

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA CARNE DE NOVILLOS TERMINADOS A CORRAL

Performance and beef quality of feedlot finished steers

Pordomingo, A.J.¹, Pordomingo, A.B.² y Jouli, R.R.³

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam
Facultad de Agronomía, UNLPam

RESUMEN

Novillos Angus (160) de 4 grupos de edades fueron asignados a 4 tratamientos (12m, 18m, 24m y 27m), coincidentes con las edades a faena: 12, 18, 24 y 27 meses y terminados simultáneamente a corral durante 120 días. La dieta se basó en grano de maíz partido, harinas de girasol y de soja, urea, heno de mijo y premezcla vitamínica y mineral. Se distribuyeron 40 animales por tratamiento en 10 corrales, en grupos de 4. Tres animales adicionales de cada grupo fueron faenados al inicio para determinar el peso (PRes) y rendimiento de res (RtoRes = PRes/PV) inicial. Al momento de la pesada inicial se hicieron determinaciones ecográficas de espesor de grasa dorsal (EGD) y área de ojo de bife (AOB). Se determinó el peso vivo (PV) individual y el consumo de materia seca (CMS) del animal promedio por corral. Se calcularon el aumento diario de peso vivo (ADPV) y de res (ADPR), el CMS relativo al PV (CMSPV) y los índices de conversión de CMS a ADPV (IC) y a ADPR (ICR). Finalizado el período de corral se procedió a la faena. Se determinó el PRes y el RtoRes. A las 48 horas se extrajo un bloque de bifes con hueso de la ½ res izquierda entre la 9^{na} y 11^{ma} costilla de 2 animales de cada corral para realizar determinaciones sobre la carne. Se determinaron: EGD, AOB, grasa intramuscular (GI), pérdidas por cocción (ppc), fuerza de corte por Warner-Bratzler (fcWB), pH y parámetros de color (L*, a*, b*). Con el dato de EGD y AOB inicial y final se calculó el incremento diario de cada variable (IncrEGD e IncrAOB). El PV final creció linealmente ($p < 0,001$) en función de la edad. Las variables ADPV, ADPR, RtoRes, PRes, CMS, AOB y GI registraron una respuesta cuadrática ($p < 0,05$). Los índices de conversión fueron inferiores ($p < 0,05$) para 12m. El EGD y el IncrEGD resultaron mayores ($p < 0,05$) para 27m. Las variables AOB y GI tuvieron la mayor diferencia entre 12m y 18m. No se detectaron efectos ($p > 0,05$) en fcWB, ppc, pH y L*. La carne de 27m presentó menores valores de a* y b* ($p < 0,05$).

Palabras clave. edad a faena, calidad de carne, terminación a corral, ternera

SUMMARY

Angus steers (160) of 4 age groups were allocated to 4 treatments (12m, 18m, 24m and 27m) matching 4 ages at harvest: 12, 18, 24 and 27 months, and feedlot finished simultaneously over a 120-day period. The diet (DM basis) was based on cracked corn (76.2%), sunflower (7%) and soybean meals (7%), urea (0.3%), millet hay (7%) and a vitamin and mineral premix (2.5%). Animals were distributed randomly on 10 pens per treatment, with 4 in each pen. Three additional animals within treatment were harvested on day 1 to determine initial hot carcass weight (HCW) and hot carcass yield (HCY). All animals were ultra-sounded for back fat thickness (BFT) and rib eye area (REA) on day 0. Individual live weight (LW) was recorded monthly and dry matter intake (DMI) daily. Live weight daily gain (LWG), carcass weight daily gain (CWG), feed to gain (F:G), feed to carcass gain (F:CG), and DMI relative to LW (DMILW) were calculated. Animals were slaughtered and HCW and HCY recorded. After a 48-h chill, a block of steaks with bone between 9th and 11th rib was removed from the left side of 2 of the 4 carcasses per pen for meat analysis. Determinations on a *longissimus thoracis* section included final BFT, and REA, intramuscular fat (IMF), pH, Warner-Bratzler shear force (WBSf), cooking loss, and color parameters (L*, a*, b*). Daily increase of BFT (BFTincr) and REA (REAincr) were calculated from initial and final BFT and REA. Harvest LW increased linearly ($p < 0.001$) with age. Variables LWG, CWG, HCY, CW, DMI, REA and IMF increased quadratically ($p < 0.05$). Ratios F:G and F:CG were lower ($p < 0.05$) for 12m. At harvest, BFT was largest for 27m, while 12m and 18m showed the largest difference in REA and IMF. No effects were detected ($p > 0.05$) for WBSf, cooking loss, pH and L*. Beef from 27m had the lowest values for a* and b* parameters ($p < 0.05$).

Key words. age at harvest, beef quality, feedlot finishing, tenderness.

Recibido:

Aceptado:

¹ Investigador de la Estación Experimental de INTA Anguil, La Pampa. Profesor de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam

² Investigador de la Estación Experimental de INTA Anguil, La Pampa. Profesor de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam

³ Investigador de la Estación Experimental de INTA Anguil, La Pampa. Profesor de la Facultad de Agronomía, UNLPam

Introducción

Con el avance del engorde a corral en el mundo disminuyó la edad y aumentó el peso a faena, y paralelamente se incrementó la calidad de la carne bovina. La calidad intrínseca es consecuencia de una relación compleja de componentes del músculo, la partición de la energía, e interacciones con la edad, la raza, la alimentación y el manejo pre y pos-faena (Nowak, 2011; Hocquette et al., 2012; Lian et al., 2013). La investigación coincide en que la edad es el primer factor vinculado a cambios en composición y calidad, pero con diferencias dependiendo de los biotipos y los sistemas (Duckett et al., 1999; Nuernberg et al., 2005; Choat et al., 2003; Destefanis et al., 2008). Sin embargo, en el rango de 500 a 600 kg de PV y 18 a 30 meses de edad, Perry y Thompson (2005) concluyeron que los efectos de la edad a faena serían poco significativos sobre fcWB. Por su parte, varios estudios (Jurie et al., 1994; Camfield et al., 1997; Keane y Allen, 1998) coinciden en que el PV no sería relevante en fcWB o terneza subjetiva, pero sí lo sería el ADPV. Por su parte, los antecedentes nutricionales, la duración del engorde y el biotipo racial afectan la dinámica del engrasamiento intramuscular (Duckett et al., 1993; Gill et al., 1993a, b; Hersom et al., 2004; Sami et al., 2004b; Opatpatanakit et al., 2007).

En Argentina, el peso y la edad a faena son discriminantes del precio y condicionantes de los sistemas de producción. Acostumbrado a un producto fresco, sin maduración pos-faena, el mercado interno aprecia la res liviana y muy joven. Por su parte, la exportación prioriza el peso de res, el tamaño muscular y el engrasamiento intramuscular. Frecuentemente, la producción argentina presupone que animales pesados y de más de 2 años resultan poco eficientes en la conversión y tienden al sobreengrasamiento subcutáneo. Se presupone también que en animales con más de 18 meses de edad a faena se deterioran sensiblemente los atributos de calidad de la carne, pero los trabajos científicos locales para esa justificación son escasos.

El presente estudio evaluó la respuesta en producción individual, eficiencia y características de la res y la carne de novillos de edades diferentes, recriados en pastoreo y terminados a corral durante 120 días. Se hipotetizó que, habiendo sido recriados sin condiciones que comprometieran al crecimiento, novillos de raza británica de 24 y 27 meses de edad a faena permitirían lograr reses más pesadas, con mayor rendimiento y contenido de grasa intramuscular (GI) que las de animales de menor edad (12 o 18 meses), y sin diferencias significativas en eficiencia de conversión y atributos de calidad de la carne (engrasamiento subcutáneo, fcWB, color o pérdidas por cocción).

Materiales y Métodos

Sitio y tratamientos

La experimentación se realizó en la Estación Experimental Guillermo Covas de INTA – Anguil, La Pampa. Se utilizaron 160 novillos Angus los que fueron asignados a 4 tratamientos (12m, 18m, 24m y 27m), coincidentes con las

edades a faena: 12, 18, 24 y 27 meses respectivamente y terminados a corral simultáneamente durante 120 días. Se eligió una duración de 120 días por considerarla suficiente para expresar el crecimiento y el engrasamiento dentro de óptimos reportados en la bibliografía (Duckett et al., 1993) y no alejada de la duración de los planteos de engorde de Argentina.

El experimento se diseñó para hacer coincidir todos los animales en un mismo período de terminación y fecha de faena, y se planeó la trayectoria de recría de cada grupo para minimizar los efectos residuales de la alimentación previa. Para ello se adecuó previamente el momento de inseminación de las madres para generar los partos en momentos compatibles con el tipo de animal a utilizar. Todos los terneros fueron hijos de un mismo rodeo Angus, con inseminaciones programadas en los meses de julio y noviembre del 2009 y mayo y noviembre del 2010. Se utilizó semen de dos toros Angus de similar tamaño y origen genético. Todos los terneros se destetaron a los 6 meses. Para cumplir las metas de edad a faena se aplicaron estrategias de recría pastoril para cada tratamiento. Ingresaron a cada plan de recría pastoril 46 terneros por cada tratamiento, incluyendo 3 como excedente por eventuales pérdidas previas a la etapa de terminación. Primero ingresaron a recría los terneros del tratamiento 27m, a los 3 meses los de 24m, a los 6 meses los de 18m y finalmente 6 meses más tarde los de 12m. Las cadenas forrajeras se basaron en verdeos de centeno y triticale y rastrojos de maíz en invierno y pasturas de base alfalfa y cebadilla, o sorgo forrajero en primavera, verano y otoño.

Al finalizar la recría y el día previo al ingreso a la etapa de terminación se seleccionaron 43 animales del grupo de 46 de cada tratamiento. De éstos, 40 animales fueron asignados al azar a 10 corrales en grupos de 4, utilizándose 40 corrales en total. Los 3 animales restantes fueron destinados a una faena previa al encierre para determinar parámetros iniciales de peso y rendimiento de res. Sumados la edad al destete (183 ± 16 días) y los 120 días de terminación a corral, el grupo de menor edad a la faena (12m) tuvo necesariamente una recría de 62 días. Se incluyó como objetivo un ADPV superior a 600 g d^{-1} , considerado logable en pastoreo y compatible con un desarrollo normal del ternero en pos-destete. Se planificó así que todos los animales de los 4 grupos tuvieran una primera etapa de recría pastoril de 62 días (R1). Luego, para alcanzar las otras edades a faena se planificaron metas de ADPV de 300 a 350 g d^{-1} , frecuentes en sistemas de recría pastoril de animales terminados pesados (480 a 550 kg de PV). La duración de ese período de recría fue variable en función de la edad a faena (R2). Tomó 93, 276 y 368 días para los grupos de 18m, 24m y 27m, respectivamente. Finalmente, y previo al ingreso a la etapa de terminación, los tres grupos anteriores ingresaron a 90 días de recría pastoril (R3) con una meta de ADPV superior a los 500 g d^{-1} con el objeto de minimizar efectos compensatorios posteriores durante la terminación. Atento a las metas y restricciones impuestas sobre los ADPV mínimos en las etapas de recría pastoril, los 4 grupos de animales ingresaron a los corrales de terminación en la

primera semana de julio (2012), y salieron la primera semana de noviembre (2012) con diferentes pesos de faena, luego de 120 días de corral.

La dieta de terminación (base MS) fue común a todos los tratamientos. Consistió en grano de maíz partido (76,2%), harina de girasol (7%), harina de soja (7%), urea (0,3%), heno de mijo (7%) y premezcla vitamínica y mineral con monensina (2,5%). Promedió 12,8% de PB, 18,1% FDN y 2,77 Mcal EM kg⁻¹ MS. Se realizó un acostumbramiento progresivo de los animales a la dieta definitiva partiendo de 50 % de heno, 30 % de grano y 20 % de la mezcla de harinas proteicas incluyendo el 2,5 % del núcleo. Se incrementó cada 5 días el nivel de grano y redujo la cantidad de heno para llegar a los 15 días a las proporciones finales. La dieta se ofreció sin restricción al consumo, con un excedente del 10% en base a materia húmeda. Cada día, previo al suministro, se removió y pesó el remanente en el comedero de cada corral. La oferta diaria se ajustó adicionando alimento cuando ese excedente se detectó por debajo de la cantidad esperada de remanente del día anterior.

Muestras y determinaciones

Durante la fase de terminación a corral se recolectaron muestras de la dieta cada dos semanas y de cada momento de muestreo se confeccionó una muestra compuesta por alícuotas de cada corral. 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, Swedesboro, NJ, EEUU) utilizando una malla de 1 mm, se etiquetaron y se mantuvieron en bolsas tipo *ziploc* hasta su posterior análisis químico. Sobre las muestras molidas se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN). Para la determinación de MS y PB se utilizaron los métodos descritos por AOAC (2000) y se multiplicó el contenido de nitrógeno por el factor 6,25 para estimar la PB. Las fracciones de FDA y FDN se determinaron con procedimiento descrito por Van Soest et al. (1991) utilizando un equipo Ankom²⁰⁰Fiber Analyzer (Ankom Technologies, Fairport, NY, EEUU) y bolsitas filtrantes Ankom F57.

Se determinó el peso vivo (PV) individual mediante balanza electrónica (Tru Test, 2000 kg, sensibilidad 0,5 kg, Bs As, Argentina), mensualmente durante la recría pastoril y la terminación a corral. Previo a cada pesada, los animales se desbastaron durante 18 horas sin alimento, con acceso al agua. A partir de los valores de PV, se calculó el ADPV como la diferencia de PV sobre los días entre pesadas. Con el registro diario de la cantidad de alimento ofrecido y el remanente del día anterior se calculó por diferencia el consumo de material seco (CMS) por animal promedio de cada corral. Con la información anterior y el período de días entre pesadas, se calculó el consumo promedio por corral. Se expresó el CMS diario en valor absoluto (kg MS d⁻¹) y en relación con el PV (CMSPV, %) del animal promedio del corral. Se calculó la eficiencia de conversión (EC) dividiendo el ADPV promedio del corral sobre CMS diario promedio y se lo expresó como índice de conversión (IC = CMS ADPV⁻¹).

Previo a la asignación de los animales a los corrales de terminación se realizaron determinaciones ecográficas (Pie Medical Falco 100) de área de ojo del bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD) sobre la región intercostal entre la 10^{ma} y 11^{ma} costilla, del lado izquierdo del animal, a 2,5 cm de la línea media, transversal al músculo *Longissimus thoracis et lumborum* (LM). Finalizado el período de alimentación y 2 días después de la última pesada, los animales fueron trasladados a un frigorífico comercial, ubicado a 15 km de la Estación Experimental. A las 12 horas de su arribo se faenó la totalidad de los animales. Se determinó el peso de la res en caliente (PRes) y se calculó el rendimiento de res (RtoRes = Pres PV⁻¹). El PV de cada animal correspondió al de la última pesada individual.

El dato de RtoRes inicial del período de terminación se generó utilizando el PRes y el PV de la pesada inicial de los 3 animales faenados al inicio en cada tratamiento. El ADPR se calculó como la diferencia entre PRes final y PRes inicial de cada animal promedio por corral sobre 120 días. Se determinó el índice de conversión a res (ICR) para cada animal promedio de corral dividiendo el CMS promedio de corral sobre el ADPR.

A las 48 horas de la faena se extrajo un bloque de bifes con hueso de la ½ res izquierda de 2 de los 4 animales correspondientes a cada corral, tomadas al azar, incluyendo la sección del LM en un corte transversal a la columna vertebral entre la 9^{na} y 11^{ma} costilla. Los bloques se identificaron individualmente con la caravana de cada animal, se transportaron al laboratorio de carnes de la Estación Experimental de INTA en Anguil, La Pampa. Se mantuvieron por 24 horas adicionales a 2°C en cámara y luego se procedió a envasar al vacío cada bloque utilizando bolsas tipo *sealed air Cryovac* de 50µm. A continuación, se congelaron a -20°C en freezer y se mantuvieron a esa temperatura hasta los análisis de calidad correspondientes.

Para realizar los análisis físicos y químicos sobre la carne, los bloques fueron descongelados a 4±1°C durante 24 h. De cada bloque se seccionaron 2 bifes de aproximadamente 2,5 cm de espesor. Sobre uno de ellos (craneal) se determinaron el área de ojo del bife (AOB), el espesor de grasa dorsal (EGD), el pH y el contenido de grasa intramuscular (GI). Sobre el otro (caudal) se realizaron las determinaciones de color, fuerza de corte por Warner-Bratzler (fcWB) y pérdidas por cocción (ppc).

El AOB se obtuvo calcando el contorno del ojo de bife sobre una hoja de acetato y luego por planimetría se calculó la superficie abarcada. Los resultados se expresaron en cm². El EGD se midió perpendicularmente al LM, a ¼ de la distancia medida desde el extremo dorsal al extremo ventral del bife utilizando una regla milimetrada. Los resultados se expresaron en mm. El pH se determinó con un pHmetro Thermo Orion (modelo 420), 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 del LM, 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 fue el promedio de las tres mediciones. La GI se determinó sobre una muestra de carne de 10 g evitando la

contaminación con grasa externa. Sobre esa muestra se extrajeron los lípidos totales con hexano en ebullición en un equipo Tecator, según el método Soxhlet (método 991.36; AOAC, 2000). Los resultados se expresaron en porcentaje de GI en base al peso de la muestra de carne fresca.

Previo a la remoción del hueso vertebral del segundo bife se realizó la determinación instrumental del color del músculo. Los bifes se colocaron en la heladera a 4°C sin ningún tipo de cobertura durante una hora para lograr el *blooming*. Se utilizó un colorímetro Minolta (modelo CR-310, Minolta Inc., Osaka, Japan) con un área de visión de 50 mm de diámetro e iluminante D65. Se obtuvieron los valores de las coordenadas L* (luminosidad), a* (índice de rojo) y b* (índice de amarillo). Se realizaron cinco mediciones en diferentes sitios de la superficie expuesta para obtener una lectura promedio del color excluyendo las regiones de nervios o acúmulos de grasa. La fcWB se determinó acorde con AMSA (2015). Luego de la remoción del hueso, se retiró la grasa dorsal y residuos de epimicio de cada bife, se pesó y procedió a la cocción del mismo en un grill eléctrico Phillips hasta una temperatura interna de 71°C. Seguidamente, cada bife se enfrió a menos de 10°C, se pesó y se extrajeron 8 tarugos (1,3 cm de diámetro) de la sección del LM, en paralelo a las fibras musculares. Cada tarugo fue expuesto al corte transversal en su parte media, perpendicular al eje longitudinal, usando una cizalla Warner–Bratzler (modelo 300; G-R Manufacturing Co., Manhattan, Kansas, EEUU). El promedio del valor de fuerza de corte de los 8 tarugos se reportó como el valor de la muestra y se expresó en Newton (N). Las pérdidas por cocción (ppc) se obtuvieron por diferencia de peso antes y después de la cocción de los bifes para la determinación de fcWB.

Análisis estadístico

Los resultados de producción, consumo, eficiencia, rendimiento y calidad de carne se analizaron mediante un diseño experimental completamente aleatorizado. Los corrales constituyeron las unidades experimentales. Se utilizó PROC GLM (SAS, 2003) con edad a faena como tratamiento fijo y significancia de $P < 0,05$. La naturaleza regresiva de los tratamientos permitió someterlos a contrastes ortogonales lineales y cuadráticos. Ante ANOVA significativo, las medias se separaron mediante la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 reporta los ADPV de las etapas de recría. En la primera etapa (R1) los tratamientos no se diferenciaron ($p = 0,35$) en ADPV y superaron 600 g d⁻¹. Los tratamientos 18m, 24m y 27m tuvieron también ADPV similares en R2 y R3 ($p = 0,29$ y $0,56$, respectivamente). En ambos períodos se lograron los mínimos de 300 y 500 g d⁻¹ previstos. Varios trabajos han evaluado los efectos de la nutrición en recría sobre el peso de faena, el peso de res, el rendimiento y composición de la res y de la carne de animales terminados a corral o en pastoreo. Rompala et al. (1985) reportaron que la realimentación posterior a una restricción nutricional

previa al engorde resultó en un efecto compensatorio parcial del PV y los animales fueron más magros a similar peso de faena. Pordomingo et al. (2012a) compararon las características de la res 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 valores inferiores de Pres y EGD a medida que aumentó el contenido de heno, el AOB resultó similar entre los tratamientos de 40 y 70% de heno (67,4 y 66,8 cm² respectivamente) pero se diferenciaron del tratamiento de 100% de heno cuyo valor de AOB fue 55,7 cm². Los autores argumentaron que bajos ADPV durante la recría no pudieron ser compensados totalmente durante los 132 días de terminación pastoril. Neel et al. (2007) compararon novillos de 18 meses de edad, recriados con diferentes ADPV: bajo = 280 g d⁻¹, medio = 450 g d⁻¹ y alto = 680 g d⁻¹ con terminación pastoril o con concentrado. El PRes y el RtoRes fueron mayores para los novillos con ADPV alto comparado con los de ADPV medio y bajo. Perry y Thompson (2005) indicaron que las mejores respuestas en desarrollo (AOB y PRes) y engrasamiento (EGD y GI) fueron registradas en los animales que habían tenido los mayores ADPV durante la recría sobre pasturas. Gill et al. (1993a,b) reportaron mejor composición de res, mayor rendimiento carnicero y contenido de GI cuando el período de recría había sido de crecimiento sostenido. En el mismo sentido, Hersom et al. (2004) reportaron que la recría con menos de 200 g d⁻¹ de ADPV sobre campo natural resultó en menor eficiencia, mayor gasto de mantenimiento y un período de engorde más largo para alcanzar el mismo peso de faena que animales recriados a más de 500 g d⁻¹ sobre verdeos de invierno.

El Cuadro 2 resume los resultados de producción, consumo y eficiencia de conversión. Los PV de inicio y finales incrementaron linealmente ($p < 0,05$) en relación con la edad a faena. El ADPV describió un comportamiento cuadrático ($p < 0,05$), con el mayor incremento relativo entre 18m y 24m y el menor entre 24m y 27m. El CMS registró un comportamiento similar al del ADPV ($p < 0,05$), con el mayor incremento relativo entre 12m y 18m, y la menor tasa de cambio entre 24m y 27m. El CMS en términos del PV (CMSPV, %) decreció cuadráticamente ($p < 0,05$). Por su parte, el IC fue inferior ($p < 0,05$) para 12m comparado con los otros 3 tratamientos, sin diferencias entre estos últimos ($p > 0,05$). Por su parte, el RtoRes creció con la edad a faena en una respuesta cuadrática ($p < 0,05$). El mayor cambio se produjo entre 18m y 24m y el mayor RtoRes en 27m. Se detectaron ($p < 0,05$) respuestas cuadráticas para PRes y ADPR, con el mayor peso y ADPR en 27m. Sin embargo, el ICR resultó inferior ($p < 0,05$) para 12m respecto de los otros 3 tratamientos, sin diferencias entre éstos ($p > 0,05$).

El nivel y el ritmo de engrasamiento no se afectaron por la edad a faena de la misma manera que el PV y el ADPV (Cuadro 3). Al inicio de la terminación el EGD fue similar ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Al final de ésta resultó similar ($p > 0,05$) entre 12m, 18m y 24m, pero diferente e inferior ($p < 0,05$) al de 27m. El IncrEGD de 12m, 18m y 24m no se diferenció ($p > 0,05$) y fue inferior al de 27m ($p < 0,05$).

Cuadro 1. Aumento diario de peso vivo diario ($g\ d^{-1}$) de novillos Angus en cada etapa de recría en pastoreo antes del engorde a corral

Table 1. Live weight daily gain ($g\ d^{-1}$) of Angus steers for each phase of grazing programs during backgrounding prior to feedlot fattening

Edad faena ^θ	12m	18m	24m	27m	EEM	P
R1 ^ϕ	661	653	637	650	22,3	0,35
R2	-	345	311	339	13,7	0,29
R3	-	525	517	509	14,1	0,56

^θ Faena a la edad de 12 (12m), 18 (18m), 24 (24m) o 27 meses (27m). EEM - Error estándar de la media. ^ϕ Períodos de recría: R1 = 62 días en todos los tratamientos; R2 = 93, 276 y 368 días para 18m, 24m o 27m, respectivamente; R3 = 90 días para 18m, 24m y 27m, respectivamente

Cuadro 2. Efectos de la edad a faena de novillos Angus terminados a corral durante 120 días con una dieta de alta contenido de grano sobre parámetros de producción y eficiencia

Table 2. Effects of age at harvest on performance of Angus steers after a 120-day finishing period on a high-grain diet

Edad faena ^θ	12m	18m	24m	27m	EEM	P
PV inicio, kg	192	269	322	360	12,8	*
PV final, kg	335	420	484	527	11,1	*
ADPV, $g\ d^{-1}$	1.191	1.257	1.342	1.385	33,0	**
CMS, kg	7,9	10,0	10,8	11,2	0,35	**
CMSPV, %	3,01	2,89	2,68	2,52	0,072	**
IC	6,65 a	7,93 b	8,05 b	8,07 b	0,185	0,03
RtoRes, %	57,1	57,5	58,9	60,1	0,29	**
PRes, kg	191	242	285	316	8,5	**
ADPR, $g\ d^{-1}$	717	799	890	937	26,2	**
ICR	11,0 a	12,5 b	12,1 b	11,9 b	0,24	0,04

^θ Faena a la edad de 12 (12m), 18 (18m), 24 (24m) o 27 meses (27m). EEM – Error estándar de la media. *Efecto lineal, $p<0,05$. **Efecto cuadrático, $p<0,05$. PV = Peso vivo. ADPV = Aumento diario de peso vivo. CMS = Consumo diario de materia seca. RtoRes = Rendimiento de res. PRes = Peso de res. IC = Índice de conversión de CMS a ADPV. ADPR = Aumento del peso de res diario. ICR = Índice de conversión de CMS a ADPR. a,b Medias seguidas por letra diferente difieren $p<0,05$.

Cuadro 3. Efectos de la edad a faena de novillos Angus terminados a corral durante 120 días con una dieta de alta contenido de grano¹ sobre parámetros de la res y la carne

Table 3. Effects of age at harvest of Angus steers after a 120-day finishing period on a high-grain diet¹ on carcass and beef parameters

Edad faena ^θ	12m	18m	24m	27m	EEM	P
Grasa intramuscular, %	2,6	3,7	4,6	5,3	0,18	**
EGD inicial ^ρ , mm	3,6	3,7	3,9	4,2	0,28	0,21
EGD final, mm	8,1 a	8,4 a	8,9 a	10,5 b	0,37	0,03
IncrEGD, $mm\ d^{-1}$	0,037 a	0,039 a	0,042 a	0,053 b	0,003	0,03
AOB inicial ^ρ , cm^2	41,6	46,5	52,9	55,4	0,38	*
AOB final, cm^2	57,4	62,2	66,8	68,3	0,54	**
IncrAOB, $cm^2\ d^{-1}$	0,13 b	0,13 b	0,12 ab	0,11 a	0,008	0,04
Pérdidas por cocción, %	25,7	24,9	25,3	25,5	0,17	0,61
Fuerza de corte WB, N	30,1	29,5	30,3	30,8	0,62	0,51
pH	5,60	5,64	5,62	5,61	0,025	0,82
Color						
L*	40,4	41,3	41,2	41,7	0,61	0,36
a*	15,9 b	16,1 b	14,3 ab	12,4 a	0,85	<0,01
b*	13,2 b	12,3 b	12,1 b	10,5 a	0,64	0,02

¹Determinaciones sobre la sección transversal del bloque de bifes incluyendo la sección del músculo *Longissimus thoracis* entre la 9^{na} y 11^{ma} costilla. ^θ Faena a la edad de 12 (12m), 18 (18m), 24 (24m) o 27 meses (27m).

^ρDeterminación por ecografía dorsal a nivel de la 10^{ma} costilla. EEM - Error estándar de la media. * Efecto lineal, $P < 0,05$. ** Efecto cuadrático, $p<0,05$. EGD = Espesor de grasa dorsal. IncrEGD = Incremento diario del EGD. AOB = Área de ojo del bife (sección del LM). IncrAOB = Incremento diario del AOB. a,b Medias seguidas por letra diferente difieren $p<0,05$ -

Posiblemente, para la estrategia de recría y terminación planteada, y el biotipo racial utilizado en este experimento, luego de los 24 meses de edad se exacerbó la transferencia de energía hacia la deposición en los compartimentos grasos. El cambio en el ritmo de engrasamiento podría corresponderse con desaceleración del crecimiento muscular, aunque sin detenerse. El AOB final denotó un comportamiento cuadrático ($p < 0,001$), con los valores inferiores para 12m y los mayores para 27m. El IncrAOB resultó superior ($p < 0,05$) para 12m y 18m, comparados con 27m. El IncrAOB entre 24m y 27m no se diferenció ($p > 0,05$) por lo que el crecimiento muscular habría ocurrido a un ritmo semejante en los animales faenados con 24 o 27 meses de edad.

En el presente estudio, el contenido de GI del LM creció con la edad a faena en respuesta cuadrática ($p < 0,05$). Aunque los animales del tratamiento 12m fueron expuestos tempranamente al engorde a corral con la dieta de alto contenido de grano, probablemente el tiempo de 120 días no fue suficiente para alcanzar un mayor grado de GI o reducir la diferencia con la encontrada en los animales de mayor edad. Duckett et al. (1993) reportaron que una duración de 112 días de terminación a corral para novillos ingresados a los 16 meses de edad sería suficiente para alcanzar valores mínimos deseables por el nivel "choice" (> 4%), sin gastar energía en exceso de EGD, aunque esa duración no sería independiente de la edad y el biotipo.

Schoonmarker et al. (2002) engordaron terneros, novillitos y novillos (111, 202 y 371 días de edad, respectivamente) a corral hasta alcanzar 1,27 cm de EGD siendo la duración de los engordes de 221, 190 y 163 días y las edades a faena de 332, 392 y 534 días, respectivamente. El CMS de los animales de las tres categorías fue de 7,1, 8,1 y 10,5 kg MS d^{-1} respectivamente, pero similar en el total de días de engorde. La eficiencia de conversión a PV fue mayor para el grupo que iniciara la terminación a los 111 días de edad y peor para los que la iniciaran a los 371 días. Los animales más jóvenes tuvieron menor AOB e inferior grado de rendimiento carnicero.

El rango de edades a la faena no afectó la fcWB (30,2 N; $p = 0,51$) o las ppc (25,3 %; $p = 0,61$) (Cuadro 3). Wheeler et al. (2005) atribuyeron menor fcWB a mayor GI. Hoving-Bolink et al. (1999) la atribuyeron a mayor ADPV y retención de agua en la carne. Nuernberg et al. (2005) argumentaron que la fcWB podría disminuir a medida que aumenta el contenido de GI porque la grasa es más blanda que el músculo. Sin embargo, para que este efecto sea detectable la cantidad de GI debe ser superior al 5% (Geay et al., 2001; Nuernberg et al., 2005). Por otro lado, el contenido de GI solo explica del 10 al 15% de la variabilidad total de la terneza (Warriss, 2003).

La terneza depende de una relación compleja de componentes del músculo esquelético (concentración de glucógeno muscular, 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), afectada a su vez por factores del animal (sexo, edad, genética), la

alimentación, los antecedentes de crecimiento, y el manejo pre y post-faena (Mandell et al., 1997; Choat et al., 2003; Destefanis et al., 2008; Nowak, 2011; Pordomingo et al., 2012b).

La edad ha sido relacionada con la terneza o la fcWB de la carne en varios estudios (Hill, 1966; Seideman et al., 1982; Shorthose y Harris, 1990; Morris et al., 1995; Lawrence et al., 2001), pero con divergencias dependiendo de los sistemas, aunque la mayoría coincide en que la edad es central para la ocurrencia efectiva de cambios en la composición y calidad de la carne. En su mayoría, la literatura reporta los cambios más relevantes a partir de los 28 a 30 meses de edad en las razas británicas y cruzamientos (Duckett et al., 1999; Choat et al., 2003; Destefanis et al., 2008; Nowak, 2011). Purchas et al. (2002) reportaron que la carne con mayor terneza se lograría con animales de alto potencial de crecimiento, de menos de 2 años a la faena y de recría rápida (> 500 g d^{-1}). Por su parte, Duarte et al. (2011) reportaron efectos negativos sobre la fcWB cuando los animales de raza índica superaron la edad dentaria de 4 incisivos permanentes. Por otro lado, Shorthose y Harris (1990) y Crosley et al. (1995) reportaron un deterioro lineal de la terneza (por panel sensorial) de la carne de novillos con el aumento de la edad a faena (12, 24, 36 y 48 meses). Wulf et al. (1996) observaron que, entre los 15 y 18 meses, los novillos de mayor edad tuvieron valores superiores de fcWB. Resultados similares fueron obtenidos por Hiner y Hankins, (1950), Tuma et al. (1963), Shorthose y Harris (1990) y Crosley et al. (1995). En una revisión, Strydom et al. (2015) concluyeron que los novillos en el rango de 0 a 2 incisivos permanentes al momento de la faena tendrían mayor terneza y aceptabilidad que los de 4 incisivos permanentes, pero esos atributos dependen de los antecedentes del crecimiento, del ritmo y duración del engorde, del engrasamiento final y del estrés peri-faena.

Contrariamente, Lawrence et al. (2001) no detectaron diferencias significativas ni en fcWB ni en terneza subjetiva del LM al evaluar el efecto de la edad a faena en bovinos (determinada por el número de incisivos permanentes: 0, 2, 4, 6 y 8). 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 fcWB respectivamente) y por Field et al. (1996) al comparar vaquillonas faenadas a los 31, 33 y 35 meses de edad (9,14; 9,58 y 9,14 kg fcWB, respectivamente). Pero, detectaron reducción de fcWB con el incremento de GI y correlación positiva entre fcWB, magrura y pérdidas por cocción. Purslow (2005) sugirió que el contenido de colágeno, más que el contenido de GI estaría correlacionado a la edad del animal y a la terneza de la carne. 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; Cross et al., 1973), lo que se correlaciona con la dureza del músculo (Mc Cormick, 1994, 1999; Bailey et al., 1998).

Varios estudios (Lochner et al., 1980; Camfield et al., 1997; Keane y Allen., 1998) coincidieron en que el PV de faena no sería determinante de fcWB o terneza subjetiva.

Consistente con reportes anteriores (Bouton et al., 1978; Shorthose y Harris, 1990; Perry y Thompson, 2005) concluyeron que la edad no sería determinante en fcWB en el rango de 18 a 30 meses de edad y 500 a 600 kg de PV de los novillos; sin embargo, no se descartan efectos interactivos con el genotipo (Riley et al., 1986; Wheeler et al., 1990; Hoving-Bolink et al., 1999; Wegner et al., 2000; Nuernberg et al., 2005). Jurie et al. (1994) concluyeron que la tasa de crecimiento muscular se correlaciona con la calidad de la carne por lo que el ADPV durante el engorde tendría mayor relación con la calidad que el peso vivo final. En el mismo sentido, Lochner et al. (1980) y Fishell et al. (1985) indicaron que carnes de animales pesados, de alto ADPV, tuvieron mayor terneza que aquellas de animales más livianos y de menor ADPV, dentro de un mismo grupo de edad (4 meses de diferencia). Perry y Thompson (2005) reportaron una asociación positiva entre ADPV y palatabilidad, y negativa con fcWB y pérdidas de agua por compresión, sugiriendo que la carne de animales de mayor ADPV durante la terminación resultaría más tierna. Koohmaraie et al. (2002) propusieron que un incremento de la síntesis proteica, combinado con una menor tasa de degradación, permitiría obtener carne más tierna. En coincidencia, Pordomingo et al. (2012a) reportaron que el ritmo de engorde y su duración tienen mayor efecto sobre fcWB de la carne que la naturaleza del sistema de producción, i.e. pastoril o confinamiento.

La deposición de GI está estrechamente ligada al crecimiento muscular debido a que ambos procesos son fisiológicamente competitivos en el uso de los nutrientes (Pethick et al., 2004, 2007). Al aumentar la edad del animal aumentan los niveles de GI debido a que el músculo utiliza relativamente menos nutrientes para su crecimiento (Scollan et al., 2014). Dependiendo de la duración del período de terminación, la deposición de GI a edad temprana es posible en dietas de alta energía (Myers et al., 1999b; Fluharty et al., 2000; Schoonmaker et al., 2002). Sistemas de engorde acelerado pos-destete promueven la terminación de los animales con deposición de grasa subcutánea e intramuscular a edades muy tempranas (Myers et al., 1999a,c; Fluharty et al., 2000). En contraste, el uso de promotores del crecimiento permite lograr mayor muscularidad y retardar el engrasamiento temprano (Buttery y Sennett Smith, 1984; Schoonmaker et al., 2001). Opatpatanakit et al. (2007) y Sami et al. (2004b) argumentaron que la ausencia de diferencias en GI o *marbling* en terminaciones con diferente peso vivo a faena podría ser atribuible a períodos de engorde muy cortos.

No se detectaron efectos de tratamiento ni en el pH ($p=0,82$) ni en el parámetro de color L^* (luminosidad, $P = 0,36$) de la carne (Cuadro 3). El pH ($5,62 \pm 0,07$) se ubicó en el rango adecuado (5,6 a 5,8; Valin et al., 1992), propio de animales terminados a corral, con un manejo adecuado pre y pos-faena (Priolo et al., 2001), y en el cual no deberían ocurrir efectos de deterioro del color (Ledward, 1970; Hood, 1980, 1982) o afectarse la aceptabilidad (Rennerre, 1990; Priolo et al., 2001). Immonen et al. (2000) observaron que dietas con alta energía protegen la reducción de

glucógeno muscular por estrés. Zhang et al. (2005) indicaron que valores altos de pH ($> 6,0$) generan carnes con menores valores de L^* . La similitud de los valores de pH de la carne entre los cuatro grupos de edades a faena en este estudio se correspondió con la similitud en los valores de L^* ($41,1 \pm 0,72$).

Se detectaron efectos significativos ($p < 0,05$; Cuadro 3) sobre los índices de rojo (a^*) y amarillo (b^*) de la carne. Para a^* , la carne de 27m tuvo un valor menor ($p < 0,05$) que las de 12m y 18m y similar ($p > 0,05$) a la de 24m. Para b^* , la carne de 27m tuvo un valor menor que las de 12m, 18m y 24m. Estos efectos posiblemente se debieron al mayor contenido de GI. El contenido de GI se ha correlacionado con mayor valor de L^* , menor a^* y menor b^* , dado que la grasa es más clara que el músculo. Animales terminados con dietas más energéticas (Priolo et al., 2001) o animales con mayor engrasamiento poseen generalmente carne de mayor L^* y menor a^* y b^* que aquella proveniente de animales alimentados con pasturas. Resultados similares fueron obtenidos por Realini et al. (2004b), Latimori et al. (2008) y Duckett et al. (2007, 2013).

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 de la dieta y el índice de amarillo (b^*) de la carne. Con el avance de la edad y en animales que consumen pasturas, se depositan pigmentos liposolubles, carotenoides en el tejido adiposo, generando cambios de color en el índice b^* , hacia el amarillo cremoso o amarillo. Pero las terminaciones a corral generalmente resultan en carnes con valores de b^* inferiores, hacia el blanco, porque las dietas en base a granos presentan niveles de β carotenos muy inferiores (< 5 ppm) a los de las pasturas (> 500 ppm) (Realini et al., 2004b). Duckett et al. (2007) encontraron una correlación positiva ($r = 0,39$) entre el valor de b^* de la carne y el contenido total de lípidos (base seca) ($b^* = 31,8$ y $18,5\%$ respectivamente) en el LM, pero esta relación no fue evidente en nuestro estudio ($r = 0,21$; $p = 0,18$; medias no incluidas). Durante las etapas de recría en pastoreo no se habrían alcanzado a acumular la suficiente cantidad de β carotenos y otros pigmentos liposolubles en la GI para generar diferencias en los valores de b^* de la carne. Por el contrario, la carne del grupo de 27m tuvo menor valor de b^* , posiblemente debido a que la mayor acumulación de GI en todos los tratamientos ocurrió durante la terminación y 27m acumuló más que el resto.

Conclusiones

En el rango de 12 a 27 meses de edades a faena y con 120 días de terminación a corral con una dieta de alto contenido de grano, el ADPV, ADPR, PRes, RtoRes, CMS, CMSPV, AOB crecieron con la edad en respuesta cuadrática. El mayor cambio en ADPV y CMS ocurrió entre 18m y 24m, sin diferencias entre 12m y 18m o 24m y 27m. Por su parte, el CMSPV decreció con el PV final y el mayor cambio ocurrió entre 18m y 24m. El mayor cambio en RtoRes ocurrió entre 18m y 24m. Las mayores diferencias para IC, ICR y AOB ocurrieron entre 12m y 18m. Tanto el IC como el ICR fueron

menores para 12m, pero los tratamientos 18m, 24m y 27m no se diferenciaron. El engrasamiento (GI y EGD) creció con la edad a faena. El efecto sobre EGD se hizo más evidente en 27m respecto del resto. Sin embargo, la diferencia en contenido de GI fue mayor entre 12m y 18m. El rango de edades a faena no afectó la fcWB, el pH y L* de la carne. La carne de 27m resultó de menor a* que la de los tratamientos 12m y 18m y de menor b* que el resto. Efectos posiblemente asociados al mayor contenido de GI.

En síntesis, dentro del rango de edades, la duración del engorde, el biotipo racial y los pesos de los animales utilizados en el presente experimento, novillos británicos de 24 y 27 meses edad produjeron más PRes, tuvieron mayor RtoRes y contenido de GI, con carne de similar fcWB a la de los animales de 12 o 18 meses. En condiciones similares a las de este experimento, la terminación de 120 días a corral, a edades de 12 o 18 meses producirían carnes tiernas, pero de menor GI que a edades de 24 o 27 meses. Por su parte, la terminación a los 18, 24 o 27 meses generaría carne de mayor GI sin comprometer la eficiencia de conversión del alimento a PV o PRes. En este contexto, sin embargo, la diferencia de 3 meses de edad a faena entre 24 y 27 meses, pero igual período de terminación no garantizaría mayor GI. En el presente experimento, en función de las variables medidas, la eficiencia de conversión fue superior para 12m, pero no se observó un deterioro o punto de quiebre entre las edades mayores. Tampoco se evidenciaron diferencias relevantes en características de la carne para el rango de edades a faena evaluadas. El PRes, el AOB y el contenido de GI de los grupos de 24 y 27 meses permitiría cumplir con requisitos de calidad de carne de los mercados globales. Quedará para estudios futuros explorar estrategias para la manipulación del contenido de GI y los efectos a edades mayores a los 27 meses a faena sobre las eficiencias de novillos de biotipo británico, bajo una estrategia de terminación similar a la de este experimento.

Bibliografía

- AMSA. 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Amer. Meat Sci. Assoc., Champaign, Illinois, 104 pg.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. of Anal. Chem., Gaithersburg, MD, USA
- BAILEY, A.J., PAUL, R.G. y KNOTT, L. 1998. Mechanisms of maturation and ageing of collagen. Mech. Ageing Dev. 106:1-56.
- 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.
- 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.
- BUTTERY, P.J. y SINNETT-SMITH, P.A. 1984. The mode of action of anabolic agents with special reference to their effects on protein metabolism - some speculations. In: Growth in Farm Animals. pp. 211-228.
- CAMFIELD, P.K., BROWN, A.H., JR., LEWIS, P.K., RAKES, L.Y. y JOHNSON, Z.B. 1997. Effects of frame size and time-on-feed on carcass characteristics, sensory attributes, and fatty acid profiles of steers. J. Anim. Sci. 75:1837-1844.
- 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.
- CROSLLEY, 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.
- CROSS, H.R., CARPENTER, Z.L. y SMITH, G.C. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. J. Food Sci. 38:998-1003.
- 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.
- DUARTE, M.S., PAULINO, P.V.R., FONSECA, M.A., DINIZ, L.L., CAVALI, J., SERÃO, N.V.L., GOMIDE, L.A.M., REISA, S.F. y COX. R.B. 2011. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nelore bulls. Meat Sci. 88:441-446.
- 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.
- 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., WAGNER, D.G., OWENS, F.N., DOLEZAL, H.G. y GILL, D.R. 1999. Effect of anabolic implants on beef intramuscular lipid content. J. Anim. Sci. 77:1100-1104.
- 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.
- 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.
- FLUHARTY, F.L., TURNER, T.B., MOELLER, S.J. y LOWE, G.D. 2000. Effects of age at weaning and diet on growth of calves. J. Anim. Sci. 78:1759-1767.

- GEAY, Y., BAUCHART, D., HOCQUETTE, J.F. y 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
- GILL, D.R., KING, M.C.H., DOLEZAL, G., MARTIN, J.J. y STRASIA, C.A. 1993a. Starting age and background: Effects on feedlot performance of steers. *Anim. Sci. Res. Rep.* MP-126. Oklahoma State Univ., Stillwater. pp 197-203.
- GILL, D.R., OWENS, F.N., KING, M.C. y DOLEZAL, H.G. 1993b. Body composition of grazing or feedlot steers differing in age and background. *Anim. Sci. Res. Rep.* MP-126. Oklahoma State Univ., Stillwater. pp 185-190.
- 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.
- HERSOM, H.B., HORN, G.W., KREHBIEL, C.R. y PHILIPS, W.A. 2004. Effect of live weight gain for steers during winter grazing: I, Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 82:262-272.
- HILL, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Food Sci.* 31:161-166.
- 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.
- HOOD, D.E. 1980. Factors affecting the rate of metmyoglobin accumulation in prepackaged beef. *Meat Sci.* 4:247-265.
- HOOD, R.L. 1982. Relationships among growth, adipose cell size, and lipid metabolism in ruminant adipose tissue. *Feder. Proc.* 41:2555-2561.
- HOVING-BOLINK, A.H., HANEKAMP, W.J.A. y WALSTRA, P. 1999. Effects of sire breed and husbandry system on carcass, meat and eating quality of Piemontese and Limousin crossbred bulls and heifers. *Livest. Prod. Sci.* 57:273-278.
- 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.
- JURIE, C.L., ROBELIN, J., PICARD, B., RENAND, G. y GEAY, Y. 1994. Inter-animal variation in the biological characteristics of muscle tissue in male limousine cattle. *Meat Sci.* 39:415-425.
- KEANE, M.G. y ALLEN, P. 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 56:203-214.
- KOOHMARAIE, M., KENT, M.P., SHACKELFORD, S.D., VEISETH, E. y WHEELER T.L. 2002. Meat tenderness and muscle growth: Is there any relationship? *Meat Sci.* 62:345-352.
- 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., MONTGOMERY, T.H., PERINO, L.J. y 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. Metmyoglobin formation in beef stored in carbon dioxide enriched and oxygen depleted atmospheres. *J. Food Sci.* 35:33-36.
- 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.* 26:443-454.
- LOCHNER, J.V., KAUFFMAN, R.G. y MARSH, B.B. 1980. Early-postmortem cooling rate and beef tenderness. *Meat Sci.* 4:227-241.
- 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.
- 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.
- MORRIS, C.A., KIRTON, A.H., HOGG, B.W., BROWN, J.M. y MORTIMER, B.J. 1995. Meat composition in genetically selected and control cattle from a serial slaughter experiment. *Meat Sci.* 39:427-435.
- MYERS, S.E., FAULKNER, D.B., IRELAND, F.A. y PARRETT, D.F. 1999a. Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. *J. Anim. Sci.* 77:323-329.
- MYERS, S.E., FAULKNER, D.B., IRELAND, F.A., BERGER, L.L. y PARRETT, D.F. 1999b. Production systems comparing early weaning to normal weaning with or without creep feeding for beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:300-310.
- MYERS, S.E., FAULKNER, D.B., NASH, T.G., BERGER, L.L., PARRETT, D.F. y MCKEITH, F.K. 1999c. Performance and carcass traits of early-weaned steers receiving either a pasture growing period or a finishing diet at weaning. *J. Anim. Sci.* 77:311-322.
- 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.
- 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.
- 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.
- OPATPATANAKIT, Y., SETHAKUL, J., TUNVISOOTTIKUL, K. y PROM-IN, W. 2007. Factors affecting on carcass quality of feedlot steers under production system of Kamphaengsaen beef cooperative. In: Proceedings of the animal science research. The 45th annual conf. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, pp. 171-178.
- 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. *Austr. J. of Exp. Agric.* 44:705-715.
- 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., y CULIOLI J. 2007. Muscle and meat characteristics from the main beef breeds of the Massif Central. *Sci. Alim.* 27:168-180.
- PORDOMINGO, A.J., GARCÍA, T.P. y VOLPI-LAGRECA, G. 2012b. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: II. Longissimus muscle proximate composition, cholesterol and fatty acids. *Meat Sci.* 90:947-955.
- 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, carcass and meat quality. *Meat Sci.* 90:939-946.
- PRIOLO, A., MICOL, D. y AGABRIEL, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat color and flavor. A review. *Anim. Res.* 50:185-200.
- PURCHAS, R.W., BURNHAM, D.L. y MORRIS, S.T. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80: 3211-3221.
- PURSLow, P.P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 70:435-447.
- 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.
- RILEY, R.R., SMITH, G.C., CROSS, H.R., SAVELL, J.W., LONG, C.R. y CARTWRIGHT, T.C. 1986. Chronological age and breed-type effects on carcass characteristics and palatability of bull beef. *Meat Sci.* 17:187-198.
- ROMPALA, R.E., JONES, S.D.M., BUCHANAN-SMITH, J.G., y BAYLEY, H.S. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 61:637-646.
- SAMI, A.S., AUGUSTINI, C. Y SCHWARZ, F.J. 2004b. Effect of feeding intensity and time on feed on intramuscular fatty acid composition of Simmental bulls. *J. of Anim. Physiol. and Nutr.* 88:179-187.
- SAS. 2003. SAS user's guide: Statistics. Version 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- SCHOONMAKER, J.P., FLUHARTY, F.L., LOERCH, S.C., TURNER, T.B., MOELLER, S.J. y WULF, D.M. 2001. Effects of weaning status and implant regimen on growth, performance, and carcass characteristics of steers. *J. Anim. Sci.* 79:1074-1084.
- SCHOONMAKER, J.P., LOERCH, S.C., FLUHARTY, F.L., ZERBY, H.N. y TURNER, T.B. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80:2247-2254.
- SCHOONMAKER, J.P., LOERCH, S.C., FLUHARTY, F.L., TURNER, T.B., ROSSI, J.E., MOELLER, S.J., WULF, D.M., y DAYTON, W.R. 2002. Effect of an accelerated finishing program on performance, carcass characteristics, and circulating IGF-1 concentration of early-weaned bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80:900-910.
- 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.
- SEIDEMAN, S.C., CROSS, H.R., OLTJEN, R.R. y SCHAMBACHER, B.D. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: A review. *J. Anim. Sci.* 55:826-840.
- 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.
- 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. y BRANSBY, D.I. 1996. Consumer acceptability and beta-carotene content of beef as related to cattle finishing diets. *J. Food Sci.* 61:1254-1257.
- STRYDOM, P.E., FRYLINCK, L., VAN HEERDEL, S.M., HOPE-JONES, M., HUGO, A., WEBB, E.C., MOHOLISA, E., LIEBENBERG, B.E. y SEHOOLE, O.C. 2015. Sources of variation in quality of South African beef: Case studies in relation to the red meat classification system. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 45:289-301.
- 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.
- VALIN, C., RUSSELL, H. y SMITH, S.B. 1992. Tissue development in relation to meat quality. In R. Jarringe & C. Béranger (Eds.), *World animal science, C5: Beef cattle production.* Amsterdam: Elsevier. pp. 131-149.
- 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.

- WARRISS, P.D. 2003. Ciencia de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 278.
- WEGNER, J., ALBRECHT, E., FIEDLER, I., TEUSCHER, F., PAPSTEIN, H.J. y ENDER, K. 2000. Growth- and breed-related changes of muscle fiber characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1485–1496.
- WHEELER, T.L., CUNDIFF, L.V., SHACKELFORD, S.D. y KOOHMARAIE, M. 2005. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *J. Anim. Sci.* 83:196–207.
- WHEELER, T.L., SAVELL, J.W., CROSS, H.R., LUNT, D.K. y SMITH, S.B. 1990. Effect of postmortem treatment on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:3677–3686.
- WULF, D.M., MORGAN, J.M., TATUM, J.B. y SMITH, G.C. 1996. 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.
- 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.
- 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.