

Productividad y características de la carne de vaquillonas F1 del cruzamiento de Angus con Criollo, Hereford o Shorthorn en pasturas de alfalfa

Performance and characteristics of beef from Criollo x Angus, Hereford x Angus and Shorthorn x Angus F1 heifers finished on alfalfa pasture

**Pordomingo^{1,2}, A.J., Grigioni³, G., Carduza³, F., García³, T.P.,
Pordomingo^{1,4}, A.B. y Volpi Lagreca¹, G.**

EEA Guillermo Covas INTA Anguil, La Pampa. Facultad Ciencias Veterinarias, UNLPam.
Instituto de Tecnología de Alimentos, INTA Castelar. Facultades de Ciencias Veterinarias y de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa

Resumen

En el presente trabajo se evaluó el efecto de cruzamientos sobre las características físicas y químicas de la carne bovina. Se utilizaron 24 vaquillonas Shorthorn x Angus (ShAA), Hereford x Angus (HeAA), Criollo x Angus (CrAA), de similar edad y peso las que se engordaron en pastoreo sobre alfalfa pura durante 182 días, sin restricciones al consumo voluntario. Se registró el peso vivo mensualmente, previo desbaste. Al finalizar el ensayo, las vaquillonas se faenaron en una planta frigorífica y se tomó una muestra de bife entre la 9^{na} y 11^{va} costilla de la media res izquierda de cada animal, sobre la que se determinaron parámetros físicos, químicos y sensoriales de la carne. El aumento de peso resultó similar entre ShAA y HeAA ($p>0,10$), promedio que fue superior ($p<0,05$) al de CrAA. Los cruzamientos HeAA y ShAA no se diferenciaron ($p>0,10$) en largo y ancho de bife, AOB, marmorado, GI, EGD y rendimiento de res. El cruzamiento CrAA resultó de menor rendimiento de res ($p<0,05$), bifes más chicos y menor ($p<0,5$) contenido graso, comparado con los otros. No se detectaron efectos de cruzamientos ($p>0,05$) en pH, CRA, WB, mermas por cocción, L^* y b^* , o en parámetros sensoriales (terneza, flavor, jugosidad y contenido de tejido conectivo). El factor a^* resultó menor ($p<0,05$) en ShAA, respecto a CrAA y HeAA. No se detectaron efectos de los cruzamientos ($p>0,05$) sobre el perfil de ácidos grasos individuales, en los grupos de ácidos saturados, mono-insaturados, poli-insaturados, omega 3 (n-3) y omega 6 (n-6), y en las relaciones entre AGPI n6/AGPI n3 (n-6/n-3) y C18:2/C18:3. El cruzamiento ShAA tuvo el mayor ($p<0,05$) contenido de ácidos grasos totales, comparado con los otros dos.

Palabras clave: engorde pastoril, vaquillonas, Warner-Bratzler, lípidos, cruzamientos.

Recibido: abril 2011

Aceptado: diciembre de 2011

1. Técnicos de la Estación Experimental "Guillermo Covas" de INTA Anguil, La Pampa. apordomingo@anguil.inta.gov.ar

2. Profesor adjunto de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLPam.

3. Técnicos del Instituto de Tecnología de Alimentos de INTA, Castelar, Buenos Aires.

4. Docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam.

Summary

The present study compared alfalfa pasture finished crossbred heifers from Angus cows mated to Criollo, Hereford and Shorthorn sires on performance and beef characteristics. Twenty four Shorthorn x Angus (ShAA), Hereford x Angus (HeAA) and Criollo x Angus (CrAA) heifers of similar age and weight were finished on alfalfa pasture during 182 days, with no restriction to daily intake. Live weights were recorded monthly, after a 17-h fast. All heifers were slaughtered the same day in a commercial abattoir at the end of the study. Forty eight hours after slaughter, the rib section encompassing the 9th to 11th ribs was removed from the left side of each carcass, on which physical, chemical and sensory parameters were determined. Weight gains were similar ($p>0.10$) between ShAA y HeAA and lower for CrAA compared with the other two ($p<0.05$). Crosses ShAA and HeAA did not differ ($p>0.10$) in size of beef, rib eye area, marbling, intramuscular fat, back fat thickness and carcass yield. Hot carcass yield was lower ($p<0.05$), beef was smaller and leaner ($p<0.05$) for CrAA however, compared with the other two treatments. No differences ($p>0.10$) were detected in muscle pH, water holding capacity, Warner-Bratzler shear force, cooking loss, color parameters L* and b*, and parameters between crosses. The a* factor was lower ($p<0.05$) for ShAA, compared with the other two. No effects of crossbreeds were detected ($p>0.100$) on concentrations of individual lipids, saturated, mono-unsaturated and poly-unsaturated fatty acid groups, the omega 3 and omega-6 groups, the ratios omega-6/omega-3 and C18:2/C18:3 of the *longissimus dorsi* intramuscular fat. Cross ShAA had the greatest ($p<0.05$) content of total intramuscular fatty acids, followed by HeAA and CrAA.

Key words: pasture finishing, beef heifers, Warner-Bratzler shear force, lipids, crossbreeding.

Introducción

La evidencia experimental (Kuber et al., 2004; Dikeman et al., 1986; Wheeler et al., 2010) indica que las razas británicas Angus, Hereford y Shorthorn se asemejan más en las características de la carne que entre las razas continentales y las índicas. Según Dikeman et al. (1986, 2005) y Wheeler et al. (2004, 2010), la divergencia en características de la carne entre las razas e Hereford y Angus o sus cruzamientos sería de menor magnitud, que la existente entre razas continentales. Los estudios de variabilidad de las razas británicas comunes para carne indican que la Angus sería la de mayor facilidad de engorde y consistencia en terneza (Nelson et al., 2004; Wheeler et al. 1996, 2001). Melucci et al. (2010) y Papaleo Mazzuco et al., 2010 reportaron menor espesor de grasa dorsal y contenido de intramuscular a la misma edad para la Hereford, comparada con la Angus, en engorde de pastoril.

El cruzamiento Hereford x Angus ha sido reportados como el que mejor combina eficiencia de conversión, rendimiento de res,

marmoreado, terneza y palatabilidad (Koch et al., 1982; Wheeler et al., 1996, 2001). Por su parte, la raza Shorthorn en cruzamiento sobre Hereford o Angus se ha sugerido como una opción para incrementar tamaño de res, sin perder capacidad de engorde y terneza (Fortin et al., 1985; Koch et al., 1982; Wheeler et al., 1996; Pariacote et al., 1998). Sin embargo, la mayoría de la información publicada se ha centrado en el engorde a corral de animales machos y de peso de faena superior a los 450 kg. En sistemas pastoriles la respuesta en producción individual y características de la carne ha sido menos estudiada, en particular si se trata de hembras.

Por su parte, la raza Criollo es utilizada en el entore de vaquillonas de otras razas para reducir el peso al nacer y evitar distocia, o para obtener rodeos (vacas y toros) de mayor tolerancia a ambientes marginales (Orellana et al., 2009). Varias investigaciones (Gárriz et al., 1989; 1998; 2000), indicaron que la raza Criollo es de menor ritmo de crecimiento, menor rendimiento de res y menor contenido graso, comparada con la Angus o la Hereford

en sistemas similares. Pero la interacción genotipo x ambiente puede generar respuestas distintas (Martínez et al., 2009). La información sobre atributos de la carne generada en esos cruzamientos es escasa. Tampoco existen reportes sobre el perfil de lípidos intramusculares del músculo *longissimus dorsi* (LD) de vaquillonas engordadas sobre pasturas puras de alfalfa. El presente trabajo exploró la producción individual y las características físicas y químicas de la carne de vaquillonas F1, producto de los cruzamientos de vacas Angus con toros Criollo, Hereford y Shorthorn engordadas sobre pastura de alfalfa.

Materiales y Métodos

El ensayo se condujo en el campo de producción de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA en Anguil, La Pampa, durante 182 días de la primavera, el verano y el otoño de 2005/6. Se utilizaron 8 vaquillonas de cada uno de los siguientes cruzamientos: Criollo x Angus (CrAA); Hereford x Angus (HeAA); Shorthorn x Angus (ShAA) en pastoreo de una pastura pura de alfalfa. Las vaquillonas utilizadas en este estudio fueron generadas a partir de la asignación al azar de vacas Angus de 4 y 5 años de edad, de similar tamaño, condición corporal y peso (460 ± 9 kg) a 2 toros de cada raza interviniente en los cruzamientos. Todas las vacas estaban entre el 3ro y 4to mes posparto.

Los animales pastorearon el mismo lote de alfalfa. Al inicio del pastoreo (25 de octubre de 2005) las vaquillonas tenían $7,8 \pm 0,4$ meses de edad. Las 24 vaquillonas se manejaron como un único lote utilizando un sistema de pastoreo rotativo de 5 a 7 d de pastoreo por franja y 35 d de descanso; se buscó obtener una eficiencia de cosecha del forraje del 50% de la disponibilidad al inicio del pastoreo. Se planeó que la asignación de forraje diaria superara el 6% del peso vivo del animal promedio (base seca) para evitar restricciones al consumo. El forraje disponible se muestreó semanalmente para realizar determinaciones de disponibilidad y retener un alícuota para análisis proximal.

Determinaciones:

Composición nutritiva del alimento: Con las muestras de forraje se realizó un pool mensual sobre el que se determinó el contenido de materia seca (MS) y los contenidos de proteína bruta (PB; N Kjeldahl * 6,25) (AOAC, 1990) y FDA (Goering y Van Soest, 1970). Con la información de FDA se estimó la digestibilidad de la MS (DMS) de acuerdo a la ecuación de NRC (1996). A partir de DMS se estimó la concentración de energía metabolizable (EM, Mcal/kg MS) del forraje (NRC, 1996).

Para una mejor descripción del alimento y sus implicancias sobre el perfil de lípidos en el animal, sobre las mismas muestras de forraje se determinó el contenido total de lípidos y la composición de ácidos grasos de la fracción grasa. El contenido total de lípidos se determinó sobre 5 g de muestra (base seca) mediante extracción con solvente (hexano) en un Tekator de acuerdo a AOAC (2000). La extracción para determinación del perfil de ácidos grasos del forraje se realizó sobre 5 g de muestra (previo secado en estufa a 60 °C) siguiendo la técnica de Folch et al. (1957). Sobre esa fracción se procedió a la metilación de los lípidos (Pariza et al., 2001) y la separación de los mismos por cromatografía en fase gaseosa en un equipo Chrompack CP 900, equipado con un ionizador de llama. Se utilizó una columna capilar CP-Sil88 (100 m x 0,25 mm i.d.) (Chrompack Inc., Middleburg, The Netherlands, con nitrógeno como gas portador. La temperatura del horno fue programada a 70 °C por 4 min, incrementable de 70 a 170 °C a una tasa de 13 °C/min y luego incrementos de 170 a 200 °C a 1 °C/min, de acuerdo a García y Casal (1993). Los ácidos grasos individuales fueron identificados comparando los tiempos de retención relativos a estándares (PUFA-2 Animal Source, Supelco).

Aumento de peso: Los animales se pesaron individualmente en balanza electrónica los días 0, 60, 119 y 182 del ensayo, con desbaste de 17 h (encierre sin acceso a alimento, con disponibilidad de agua de bebida). Con la información de peso vivo (PV) se calculó el aumento diario de peso vivo (APV) entre pesadas y global.

Faena, rendimiento y características de res: Los animales se consideraron listos para faena cuando todos los animales superaron los 350 kg de PV y se calificaron como "terminados" por apreciación visual de compradores comerciales. Dos días después de la última pesada fueron trasladados a un frigorífico comercial a 30 km de la Estación Experimental y faenados a las 12 h de su arribo. Inmediatamente se determinó el peso de la res caliente para estimar el rendimiento de res (R_{to} = res en caliente/PV desbastado). Para el cálculo se utilizó el PV determinado a los 182 días se utilizó la determinación de la última pesada individual (dos días antes al de envío a faena).

Muestreo de carne: Se extrajo un bloque de bifés con hueso de cada media res izquierda incluyendo el músculo LD en un corte transversal a la columna vertebral, incluyendo la 9na, 10ma y 11va costillas. Los bloques fueron enfriados por 96 h para su congelamiento posterior en el cámara de congelado de la planta de faena a -20°C . Una vez congelados, los bloques fueron transportados al laboratorio de INTA-EEA Anguil donde se envasaron al vacío y conservaron a -20°C hasta su posterior análisis.

Análisis de la carne: Al momento del inicio de las determinaciones físicas de la carne, de cada bloque obtuvieron 3 bifés con hueso de 2.5 cm de espesor cortando con una sierra eléctrica. Sobre el bife de la 9na costilla se procedió inmediatamente con las determinaciones correspondientes al mismo, y los bifés coincidentes con las costillas 10ma y 11va se mantuvieron congelados y embasados al vacío hasta su utilización en los análisis correspondientes. Previo a las determinaciones, los bifés fueron descongelados 4°C durante 24 h. Los destinados a determinaciones de color fueron expuestos al aire durante 2 h.

Color, pH y capacidad de retención de agua (CRA): Sobre el bife sin deshuesar coincidente con la 9na costilla se realizaron las determinaciones de color, pH y CRA. Las mediciones

de color se realizaron con un espectrofotómetro de reflectancia BYK-Gardner modelo 9000. Las condiciones experimentales fueron: área grande de visión, observador 10° e Iluminante D65. Se utilizó la escala de color CIELab y se determinaron por duplicado para cada muestra de carne los parámetros: L (luminosidad, valor de L^* = 0 para el negro y L^* = 100 para el blanco), a^* (coordenada verde -valores negativos; rojo -valores positivos-; b^* -coordenada azul -amarillo). Se determinó el pH utilizando un pHmetro (Thermo Orion 420, USA) con electrodo estandarizado y calibrado con buffers de pH 4.0 y 7.0. El electrodo fue introducido en el centro de cada sección de LD correspondiente, paralelo a la disposición de las fibras musculares. La CRA se determinó por diferencia de peso a la compresión de una sub-muestra de músculo sobre papel de filtro, siguiendo la metodología propuesta por Zamorano (1996).

Largo, ancho y área del ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD): Sobre la sección de bife de la 10ma costilla y luego del descongelado (según metodología descripta), se determinó el largo y ancho del ojo de la sección del LD, y el área del bife mediante planimetría. El espesor de grasa dorsal se determinó con regla milimetrada en posición perpendicular al LD, a 2/3 de la distancia entre los extremos dorsal y ventral de bife.

Merma por cocción y fuerza de corte Warner-Bratzler (WB): El bife de la 10ma costilla, realizadas las determinaciones de AOB y EGD se deshuesó, y retiró la grasa subcutánea y epimisium. El bife se cocinó en una parrilla eléctrica (Philips) hasta una temperatura interna final de 71°C , registrada con termocuplas tipo T insertas en el centro geométrico de cada bife. Se registraron los pesos antes y después de la cocción a fin de determinar la merma por cocción. Las mermas por cocción se expresaron como porcentaje del peso fresco.

Para efectuar las determinaciones de WB se enfrió el bife a 10°C y se removieron 8 tarugos, en paralelo a la orientación de las

fibras. Cada tarugo fue seccionado en su parte media, perpendicular al eje central utilizando la cizalla Warner-Bratzler (modelo 200; G-R Manufacturing Co., Manhattan, Kansas, USA). Se registró la fuerza de corte ejercida expresada en Newtons (N).

Marmoreado: Se determinó por observación visual del marmoreado graso (en condiciones de baja interferencia de brillos) del corte transversal del bife de la 11va costilla, en comparación con la escala de 6 grados de marmoreado (1 = ligero, 2 = escaso, 3 = modesto, 4 = moderado, 5 = ligeramente abundante, 6 = moderadamente abundante), definidos por American Research Service del United States Department of Agriculture (ARS-USDA) para calificación comercial por calidad de la carne bovina.

Perfil Sensorial: El bife correspondiente a la 9na vértebra se utilizó para determinaciones sensoriales por panel. Luego del descongelado, el bife se deshuesó y cocinó en una parrilla eléctrica hasta alcanzar 71 °C de temperatura interna de acuerdo a la metodología descrita en AMSA (1995) y Cross et al., (1978) y bajo normas ISO (1988). Luego de la cocción, se removió la grasa externa y tejido conectivo de fácil separación y cada sección de bife fue cortada en cubos de 1 cm³. Los cubos fueron inmediatamente servidos a un panel entrenado de 8 evaluadores. Se utilizaron escalas de 9 puntos para jugosidad, ternura inicial y sostenida, flavor a carne vacuna y cantidad de tejido conectivo donde 1 representa extremadamente seco, extremadamente duro, sin flavor, y excesivo respectivamente y 9, extremadamente jugoso, extremadamente tierno, extremadamente intenso, y nada.

Contenido de grasa intramuscular, de tejido conectivo y perfil de ácidos grasos: Sobre la sección de LD de cada bife de la 11va costilla se evaluó el contenido de grasa intramuscular (GI), el contenido de tejido conectivo y el perfil de ácidos grasos de la carne. Se determinó el contenido de grasa intramuscular mediante la extracción de la fracción de lípidos de 10 g de

tejido muscular con solventes (hexano) en un aparato Tecator (método Soxhlet; AOAC, 2000). El preparado previo incluyó la remoción de grasa externa al músculo y el molido de la muestra en un molino de cuchillas para carne. Para la determinación del perfil de lípidos se realizó la extracción de la fracción grasa de 5 g de muestra de LD utilizando la técnica de Folch et al., 1957. Sobre esa fracción se procedió a la metilación de los lípidos, la separación por cromatografía en fase gaseosa e identificación en relación a estándares siguiendo la misma metodología descrita para determinación del perfil de lípidos en el forraje. Los resultados se expresaron en porcentaje del total de ácidos grasos (AG). Los ácidos grasos individuales fueron agrupados en ácidos grasos saturados (AGS = mirístico (C14:0) + palmítico (C16:0) + esteárico (C18:0)), ácido graso monoinsaturado (AGMI = miristoleico (C14:1) + palmitoleico (C16:1) + oleico (C18:1)) y ácidos grasos poli-insaturados (AGPI = ácidos grasos n-3 + ácidos grasos n-6), ácidos grasos n-3 (AGPI n-3): (linolénico (C18:3) + eicosapentaenoico (EPA; C20:5) + docosapentaenoico (C22:5; DPA) + docosahexaenoico (DHA; C22:6)) y ácidos grasos n-6 (AGPI n-6): (linoleico (C18:2) + di-homo-gamma-linolénico (DGLA; C20:3) + arachidónico (AA; C20:4) + docosapentaenoico (adrenico; C22:4)). Se determinaron las relaciones AGPI/AGS, 18:2/18:3, n-6/n-3 y el contenido de CLA (ácido graso linoleico conjugado n-6).

Análisis estadístico: El experimento se analizó mediante un modelo mixto de efectos fijos con asignación al azar de las madres Angus a los toros de cada raza (Shorthorn, Hereford y Criollo). Para la evaluación del APV se incluyó medidas repetidas en el tiempo en el modelo (Repeated measures ANOVA de SAS, 1999). El animal se utilizó como unidad experimental. Las medias se calcularon mediante LSmeans (SAS, 1999) y se separaron por diferencia de mínimos cuadrados (Fisher, opción Pdiff en SAS, 1999) y test de Tukey (SAS, 1999) si un efecto de tratamiento se detectó significativo ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 resume la información de disponibilidad y calidad mensual de forraje. La información de calidad del forraje ofrecido, estimada a través del análisis proximal, indicaría que el forraje consumido tuvo una digestibilidad y oferta de EM compatible con aumentos de peso de engorde en sistemas pastoriles. Las estimaciones de respuesta animal mediante las ecuaciones de NRC (1996), a partir de la información de EM del forraje, sugieren un potencial para APV superior a los 700 g/día.

El Cuadro 2 muestra la composición de la fracción de lípidos del forraje. La ausencia de repeticiones de lote no permitió analizar estadísticamente los efectos de época (mes) del año, por lo que se reportan valores mensuales, generados a partir de muestras compuestas de los muestreos semanales, con fines descriptivos del alimento. Aunque no respaldado estadísticamente, se visualiza en las medias un decrecimiento de la cantidad de extracto etéreo hacia el verano. Las proporciones de C16:0 y C18:2 tendrían una tendencia a decrecer hacia el verano y una tendencia inversa en C18:0, C18:1 y C18:3. Sin embargo, en términos absolutos (mg/g MS) C18:2 y

C18:3 habrían decrecido hacia los meses de mayor temperatura. Esa información sugiere que podrían existir efectos de estación u otra variable correlacionada (temperatura, duración del día, etc.), aspectos que merecen ser estudiados en experimentos específicos. Se ha hipotetizado sobre el involucramiento de los ácidos grasos insaturados en la estabilización de membranas ante cambios térmicos o temperaturas bajas (Gombos et al., 1994a, 1994b; Schilling et al., 2003; Moellering et al., 2010). Martínez Ferrer et al. (2009) reportaron cambios en el contenido y perfil de ácidos grasos en pasturas de alfalfa durante el ciclo de crecimiento. Esos investigadores identificaron una relación directa entre el contenido total de lípidos saturados y la temperatura media, y una relación inversa con la radiación y la humedad relativa. Por su parte, para la proporción de C18:3 esas relaciones se invirtieron. Clapham et al. (2005) reportaron que en el contenido de C18:3 es menor en leguminosas que en gramíneas y la variabilidad mayor. Dewhurst et al. (2001) observaron que el contenido de ácidos grasos declina con la maduración de las plantas, por lo que el aporte de lípidos del forraje a la dieta depende del estado fisiológico.

Cuadro 1: Composición nutritiva de la pastura de alfalfa.

Table 1: Nutrient composition of alfalfa pasture.

Mes	Oferta* kg MS/ha	Remanente* kg MS/ha	Eficiencia pastoreo	CMS** kg/100 kg PV	FDA %	DMS %	EM Mcal/kg MS	PB %
Octubre	1348	575	0,57	3,2	28,7	66,6	2,39	23,5
Noviembre	1675	859	0,49	3,1	31,5	64,4	2,32	22
Diciembre	1800	900	0,50	3,2	31,0	65,9	2,34	23,6
Enero	1652	884	0,46	2,9	27,2	67,6	2,45	20,7
Febrero	1568	756	0,52	2,9	25,6	65,7	2,38	21,2
Marzo	1833	943	0,49	3,0	24,3	67,1	2,43	22,4
Abril	1490	550	0,63	2,9	26,8	69,2	2,45	22,7

* Promedio mensual de estimaciones semanales de oferta y remanentes. ** Consumo de materia seca medio diario estimado mensualmente a partir de la diferencia entre oferta y remanente, la superficie asignada, la cantidad de animales (24) y el peso medio mensual de todos los animales. FDA = Fibra detergente ácido, % de la MS. DMS = $88,9 - (0,779 \times \text{FDA})$ (NRC, 1996). EM (Energía metabolizable) = $3,6$

* DMS PB = Proteína bruta, % de la MS.

Cuadro 2: Contenido de extracto etéreo y ácidos grasos en la pastura de alfalfa.

Table 2: Contents of ether extract and fatty acids in the alfalfa pasture.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
EE, g/kg MS	31,5	22,8	25,6	25,6	31,4	34,7	36,2
AG, g/kg MS	27,7	20,3	22,3	21,8	27,6	29,8	32,6
	% de AG						
C14:0	0,11	0,09	0,08	0,09	0,08	0,11	0,1
C14:1	3,04	3,01	3,16	2,83	2,7	2,98	3,39
C16:0	23,5	27,6	26,4	29,8	25,6	26,1	19,4
C16:1	1,79	2,18	1,99	1,73	1,61	1,68	1,46
C18:0	4,3	5,46	5,28	6,43	4,64	4,04	3,05
C18:1	6,58	6,05	7,12	7,43	6,98	6,28	6,67
C18:2	19,1	14,8	17,5	18,4	19,6	21,7	25,9
C18:3	39,5	38,3	34,5	31,7	35,7	34,3	37,8
Otros	2,08	2,62	3,97	1,59	3,09	2,75	2,31
	mg/g MS						
C14:0	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
C14:1	0,84	0,61	0,70	0,62	0,75	0,89	1,10
C16:0	6,51	5,59	5,89	6,50	7,06	7,79	6,31
C16:1	0,50	0,44	0,44	0,38	0,44	0,50	0,48
C18:0	1,19	1,11	1,18	1,40	1,28	1,20	0,99
C18:1	1,82	1,23	1,59	1,62	1,93	1,87	2,17
C18:2	5,29	3,00	3,90	4,01	5,41	6,47	8,44
C18:3	10,9	7,8	7,7	6,9	9,9	10,2	12,3
Otros	0,58	0,53	0,89	0,35	0,85	0,82	0,75
C18:2+C18:3	16,2	10,8	11,6	10,9	15,3	16,7	20,8
C18:3/C18:2	2,07	2,59	1,97	1,72	1,82	1,58	1,46

EE = Extracto etéreo; AG = Ácidos grasos

Las estimaciones realizadas de oferta, remanente y eficiencia de cosecha indican que la oferta de forraje no habría sido restrictiva del consumo voluntario. En promedio de todos los tratamientos, se estimó que el consumo medio diario alcanzó o superó 2,9 kg MS/100 kg PV (Cuadro 1). No se detectaron interacciones del período entre las pesadas con los biotipos estudiados ($p=0,768$) por lo que se reporta el PV inicial, PV final y el APV del ensayo (Cuadro 2). En promedio, las vaquillonas HeAA no se diferenciaron ($p>0,10$) de las ShAA en PV (Cuadro 3). Pero, el cruzamiento CrAA resultó más liviano ($p<0,05$) que

las otras dos al finalizar el ensayo. Los cruzamientos HeAA y ShAA resultaron en similar ($p=0,415$) APV, superiores ($p=0,035$) al de CrAA (Cuadro 3).

En promedio, las vaquillonas HeAA y ShAA no se diferenciaron ($p>0,217$) en rendimiento de res, largo y ancho de bife, AOB, veteado, GI y EGD. Ambos tratamientos superaron ($p<0,05$) a CrAA en estos parámetros (Cuadro 3). Menor APV, menor rendimiento y res más magra para la raza Criollo o sus cruza han sido reportados en otras evaluaciones (Gárriz et al., 1989; 1998; 2000; Orellana et al., 2009).

Cuadro 3: Efecto del cruzamiento sobre el aumento de peso (APV) y las características químicas y físicas del músculo *longissimus dorsi* (LD) de vaquillonas F1, hijas de vacas Angus x Criollo, Hereford o Shorthorn, terminadas sobre pasturas puras de alfalfa.

Table 3: Effects of crossbreeding on weight gain (APV) and chemical and physical properties of longissimus muscle of Angus x Criollo (CrAA), Hereford (HeAA) or Shorthorn (ShAA) F1 heifers finished on alfalfa pasture.

	CrAA	HeAA	ShAA	EE	P =
Peso vivo, kg					
d 0	223	223	224	1,11	0,801
d 182	362 a	369 b	372 b	1,95	0,001
APV, g/d					
d 0 a 182	765 a	801 b	812 b	9,6	0,008
Características de la carcasa y del bife					
Rendimiento, %	56,0 a	58,6 b	59,4 b	0,38	0,027
Largo bife, cm	11,23 a	11,89 b	11,92 b	0,211	0,034
Ancho bife, cm	6,24 a	6,88 b	7,21 b	0,175	0,038
AOB, cm ²	54,6 a	55,8 b	56,4 b	1,54	0,032
EGD, mm	5,6 a	7,9 b	8,3 b	0,45	0,021
Marmoreado	1,8 a	3,2 b	3,3 b	0,152	0,044
GI, % de músculo LD	2,39 a	3,07 b	3,27 b	0,229	0,045
pH	5,72	5,73	5,70	0,053	0,528
Propiedades físicas del músculo LD					
CRA, %	28,7	27,8	27,2	0,043	0,472
Fuerza de corte WB, N	32,29	32,16	30,65	0,583	0,069
Merma cocción, %	27,9	28,3	28,2	0,47	0,825
Evaluación sensorial					
Terneza inicial*	6,13	6,22	6,41	0,168	0,469
Terneza sostenida	6,14	6,19	6,38	0,229	0,551
Jugosidad	5,9	6,3	6,2	0,330	0,417
Flavor	6,3	6,1	6,7	0,199	0,512
Tejido conectivo	5,9	6,4	6,5	0,262	0,244
Color					
L*	34,6	34,4	33,9	0,048	0,086
a*	18,8 b	17,7 b	16,9 a	0,034	0,045
b*	12,1	12,2	12,5	0,046	0,329

n = 8; EE: Error estándar de diferencias de medias; P = Probabilidad de efecto de tratamientos. Rendimiento = Peso de la res en caliente/Peso vivo * 100. AOB = área de ojo de bife. EGD = espesor de grasa dorsal. Marmoreado: 1 = ligero, 2 = escaso, 3 = modesto, 4 = moderado, 5 = ligeramente abundante, 6 = moderadamente abundante. GI = Grasa intramuscular. CRA = capacidad de retención de agua. WB = Warner – Bratzler. *Escala de 9 puntos para terneza inicial y sostenida, jugosidad, flavor a carne vacuna y cantidad de tejido conectivo: 1 =, extremadamente duro, extremadamente seco, sin flavor, y excesivo, respectivamente; y 9 = extremadamente jugoso, extremadamente tierno, extremadamente intenso, y nada. L* = luminosidad; a* = tendencia al rojo; b* = tendencia al amarillo. a,b: Medias seguidas por distinta letra difieren (p<0,05).

No se detectaron efectos de los cruzamientos ($p>0,05$) sobre pH, CRA, WB, mermas por cocción, y apreciación de terneza inicial, terneza sostenida y presencia de tejido conectivo. La literatura es concluyente sobre los efectos raciales y sus cruzamientos en terneza y engrasamiento cuando se comparan los grupos *Bos indicus* vs. *Bos taurus* (Bidner et al., 1986, 2002; Crouse et al., 1989; Christensen et al., 1991; Shackelford et al., 1991; O'Connor et al. 1997), pero las diferencias son sensiblemente menores cuando se comparan razas dentro de los grupos (Wheeler et al., 2001; 2010). Dentro del grupo *Bos taurus*, las razas tienden a diferenciarse en GI y EGD en función del tamaño adulto y precocidad pero los efectos raciales en terneza serían menos evidentes (Dikeman et al., 2005; Wheeler et al., 2010) aunque no se tiene información de todas las razas de este grupo y en particular es escasa en la interacción genotipo x sistema de producción (terminación a corral vs pastoril).

Entre los trabajos que reportaron efectos raciales sobre WB dentro del *Bos taurus*, Monson et al. (2004) detectaron diferencias en terneza entre las razas Pardo suizo, Holstein español, Limousin y Blonde d'Aquitaine, asociadas al contenido de colágeno insoluble. Las razas especializadas en producción de carne (Limousin y Blonde d'Aquitaine) resultaron de menor WB que las otras dos. Purslow (2005) sugiere que el contenido de tejido conectivo, su fracción soluble y el ritmo de la proteólisis *post-mortem* tendrían mayor incidencia sobre la terneza de la carne que el engrasamiento. El incremento de las fibras de colágeno y su entrecruzamiento aumenta la estabilidad y resistencia del tejido conectivo y la resistencia del músculo al corte (Shorthose y Harris, 1990; McCormick, 1994, 1999; Bailey et al., 1998; Schonfeldt y Strydom, 2010). El contenido de colágeno insoluble se ha asociado a la menor terneza de la carne de las razas índicas (Brahman y Nelore) (Norman, 1982; Riley et al., 2005). Sin embargo, no existen referencias en la bibliografía sobre el contenido de colágeno insoluble para la raza Criolla y sus cruza. En el presente estudio no se determinó el contenido de colágeno y sus fracciones en el

músculo, pero la ausencia de diferencias en la apreciación del contenido de tejido conectivo se correspondería con la ausencia de diferencias en WB y apreciación de terneza inicial y sostenida por panel sensorial.

Por su parte, el interés del mercado por el nivel de engrasamiento de cobertura que empíricamente define el valor de la res y que se toma como indicador indirecto de la calidad de la carne podría asociarse a una correlación significativa entre engrasamiento intramuscular y terneza. Sin embargo, numerosas investigaciones (Christensen et al., 1991; Dikeman et al., 2005; Duckett et al., 2007; Latimori et al., 2008) detectaron muy baja o ninguna correlación entre el marmoreado o la GI y WB. En experiencias en pastoreo con novillos pesados, Latimori et al. (2008) compararon Angus, Charolais x Angus y Holando Argentino en productividad y atributos de la carne y detectaron efectos del biotipo sobre el EDG y GI pero no sobre WB. En el presente estudio, el marmoteado y el contenido de GI fueron inferiores para CrAA, comparado con los ShAA y HeAA, pero esa diferencia no se detectó en WB.

Tampoco se detectaron en el presente ensayo efectos ($p>0,05$) debido a los cruzamientos en la CRA, la jugosidad y el flavor. La investigación sugiere que dentro del grupo *Bos Taurus*, la dieta (Boles y Swan, 2002; Elmore et al., 2004; Koutsidis et al., 2008) y el nivel de engrasamiento intramuscular (Savell et al., 1986; Duckett et al., 2009; Resconi et al., 2010) tendrían mayores efectos sobre la CRA, la jugosidad y el flavor que las razas o los cruzamientos. Una correlación positiva entre flavor a carne y negativa respecto de flavor desagradables (off-flavors) con el contenido de GI fue reportada por Duckett et al. (2009). Estos autores sugirieron que el contenido de GI influye sobre la percepción e intensidad del flavor y que la maduración de la carne intensifica estas diferencias.

Aunque sería esperable una correlación positiva entre el contenido de GI o el marmoreo y la CRA (Savell et al., 1986), las diferencias raciales en contenido de GI entre tratamientos del presente ensayo no habría sido suficientes para generar diferencias en CRA y

flavor. La corta maduración del presente ensayo (96 horas) podría ser también responsable de la ausencia de efectos de tratamientos sobre estos factores.

No se detectaron ($p>0,05$) efectos de los cruzamientos sobre los parámetros de color en L^* y b^* . Se detectó un efecto ($p=0,045$) sobre a^* , donde ShAA tuvo un valor inferior ($p<0,032$) al de los HeAA y CrAA, en promedio (Cuadro 3). No se encontraron en la literatura reportes de sobre el efecto los cruzamientos involucrados en este estudio sobre los parámetros de color de la carne. Latimori et al. (2008) no detectaron diferencias en los parámetros L^* , a^* y b^* al comparar novillos Angus, Charolais x Angus y Holando Argentino engordados en pastoreo de alfalfa.

Los valores de L^* determinados en nuestro ensayo resultaron inferiores a los reportados por Duckett et al. (2007) para novillos terminados sobre alfalfa y similares a los reportados por Realini et al. (2004) para novillos engordados sobre trébol blanco y ryegrass, los de Gatellier et al. (2005) para novillos terminados en pasturas de ryegrass, y los de Latimori et al. (2008) para novillos terminados en pasturas de alfalfa. Los valores de b^* del músculo fueron mayores que los reportados por Realini et al. (2004), similares a los reportados por Duckett et al. (2007) e inferiores a los reportados por Latimori et al. (2008).

Por su parte, los valores de a^* de estudio fueron inferiores a los reportados en la bibliografía (Realini et al., 2004; Gatellier et al., 2005; Duckett et al., 2007; Latimori et al., 2008) para carnes evaluadas sin o con corta maduración. El factor a^* califica el color en su tendencia al rojo respecto del verde y es el indicador más importante de color para evaluar la oxidación de la carne y su duración en góndola o vida útil (Cornforth, 1994; Tume y Yang, 1996).

El cambio de oxi-mioglobina a metoximioglobina en el tiempo genera la transición del color rojo al marrón en la carne y se registra en un valor inferior de a^* luego de la re-oxidación al aire. La intensidad de a^* y su persistencia se correlaciona con el contenido de mioglobina y con la concentración de hierro

hemático, los que se incrementan con la edad, la actividad y la maduración fisiológica del animal (Renner, 1990; Varnam y Sutherland, 1995). Este factor es afectado por el pH, por el contenido de grasa intramuscular y el de vitamina E (Gatellier et al., 2001). Diferencias en el valor podrían atribuirse al ritmo de engorde, la dieta, el madurado, el período de exposición al aire de la carne previo al análisis y la genética animal (Gatellier et al., 2001). También, valores altos de a^* se correlacionan con pH altos, mayor oxigenación de la carne y menor tasa desnaturalización de la mioglobina (Trout, 1989; Mancini y Hunt, 2005). En nuestro ensayo, las diferencias entre CrAA y ShAA en el factor a^* no podrían atribuirse al pH ya que no se detectaron efectos del cruzamiento sobre el pH intramuscular, pero posiblemente en parte al mayor ritmo de engorde, aunque la ausencia de diferencias con HeAA no permitiría ser concluyente. Sin embargo, se detectó una correlación lineal ($r = 0,871$; $p<0,01$) entre contenido de GI y a^* a través de todos los cruzamientos.

El contenido de ácidos grasos totales en el LD resultó mayor ($p<0,05$) para ShAA, comparado con CrAA, e intermedio para HeAA, siguiendo la tendencia observada en los valores de GI. El contenido de AG detectado en este ensayo es superior al reportado por Latimori et al. (2008) para novillos terminados sobre pasturas similares. La categoría animal (vaquillona versus novillo) pudo ser responsable de la diferencias en GI.

No se detectaron efectos ($p>0,05$) atribuibles al cruzamientos en las proporciones de los AG individuales respecto del contenido intramuscular de lípidos (Cuadro 4), como en los grupos de AGS, AGMI, AGPI, omega 3 (AGPI n-3), o omega 6 (AGPI n-6). Tampoco se detectaron diferencias ($p>0,05$) debidas a los cruzamientos en las relaciones entre AGPI n-6/AGPI n-3 ($n-6/n-3$) y 18:2/18:3 (Cuadro 4). En coincidencia, Nuernberg et al. (2005) y Wood et al. (2008) sugieren que la dieta y en especial la alimentación pastoril y tendría mayor incidencia en el perfil de ácidos grasos y los atributos sensoriales de la carne bovina que la genética animal.

Cuadro 4: Perfil de ácidos grasos de la fracción de lípidos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de vaquillonas F1, hijas de vacas Angus x Criollo, Hereford o Shorthorn, terminadas sobre pastura pura de alfalfa

Table 4: Fatty acid profile of intramuscular fat from *longissimus dorsi* muscle of Angus x Criollo (CrAA), Hereford (HeAA) or Shorthorn (ShAA) F1 heifers finished on alfalfa pasture.

	CrAA	HeAA	ShAA	EE	P =	Prom
Ácidos grasos, g/100 g	1,94 a	2,56 a,b	2,76 b	0,353	0,048	-
14:0, % en peso	2,16	2,42	2,31	0,209	0,597	2,3
15:0, %	1,76	1,62	1,72	0,276	0,831	1,7
16:0, %	25,2	25,38	25,71	0,323	0,329	25,43
16:1, %	2,43	2,87	2,68	0,244	0,622	2,66
17:0, %	0,97	0,92	1,05	0,065	0,38	0,98
17:1, %	0,72	0,84	0,82	0,067	0,508	0,79
18:0, %	13,71	14,31	13,86	0,048	0,564	13,96
18:1 trans, %	1,89	1,71	1,86	0,174	0,756	1,82
18:1, %	36,08	34,51	35,21	0,465	0,122	35,26
18:2 n-6, %	2,82	2,72	2,88	0,154	0,734	2,81
20:1, %	0,13	0,12	0,12	0,01	0,202	0,12
18:3 n3, %	1,1	1,15	1,09	0,041	0,55	1,11
18:2c9, t11, %	0,63	0,65	0,65	0,014	0,833	0,64
20:3 n-6, %	0,29	0,28	0,28	0,034	0,883	0,28
20:4 n-6, %	0,92	1,09	1,06	0,151	0,934	1,02
20:5 n-3, %	0,72	0,84	0,83	0,068	0,532	0,8
22:4 n-6, %	0,08	0,09	0,08	0,01	0,733	0,08
22:5 n-3, %	0,84	0,7	0,7	0,082	0,242	0,74
22:6 n-3, %	0,06	0,07	0,07	0,01	0,622	0,07
C18:2/C18:3	2,59	2,37	2,65	0,132	0,299	2,54
AGS, %	41,07	42,11	41,88	0,666	0,299	41,78
AGMI, %	40,4	39,09	39,75	0,471	0,192	39,74
AGPI n-6, %	4,11	4,17	4,29	0,319	0,964	4,19
AGPI n-3, %	2,72	2,76	2,69	0,152	0,895	2,72
AGPI, %	6,82	6,94	6,98	0,439	0,988	6,91
AGPI n-6/AGPI n-3	1,53	1,51	1,59	0,084	0,763	1,54

n = 8; EE: Error estándar de diferencias de medias; P: Valor de F > Fo para efecto de tratamientos; Prom= Promedio AGS = C14:0 + C16:0 + C18:0. AGMI = C14:1 + C16:1 + C18:1. AGPI n-3 = C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6. AGPI n-6 = C18:2 + C20:3 + C20:4 + C22:4. AGPI = n-3 + n-6. a,b: Medias de tratamientos en filas seguidas por distinta letra difieren (p<0,05).

Se destaca la similitud de los valores de la concentración de CLA cis-9 t-11, y las relaciones n-6/n-3 y C18:2/C18:3 a las reportadas en la bibliografía para carne producida en planteos pastoriles (French et al., 2000, 2001, 2003; Realini et al., 2004; Noci et al., 2005; García et al., 2008; Duckett et al., 2009). El contenido promedio de AGS fue inferior y de AGMI y AGPI mayor al reportado en esos estudios. La diferencia entre los valores del presente estudio y los citados podría deberse en parte a la categoría de animal, la edad y el peso a la faena. Scollan et al. (2003) reportaron una relación negativa exponencial entre la GI y la relación entre AGPI/AGS.

Conclusiones

Los cruzamientos de Shorthorn y Hereford x Angus generaron vaquillonas que, en promedio, no se diferenciaron en ritmo de engorde, peso final, rendimiento de res, engrasamiento dorsal e intramuscular luego de una invernada pastoril. Por su parte, el cruzamiento Criollo x Angus resultó más liviano a una misma fecha de faena, de menor aumento de peso, menor rendimiento de res, menor tamaño de músculo LD y carne más magra.

Sin embargo, los cruzamientos no se diferenciaron en las características físicas (WB, CRA, mermas por cocción) y sensoriales (terneza, jugosidad, flavor y presencia de tejido conectivo) de la carne, excepto en el parámetro de color a^* . El cruzamiento de Shorthorn x Angus podría generar vaquillonas que terminadas sobre alfalfa tengan una res con menor incidencia de rojo en el músculo (menor valor de a^*) respecto de los cruzamientos HeAA y CrAA. El cruzamiento ShAA generó también la carne con mayor contenido de AG totales en LD que las HeAA o CrAA. Pero, diferencias en el perfil de AG no serían esperables entre los cruzamientos comparados.

Sería necesario profundizar los estudios sobre los efectos del cruzamiento con Shorthorn sobre el color de la carne y sus implicancias.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal de apoyo de campo y laboratorio de la Estación Experimental de INTA Anguil y el Instituto de Tecnología de Alimentos de INTA en Castelar, por su compromiso y seriedad en sus responsabilidades involucradas en el presente estudio. Se agradece el apoyo económico a INTA y a INTeA S.A. por poner a disposición animales, alimentos e infraestructura para la realización de este ensayo.

Bibliografía

- AMSA. 1995. Research guidelines for cookery sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of meat. Chicago, IL: American Meat Science Association and National Livestock Meat Board.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 15th ed. 3er supplement, Arlington, VA, USA. 70 p.
- Bailey, A.J., Paul, R.G. and Knott, L. 1998. Mechanisms of maturation and ageing of collagen. *Mechanisms of Ageing and Development* 106:1-56.
- Bidner, T.D., Schupp, N.R., Mohamad, A.B., Rumore, N.C., Montgomery, R.E., Bagley, C.P. and 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.
- Bidner, T.D., Wyatt, W.E., Humes, P.E., Fraanke, D.E. and Blouin, D.C. 2002. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition and palatability. *J. Anim. Sci.* 80:2126-2133.
- Boles, J.A. and Swan, J.E. 2002. Processing and sensory characteristics of cooked roast beef: Effect of breed, age, gender and storage conditions. *Meat Sci.* 62:419-427.
- Christensen, K.L., Johnson, D.D., West, R. L., Marshall, T.T. and Hargrove, D.D. 1991. The effect of breed and age at feeding on muscle tenderness in beef chuck. *J. Anim. Sci.* 69:3673-3678.
- Clapham, W.M., Foster, J.G., Neel, J.P.S. and Fedders, J.M. 2005. Fatty acid composition of traditional and novel forages. *J. Agric. Food Chem.* 53:10068-10073.
- Cornforth, D. 1994. Color - Its bases and importance. Pages 34-78 in *Quality attributes and their*

- measurement in meat, poultry and fish products. A.M. Pearson and T. R. Dutson, ed. *Advances in Meat Research Series*, vol. 9.
- Cross, H.R., Moen, R. and Stanfield, M.S. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Sci. & Tech.* 37: 48-54.
- Crouse, J.D., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Koohmaraie, M. and Seideman, S.C. 1989. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.* 67:2661-2668.
- Dewhurst, R.J., Scollan, N.D., Youell, S.J., Tweed, J.K.S. and Humphreys, M.O. 2001. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass Forage Sci.* 56:68-74.
- Dikeman, M.E., Pollak, E.J., Zhang, Z., Moser, D.W., Gill, C.A. and Dressler, E.A. 2005. Phenotypic ranges and relationships among carcass and meat palatability traits for fourteen cattle breeds, heritabilities and expected progeny differences for Warner-Bratzler shear force in three beef cattle breeds. *J. Anim. Sci.* 83:2462-2467.
- Dikeman, M.E., Reddy, G.B., Arthaud, V.H., Tuma, H.J., Koch, R.M., Mandigo, R.W. and Axe, J.B. 1986. *Longissimus* muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *J. Anim. Sci.* 63: 92-101.
- Duckett, S.K., Neel, J.P.S., Fontenot, J.P. and 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., Sonon, R.N., Jr., Fontenot, J.P., Clapham, W.M. and 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.
- Elmore, J.S., Warren, H.E., Mottram, D.S., Scollan, N.D., Enser, M., Richardson, R.I. and 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.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, S.G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biological Chem.* 226:497-509.
- Fortin, A., Veira, D.M., Froehlich, D.A., Butler, G. and Proulx, P.G. 1985. Carcass Characteristics and Sensory Properties of Hereford x Shorthorn Bulls and Steers Fed Different Levels of Grass Silage and High Moisture Barley. *J. Anim. Sci.* 60:1403-1411.
- French, P., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J. and Moloney, A.P. 2003. Fatty acid composition of intramuscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. *Livest. Prod. Sci.* 81:307-317.
- French, P., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Mooney, M.T., Troy, D.J. and Moloney, A.P. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Sci.* 57:379-386.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J. and 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.
- García, P.T. and Casal, J.J. 1993. Argentine beef lipids. *Fleischwirtschaft*, 73:755-758.
- García, P.T., Pensel, N.A., Sancho, A.M., Latimori, N.J., Kloster, A.M., Amigone, M.A. and Casal, J.J. 2008. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*, 79:500-508.
- Gárriz, C.A., Buseti, M., Suárez, V.Y. y Vranic, M. 2000. Rendimiento de faena y terminación de la res de novillos Criollo Argentino, Shorthorn y Criollo x Shorthorn. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 20 (Supl. 1):353-354.
- Gárriz, C.A., Mezzadra, C., Miquel, M. y Gallinger, M. 1989. Rendimiento carnicero y evaluación de la calidad de la canal en novillos raza Criollo Argentino. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9 (2):112-115.
- Gárriz, C.A., Suárez, V.Y., Galliner, M., Buseti, M., Carduza, Y. y Rivera, M. 1998. Peso de faena y composición corporal en novillos puros y cruza Criollo Argentino. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18 (Supl. 1):261-262.
- Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y. and Rennerre, M. 2001. Effect of dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci.* 59:133-140.
- Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H. and Rennerre, M. 2005. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation un meat from Charolais

- cattle. *Meat Sci.* 69:175-186.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses. Apparatus, reagents, procedures, and some applications. *Agriculture Handbook N° 379*. ARS, USDA, Washington, DC. 20p.
- Gombos, Z., Wada, H. and Murata, N. 1994a. The recovery of photosynthesis from low-temperature photoinhibition is accelerated by the unsaturation of membrane lipids: a mechanism of chilling tolerance. *Proc Natl Acad Sci* 391 (19):8787-8791.
- Gombos, Z., Wada, H., Hideg, E. and Murata, N. 1994b. The unsaturation of membrane lipids stabilizes photosynthesis against heat stress. *Plant Physiology* 104: 563-567.
- ISO 8589 (1988). Sensory analysis. General guidance for the design of test rooms.
- Koch, R.M., Dikeman, M. E. and Crouse, J.D. 1982. Characterization of biological types of cattle (cycle III). III Carcass composition, quality and palatability. *J. Anim. Sci.* 54:35-45.
- Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D. and Mottram, D.S. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour: I Effect of diet and breed. *Meat Sci.* 79:124-130.
- Kuber, P.S., Busboom, J.R., Huff-Lonergan, E., Duckett, S.K., Mir, P.S., Mir, Z., McCormick, R.J., Dodson, M.V., Gaskins, C.T., Cronrath, J.D., Marks, D.J. and Reeves, J.J. 2004. Effects of biological type and dietary fat treatment on factors associated with tenderness: I. Measurements on beef *longissimus* muscle. *J. Anim. Sci.* 82:770-778.
- Latimori, N.J., Kloster, A.M., García, P.T., Carduza, F.J., Grigioni, G. and 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.
- Mancini, R.A.I. and Hunt, M.C. 2005. Current research in meat color. *Meat Science* 71:100-121
- Martínez, R.D., Fernández, E.N., Abbiatti, N.N., Rodríguez, D., Aulicino, J.M. y Acevedo Díaz, J.C. Aptitud carnicera del bovino criollo patagónico vs Averdean Angus y cruza entre sí. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 29 (Supl. 1):1-2.
- Martínez Ferrer, J., Silva, M. y Basigalup, D. 2005. Contenido de lípidos y composición de ácidos grasos en alfalfa durante un ciclo de crecimiento. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 25(Supl. 1): 181-182.
- McCormick, R.J. 1994. The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Sci.* 36:79-91.
- McCormick, R.J. 1999. Extracellular modifications to muscle collagen: implications for meat quality. *Poultry Sci.* 78:785-791.
- Melucci, L.M., Villareal, E.L., Mezzadra, C.A. y Papaleo Mazzuco, J. 2010. Engorde y faena de novillos puros y cruza entre Angus, Hereford y Limousin. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (Supl. 1): 95.
- Moellering, E.R., Muthan, B. and Benning, C.H. 2010. Freezing tolerance in plants requires lipid remodeling at the outer chloroplast membrane. *Science* 330: 226-228.
- Monson, F., Sañudo, C. and Sierra, I. 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 68:595-602.
- Nelson, J.L., Dolezal, H.G., Ray, F.K. and Morgan, J.B. 2004. Characterization of Certified Angus Beef steaks from the round, loin, and chuck *J Anim Sci* 82: 1437-1444
- Noci, F., Monahan, F.J., French, P. and Moloney, A.P. 2005. 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.
- Norman, G.A. 1982. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in South-east Brazil: 3 – meat quality. *Meat Sci.* 6:79-96.
- NRC, National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of beef cattle. National Academy Press. 7th Ed. Washington, D.C.
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Wood, J.D., Nute, G.R. and 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'Connor, S.F., Tatum, J. D., Wulf, D.M., Green, R.D. and Smith, G.C. 1997. Genetic effects of beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 75:1822-1830.
- Orellana, C.R., Peña Blanco, F.P., Garcías, V.D. y Peinado, J.M. 2009. Características de la canal y rendimiento en cortes comerciales en novillos Criollo Argentino y Bradford criados en sistemas extensivos ecológicos. *Rev. Brasileira de Ciências Agr.* 4: 489-495.
- Papaleo Mazzuco, J., Melucci, L.M., Villareal, E.L. y Mezzadra, C.A. 2010. Atributos de la carne de novillos puros y cruza entre Angus, Hereford y Limousin. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 30 (Supl. 1):96-97.

- Pariacote, F., Van Vleck, L.D. and Hunsley, R.E. 1998. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits of American Shorthorn beef cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2584-2588.
- Pariza, M.W., Park, Y. and Cook, M.E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress Lipid Research*, 40:283-298.
- 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. and de Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66:567-577.
- Renner, M. 1990. Review: Factors involved in discoloration of beef meat. *Intern. J. Food Sci. and Tech.* 25:613-630.
- Resconi, V.C., Campo, M.M., Font, I., Furnols, M., Montossi, F. and Sañudo, C. 2010. Sensory quality of beef from different finishing diets. *Meat Sci.* 86:865-869.
- Riley, D.G., Jhonson, D.D., Chase Jr, C.C., West, R.L., Cleman, S.W., Olson, T.A. and Hammond, A.C. 2005. Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. *Meat Sci.* 70:347-356.
- SAS 1999. SAS User's Guide: Statistics (Version 8). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 3884 p.
- Savell, J.W., Cross, H.R. and 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.
- Schilling, S.M., Hinch, D.K., Schmitt, J.M., Kohn, C.A. and Tischendorf, G. 2003. Intracellular localization of lipid transfer proteins in Brassica oleracea. *Plant Cell Physiology* 3:923-933.
- Schonfeldt, H.C. and Strydom, P.E. 2010. Effect of age and cut tenderness on South African beef. *Meat Sci.* 87:206-218.
- Scollan, N.D., Enser, M., Gulati, S.K., Richardson, I. and Wood, J.D. 2003. Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle. *British J. Nutr.* 90:709-716.
- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Miller, M.F., Crouse, J.D. and Reagan, J.O. 1991. An evaluation of tenderness of the *longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman cross-bred heifers. *J. Anim. Sci.* 69:171-177.
- Shorthose, W.R. and Harris, P.V. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J. Food Sci.* 55: 1-14.
- Trout, G.R. 1989. Variation in Myoglobin Denaturation and Color of Cooked Beef, Pork, and Turkey Meat as Influenced by pH, Sodium Chloride, Sodium Tripolyphosphate, and Cooking Temperature. *J. Food Sci.* 54(3): 536-544.
- Tume, R.K. and Yang, A. 1996. Fat color in beef. *Meat Focus International* (Marzo), 81.
- Varnam, A.H. and Sutherland, J.P. 1995. The colour of meat. *Meat and meat products technology, chemistry and microbiology*. Chapman & Hall, p. 26.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. and Koohmaraie, M. 2004. Characterization of biological types of cattle (Cycle VI): Carcass, yield, and *longissimus* palatability traits. *J. Anim. Sci.* 82:1177-1189.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. and Koohmaraie, M. 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and *longissimus* palatability. *J. Anim. Sci.* 79:1209-1222.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Kook, R.M. and Crouse, J.D. 1996. Characterization of biological types of cattle (Cycle IV): Carcass traits and *longissimus* palatability. *J. Anim. Sci.* 74:1023-1035.
- Wheeler, T.L., Cundiff, L.V., Shackelford, S.D. and Koohmaraie, M. 2010. Characterization of biological types of cattle (Cycle VIII): Carcass, yield, and *longissimus* palatability traits. *J. Anim. Sci.* 88:3070-3083.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I. and Whittington, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78:343-358.
- Zamorano, J.M. 1996. ¿Qué es y para qué sirve la capacidad de retención de agua de la carne?. *La Industria Cárnica Latinoamericana*. 102:30-36.