovine. *Bulletin Techniquel/Centre de Recherches zootechniques et veterinaires de Theix, INRA.* 65, 41- 48.
- Renner, M. (1990). Review: factors involved in the discoloration of beef meat. *J. Food Sci.* 25, 613-630.
- Roberts, S.D.; Kerth, C.R.; Braden, K.W.; Rankins, Jr. D.L.; Kriese-Anderson, L. y Prevatt, J.W. (2009). Finishing steers on winter annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) with varied levels of corn supplementation 1: Effects on animal performance, carcass traits and forage quality. *J. Anim. Sci.* 87:2690–2699.
- Rodríguez, R., Irurueta, M. y Vaudagna, S. (2013). Tecnologías transversales del procesamiento de alimentos. Calidad integral. En, Estado del arte y tendencias de la ciencia y tecnología del procesamiento de alimentos. Serie Documentos de Trabajo N°3 (pag.50-59). Norma Pensel (Compilador). Proyecto MinCyT-BIRF Estudios del Sector Agroindustria. Programa para Promover la Innovación Productiva y Social. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina.
- Russo, G.L. (2009). Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology.* 77:6, 937-946.
- Salter, A.M. (2013). Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal,* 7, 163-171.
- SAS. (1999). SAS User's Guide: Statistics (Version 8). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 3884 p.
- Savell, J.W., Cross, H.R. y Smith, G.C. (1986). Percentage ether extractable fat and moisture content of beef longissimus muscle as related to USDA marbling score. *J. Food Sci.* 51, 838.
- Savell, J.W.; Branson, R.E.; Cross, H.R.; Stiffler, D.M., Wise, J.W.; Griffin, D.B. y Smith, G.C.

- (1987). National Consumer Retail Beef Study: Palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. *J. Food Sci.* 52, 517–519.
- Savell, J.W., Cross, H.R., Francis, J.J., Wise, J.W., Hale, D.S., Wilkes, D.L. y Smith, G.C. (1989). National Consumer Retail Beef Study: Interaction of trim level, price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. *J. Food Quality.* 12, 251–274.
- Schor, A.; Cossu, M.E.; Picallo, A.; Martinez Ferrer, J.; Grigera Naón, J.J. y Colomabatto, D. (2008). Nutritional and eating quality in Argentinean beef: A Review. *Meat Sci.* 79, 408-422.
- Scollan, N.D.; Choi, N.J.; Kurt, E.; Fisher, A.V.; Enser, M. y Wood, J.D. (2001). Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British J. Nutr.* 85, 115-124.
- Scollan, N.; Hocquette, J.F.; Nuernberg, K. Dannenberg, D.; Richardson, I. y Moloney, A. (2006). Innovations in beef production system that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 7, 17-33
- Scollan, N.D.; Dannenberger, D.; Nuernberg, K.; Richardson, I.; MacKintosh, S.; Hocquette, F. y Moloney, A.P. (2014). Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 97, 384-394.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M. y Wheeler, T.L. (1995). Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. *J. Anim. Sci.* 73, 3304-3309
- Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Meade, M.K.; Reagan, J.O.; Byrnes, B.L.; Koohmaraie, M. (2001). Consumer impressions of tenderness select beef. *J. Anim. Sci.* 13, 400-421.
- Shingfield, K.J.; Bonnett, M., y Scollan, N. D. (2013). Recent developments in altering the fatty acids composition of ruminant-derived foods. *Animals*, 7, 132-162
- Shorthose, W.R. y Harris, P.V. (1990). Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J. Food Sci.* 55, 1-14
- Simonne, A. H., Green, N. R., & Bransby, D. I. (1996). Consumer acceptability and beta-carotene content of beef as related to cattle finishing diets. *J. Food Sci.* 61, 1254-1257.
- Simopoulos, A.P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54:3, 438-463.
- Simopoulos, A.P. (2004). Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International.* 20, 77-90.
- Simopoulos, A.P. (2008). The importance of omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic disease. *Exp. Biol. Med.* 233, 674-688

- Siri-Tarino, P.W.; Sun, Q.; Hu, F.B. y Krauss, R.M. (2010). Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91 (3), 535-546.
- Stanisic, N.; Petricevic, M.; Zivkovic, D.; Petrovic, M.M.; Ostojic-Andric, D.; Aleksic, S. y Stajic, S. (2012). Changes of physical-chemical properties of beef during 14 days of chilling. *Biotechnology in Animal Husbandry* 28:1, 77-85
- Stanner, S. (2005) British nutrition task force report on cardiovascular disease: diet and emerging risk factors. Blackwells, Oxford.
- Stelzleni, A.M. y Johnson, D.D. (2008). Effects of days on concentrate feed on sensory off flavor score, off flavor descriptor and fatty acid profile for selected muscles from cull beef cows. *Meat Sci.* 79: 2, 382-393.
- Stolowski, G.D.; Baird, B.E.; Miller, R.K.; Savell, J.W.; Sams, A.R.; Taylor, J.F.; Sanders, J.O. y Smith, S.B. (2006). Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Sci.* 73, 475-483
- Sun, X.; Chen, K.J.; Maddock-Carlin, K.R.; Anderson, V.L.; Lepper, A.N.; Schwartz, C.C.; Keller, W.L.; Ilse, B.R.; Magolski, J.D. y Berg, E.P. (2012). Predicting beef tenderness using color and multispectral image texture features. *Meat Sci.* 92, 386-393
- Swatland, H. J. (1991). Estructura y desarrollo de los animales de abasto. *Acricbia*. Zaragoza, Spain.
- Teira, G.; Perlo, F.; Bonato, P.; Pasinato, A.; Monje, A.; y Vittone, S. (2004b) Encierre terminal y calidad de carnes. 3. Color de la carne y de la grasa. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24:1, p.399
- Tornberg, E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Sci.* 43, 175-191.
- Tuma, H.J.; Henrickson, R.L.; Odell, G.V. y Stephen, D.F. (1963). Variation in the physical and chemical characteristics of the longissimus dorsi muscle from animals differing in age. *J. Anim. Sci.* 22, 354-357.
- USDA. (2015). United States standards for livestock and meat marketing claims, grass (forage) fed claim for ruminant livestock and the meat products derived from such livestock.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.
- Varnam, A.H. y Sutherland, J.P. (1995). The color of meat. *Meat and meat products technology, chemistry and microbiology*. Chapman y Hall, p.26
- Visonneau, S.; Cesano, A.; Tepper, S.A.; Scimeca, J.A.; Santoli, D. and Kritchevsky, D. (1997). Conjugated linoleic acid suppresses the growth of human breast adenocarcinoma cells in

- SCID mice. *Anticancer Res.* 17, 969-973.
- Volpi Lagreca, G. (2008). Grasa intramuscular y perfil de ácidos grasos de la carne de novillos con diferentes estrategias de recría o terminación. Tesis M.S. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Balcarce, Argentina.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I. y Wood, J.D. (2008a). Effects of beef and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Sci.* 78, 256-269.
- Warriss, P.D. (2003). *Ciencia de la carne*, Acribia, Zaragoza, p. 278.
- Wijendran, V. y Hayes, K.C. (2004). Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu. Rev. Nutr.* 24, 597-615.
- Williamsson, C.S.; Foster, R. K.; Stanner, S.A.; Buttriss, J.L. (2005). Red meat in the diet. *Nut. Bol.* 30:4, 323-355.
- Wood, J.D. (1984). Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In J. Wiseman, *Fats in Animal nutrition.* 407- 435.
- Wood, J.D. y Enser, M. (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br. J. Nutr.* 78, S49-S60.
- Wood, J.D.; Richardson, R.I.; Nute, G.R.; Fisher, A.V.; Campo, M.M.; Kasapidou, E.; Sheard, P.R. y Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.* 66, 21-32.
- Wood, J.D.; Nute, G.R.; Richardson, R.I.; Whittington, F.M; Southwood, O. y Plastow, G. (2004). Effects of breed diet and muscle on the deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 67, 651-667.
- Wood, J.D.; Enser, M; Fisher, A.V.; Nute, G.R.; Sheard, P.R.; Richardson, R.I; Hughes, S.I. y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78, 343-358.
- World Health Organization. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO expert consultation.* Vol. 916, Geneva.
- Wulf, D. M.; Morgan, J.M.; Tatum, J.B. y Smith, G.C. (1996b). Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut calcium injection and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *J. Anim. Sci.* 74, 569-576.
- Wyness, L. (2013). Nutritional aspects of red meat in the diet. In Wood, J.D. y Rowlings, C. (Eds) *Nutrition and climate change. Major issues confronting the meat industry* (pp. 1-22) Nottingham University Press

- Yang, A.; Lanari, M.C.; Brewster, M.; y Tume, R. K. (2002a). Effect of vitamin E supplementation on alpha-tocopherol and beta-carotene concentrations in tissues from pasture- and grain fed cattle. *Meat Sci.* 60, 35-40.
- Yang, A.; Lanari, M.C.; Brewster, M. y Tume, R. K. (2002b). Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.* 60, 41-50.
- Ynsaurralde, A.E. Rébak, G.I.; Sánchez, S.; y Capellari, A. (2013). Terneza, grasa intramuscular y de cobertura en carne de novillos faenados en Corrientes (Argentina). *Rev. Vet.* 24:2, 86-90.
- Young, O.A.; Daly, C.C.; Graafhuis, A.E.y Moorhead, S.M. (1997). Effect of cattle diet on some aspect of meat quality. *Proc. 43 rd ICoMST, Auckland, New Zealand.*
- Zhang, S.X.; Farouk, M.M.; Young, O.A.; Wieliczko, K.J, y Posmoew, C. (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef, *Meat Sci.* 69, 765-772.
- Zhao, Y.; Wells, J.H. y McMillin, K.W. (1994). Aplicacion of dynamic modified atmosphere packaging system for fresh red meats: Review. *J. of Muscle Food.* 5,299-328.
- Zór, K.; Ortiz, R.; Saatci, E.; Bardsely, R.; Parr, T.; Csöregi, E.; y Nistor, M. (2009). Label free capacitive immunosensor for detecting calpastatin – a meat tender biomarker. *Bioelectrochemistry* 76, 93-99.