

Acabado de vacas de desecho de rebaños lecheros. Revisión Bibliográfica

E. Serrano

C.I.F.A. Gobierno de Cantabria, C/ Héroes 2 de Mayo, 27, 39600, Muriedas, Cantabria, España

Resumen

La finalidad del acabado de vacas de desecho de los rebaños lecheros es incrementar el peso de la canal y el engrasamiento. El incremento de peso debido al músculo es relativamente constante y la mayoría del incremento de peso conseguido a partir de los 30 días de acabado se debe a la deposición de grasa. El ritmo de ganancia de peso y la eficiencia de conversión del alimento disminuyen con el tiempo de acabado y su evolución depende de la raza, la edad y el estado inicial de condición corporal. Entre los factores que condicionan los resultados productivos y la calidad de la canal y de la carne se encuentran la dieta, la edad, la duración del acabado y la condición corporal en el momento del sacrificio, la aplicación de periodos de restricción de la alimentación, la velocidad de ganancia de peso y el manejo de las canales (estimulación eléctrica, protocolo de refrigeración, sistema de suspensión, maduración). Durante el acabado es posible incrementar el contenido de la carne en ácidos grasos con efectos favorables para la salud, como los omega-3, mediante la administración de dietas ricas en forrajes o semillas de lino, e incrementar su vida útil mediante la administración de antioxidantes como vitamina E y extractos vegetales ricos en polifenoles.

Palabras clave: Vacas de desvieje, engrasamiento, calidad de la canal, calidad de la carne, Frisona/Holstein.

Abstract

Finishing of dairy cull cows. Review

The objective of finishing a cull cow is to increase its carcass weight and fat content. Body weight increase is relatively constant due to muscle growth, and after 30 days of finishing, most of the weight increase is mainly due to fat deposition. Daily weight gain and feed conversion efficiency decrease over time, and their evolution depend on breed, age and initial body condition score. Diet, age, length of the finishing period and body condition score at slaughter, the occurrence of a restricted feeding period, daily weight gain and carcass management (electrical stimulation, cooling procedure, suspension system, ageing) are the factors which affect performance and carcass and meat quality. The content of healthy fatty acids, as n-3 fatty acids, can be improved during finishing using forage-rich diets or supplementing the diet with linseed. It is also possible to increase meat shelf-life enriching diets with antioxidants such as vitamin E and plant polyphenols.

Key words: Cull cows, fattening, carcass quality, meat quality, Holstein/Friesian.

* Autor para correspondencia: emmaserrano@cifacantabria.org

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.011>

Introducción

La mayoría de las vacas de desecho de rebaños lecheros se vende sin un acabado previo y el precio obtenido por canal es bajo. La realización de un proceso de acabado de estos animales puede permitir obtener unos mayores ingresos por animal al incrementar el peso de la canal y mejorar la conformación y el engrasamiento. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la rentabilidad de esta actividad se mueve en unos márgenes muy estrechos y que son muchos los factores por los que se puede ver afectada. Una visión completa de esta actividad de cebo debe considerar, además de los factores que influyen sobre los rendimientos productivos y la calidad de la canal, el efecto de estos y otros factores sobre la calidad sensorial de la carne. Optimizar la calidad sensorial debería ser un objetivo destacable del cebo, aunque la mayoría de los eslabones de la cadena de producción y comercialización se fijan en o evalúen únicamente las características de la canal.

España contaba en el año 2013 con un censo de 2.627.380 vacas de las que más del 30% eran vacas lecheras (Tabla 1). Tres comunidades autónomas, Galicia, Asturias y Cantabria, agrupaban el 59% del censo total de vacas lecheras. Si se añaden Cataluña y Castilla y León, el porcentaje del censo total alcanza el 79%. En la Tabla 2 se observa que el sacrificio de vacas supuso aproximadamente un 15% del total de cabezas de ganado vacuno sacrificadas en el año 2013 en España y aportó, también, aproximadamente, un 15% del total de kg de canal producidos; si bien, en comunidades autónomas como Cantabria la importancia relativa del sacrificio de este tipo de ganado fue mucho más alta (44% de las cabezas sacrificadas y 49% de los kg de canal producidos).

La tasa de reposición de vacas en los rebaños lecheros ha ido aumentando en los últimos años de forma paralela al incremento de la

Tabla 1. Censo de vacas (nº de cabezas) en el año 2013
Table 1. Cow census (nº of heads) in 2013

	Vacas	
	Lecheras	Resto
Galicia	368.911	188.705
P. de Asturias	72.966	129.238
Cantabria	65.686	9.997
País Vasco	20.386	46.015
Navarra	24.019	30.922
La Rioja	2.047	16.188
Aragón	14016	43.660
Cataluña	73.295	64.913
Baleares	11.143	2.083
Castilla y León	98.982	486.326
Madrid	6.441	35.677
Castilla La Mancha	24.445	96.760
C. Valenciana	4.996	11.741
R. de Murcia	7.751	813
Extremadura	3.335	394.876
Andalucía	51.999	211.245
Canarias	6383	1.423
ESPAÑA	856.800	1.770.580

Fuente: MAGRAMA (2015a).

producción de kg de leche por lactación y a la disminución de la fertilidad (Dillon *et al.*, 2006; Walsh *et al.*, 2011). Fouz *et al.* (2014) observaron en un trabajo, en el que se consideraba el censo de vacas de raza Frisona en Control Lechero Oficial en Galicia en el año 2009 (108.811 vacas), una vida productiva media de 3,6 lactaciones por vaca y una tasa de reposición de 19,4%. Según este trabajo, un 15,4% de las vacas con un parto o más fueron eliminadas (16.710 animales) por causas distintas a la muerte, sacrificio de urgencia o

Tabla 2. Cabezas sacrificadas y producción de carne de vacuno (Tm de canal) en España en el año 2013
 Table 2. Slaughtered animals and beef production (Tm of carcass) in Spain in 2013

	Cabezas Sacrificadas					Producción (Tm de canal)				
	Terneras + Bovino Joven	Novillas	Vacas	Toros	Total	Terneras + Bovino Joven	Novillas	Vacas	Toros	Total
Galicia	233.172	16.191	114.140	15.451	378.954	46.865	3.718	31.811	5.005	87.400
P. de Asturias	39.492	6.480	20.386	12.204	78.562	9.019	1.553	5.003	4.053	19.628
Cantabria	9.688	7.063	15.204	2.893	34.848	1.964	1.730	4.474	880	9.049
País Vasco	14.869	16.997	5.567	12.025	49.458	3.501	4.526	1.810	3.903	13.740
Navarra	13.845	2.281	4.759	4.975	25.860	4.113	607	1.275	1.378	7.372
La Rioja	10.940	854	1.065	853	13.712	3.015	228	362	274	3.879
Aragón	32.921	7.857	1.456	71.343	113.577	7.705	1.993	407	21.491	31.597
Cataluña	346.028	49.088	16.043	72.079	483.238	80.586	12.165	4.732	21.593	119.075
Baleares	6.454	833	1.505	1.631	10.423	1.445	188	410	420	2.462
Castilla y León	185.429	65.792	66.995	100.957	419.173	43.018	15.656	17.532	31.823	108.029
Madrid	16.495	31.573	5.957	28.007	82.032	4.148	8.090	1.555	9.427	23.221
Castilla La Mancha	13.678	16.816	10.490	119.159	160.143	3.477	3.784	3.288	36.935	47.483
C. Valenciana	22.844	10.417	26.926	69.739	129.926	4.724	2.743	8.869	24.283	40.619
R. de Murcia	62.277	0	0	0	62.277	18.777	0	0	0	18.777
Extremadura	21.267	16.739	11.275	31.017	80.298	5.057	4.414	3.081	10.020	22.572
Andalucía	19.221	26.025	20.317	25.527	91.090	4.485	6.380	5.077	7.867	23.810
Canarias	1.451	1.092	1.315	4.574	8.432	287	273	395	1.173	2.128
ESPAÑA	1.050.071	276.098	323.400	572.434	2.222.003	242.187	68.048	90.079	180.527	580.840

Fuente: MAGRAMA (2015b).

plan de erradicación, siendo, por lo tanto, en principio, susceptibles de un proceso de acabado. La principal causa de eliminación fue la infertilidad. Además, la incidencia de esta causa de eliminación se incrementó cuando se consideraban vacas entre 1º y 3º parto. Evans *et al.* (2006) observaron tasas de reposición en granjas de producción de leche de Irlanda de 16% en el año 1991 y de 27% en el año 2003. Según Therkildsen *et al.* (2011), la tasa de reposición en las granjas de producción de leche de Dinamarca estaría entre el 34 y el 38% y el número medio de lactaciones por vaca en torno a 2. Esta información nos sitúa en un escenario en el que la tasa de reposición aumenta y se eliminan animales más jóvenes, y más frecuentemente por infertilidad, y en el que el margen económico por litro de leche disminuye (Sineiro *et al.*, 2012; Vázquez, 2013). Todos estos factores justifican la importancia de revalorizar cualquier posible producto de la explotación, como son las vacas de desecho.

En trabajos de revisión anteriores sobre acabado de vacas de desecho (Cabaraux *et al.*, 2005; García y Agabriel, 2007) se han analizado los factores de variación que influyen sobre los rendimientos productivos y la calidad de la canal considerando razas lecheras y cárnicas. Las diferencias entre razas cárnicas y lecheras (en España el abanico de razas lecheras se puede reducir en la práctica a la raza Frisona/Holstein), tanto en las características de los animales en el momento del desecho (principalmente edad, menor en vacas lecheras), como en la evolución de la composición corporal y las características de la canal durante el acabado (Robelin *et al.*, 1990; Jurie *et al.*, 2007; Stelzleni *et al.*, 2007), justifican considerar de forma separada las vacas de aptitud lechera. En la presente revisión, además de considerar los resultados de trabajos posteriores a las revisiones citadas, se revisa el efecto de diversos factores sobre la calidad sensorial y nutricional de la carne y sobre su vida útil.

Características generales del cebo de vacas de desecho

El objetivo de realizar el acabado de una vaca lechera al final de su vida productiva es producir una canal lo más pesada posible en función del peso vivo adulto, con un grado de engrasamiento suficiente, pero sin que llegue a ser excesivo. Un exceso de grasa podría llegar a depreciar la canal y, teniendo en cuenta el coste energético de la deposición de grasa, limitaría la rentabilidad económica del proceso.

No todos los animales son, al final de su vida productiva, aptos para iniciar un proceso de acabado. Los resultados obtenidos pueden variar en función de muchos factores (raza, formato, edad, motivo del desecho, pasado productivo y sanitario, etc.). Seleccionar los animales con capacidad para responder adecuadamente al acabado (entendida como capacidad de ganancia de peso) es el primer paso para finalizar con éxito esta actividad productiva relativamente compleja, a diferencia de lo que se considera habitualmente (Malterre, 1986; Cabaraux *et al.*, 2005). No obstante, en la bibliografía no se encuentran trabajos cuyo objetivo sea definir las variables a considerar en el momento de tomar la decisión sobre la idoneidad de una vaca de desecho para iniciar un proceso de acabado o no.

Durante el acabado de una vaca lechera se produce un incremento del peso vivo, del peso de la canal, del rendimiento (el % de peso correspondiente a la canal frente a la no canal aumenta) y del engrasamiento (Jones y McLeod, 1981). Algunos autores han cuantificado la deposición de músculo y grasa durante el cebo de este tipo de animales. Durante el periodo de acabado de una vaca adulta el incremento de peso correspondiente a músculo es relativamente constante y oscila entre 20 y 30 kg y se alcanza en un periodo de tiempo relativamente corto (en torno a 30 días) (Jones y McLeod, 1981; Jones, 1983). El resto del incremento de peso vivo

conseguido corresponde fundamentalmente al incremento de peso de diversos depósitos adiposos. La importancia relativa del incremento de peso de los depósitos adiposos difiere entre razas cárnicas y lecheras. Por ejemplo, Robelin *et al.* (1990) observaron en vacas Holstein un incremento de los valores medios de peso vivo vacío (peso vivo menos peso del contenido digestivo) de 114 kg, de los que unos 87 kg (76%) correspondían a grasa total diseccionable y sólo 8 kg a músculo (7%). En vacas de raza Limusina el incremento de peso vivo vacío fue de 106 kg, el incremento de grasa total diseccionable de 72 kg (68% del incremento) y el de peso del músculo de 19 kg (18% del incremento). En otra raza especializada en la producción de carne, la raza Charolesa, el incremento de peso vivo vacío fue de 131 kg, el de grasa total diseccionable de 85 kg (65% del incremento) y el de peso del músculo de 26 kg (20% del incremento).

En cuanto a la evolución de los distintos depósitos adiposos, se sabe que aumentan más rápido los asociados a las vísceras que los asociados a la canal y que dentro de la grasa diseccionable de la canal, el depósito que más aumenta en términos absolutos es la grasa intermuscular y en términos relativos la grasa subcutánea (Jones, 1983; Robelin *et al.*, 1990). Incrementar la condición corporal en 1 punto (escala 1-5) supone incrementar la masa corporal en 40-45 kg, de los que 30 kg son lípidos (García y Agabriel, 2007).

Durante el acabado de vacas de desecho se pueden alcanzar ganancias medias diarias de peso relativamente altas, aunque a medida que transcurre el periodo de acabado estas ganancias y la eficiencia de conversión del alimento van disminuyendo (Jones y McLeod, 1981; Malterre, 1986). Las ganancias son más altas cuando se parte de animales delgados con capacidad para expresar un crecimiento compensatorio, asociado a una mayor eficiencia de utilización de la energía

y capacidad de retención del nitrógeno (Fretly y Nienaber, 1998). La ganancia de peso sigue una evolución exponencial decreciente a lo largo del periodo de acabado. Esta evolución se explica por tres principios que se combinan de distinta forma según la raza, la edad y el estado inicial de condición corporal del animal (Jones y McLeod, 1981; Graham y Price, 1982; Malterre, 1986; Cabaraux *et al.*, 2005): 1°. Aumentan las necesidades de mantenimiento como consecuencia del incremento del peso metabólico y de las vísceras (especialmente del hígado); 2°. Disminuye la capacidad de ingestión (-0,5 ULB por cada punto de condición corporal; ULB: Unidad Lastre Bovino, INRA (1990)) debido fundamentalmente al efecto negativo sobre el apetito del incremento de lípidos en sangre; 3°. La ganancia de peso se hace más rica en grasa y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable disminuye. En la práctica, el factor que se podría manejar en las explotaciones para intentar modular el efecto de los 3 principios citados sería el nivel de alimentación (García y Agabriel, 2007).

Sistemas de cebo y factores que condicionan los rendimientos productivos, la calidad de la canal y la calidad sensorial de la carne

En las Tablas 3 y 4 se recoge información sobre algunos ensayos de acabado de vacas de desecho de raza Frisona/Holstein. Algunos datos han sido calculados a partir de información recogida en las publicaciones.

Objetivo del cebo y momento del sacrificio

En la bibliografía se encuentran dos tipos de trabajos, aquellos en los que se estudian los rendimientos productivos, la calidad de la canal y/o de la carne después de periodos de acabado de duración determinada (Vestergaard *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2009) y aque-

Tabla 3. Condiciones de los ensayos de algunos ejemplos de trabajos sobre acabado de vacas de reforma de rebaños lecheros
 Table 3. *Experimental conditions in some research studies on dairy cull cow finishing*

Factores estudiados	Dietas / Manejo	Alimentos UFL ¹ y g PB ² / kg MS ³	Ración UFL ¹ /kg MS ³	Objetivos del cebo
Acabado en pasto				
Irlanda: Minchin <i>et al.</i> (2010)	Estrategia de invernada antes del acabado en pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> • Secado + Silo de hierba <i>ad libitum</i>, 84 días Pastoreo hasta sacrificio • Secado + Silo de hierba 75% Paja 25% <i>ad lib.</i>, 84 d Pastoreo hasta sacrificio • Ordeño + Silo de hierba <i>ad lib.</i> y 6 kg concentrado 84 d Secado, pastoreo hasta sac. 		Peso Vivo > 620 kg Canal fría > 270 kg Engrasamiento ≥ 3 Conformación > P+
Acabado en estabulación				
Canadá: Jones y McLeod (1981); Jones (1983)	Edad <8 dientes permanentes >8 dientes permanentes	Secado y ración <i>ad libitum</i> 70% ensilado de grano de maíz, 30% ensilado leguminosas	Ensilado leguminosas: 35% MS, 18% PB Ensilado grano maíz: 74% MS, 11% PB	Sacrificio de 2 animales por lote cada 7 días a partir de los 68 días
Dinamarca: Vestergaard <i>et al.</i> (2007)	Duración del acabado: 2 vs. 4 meses	Mezcla completa: cebada, melaza, pulpa de remolacha, torta de soja y paja	0,81 UFL; 130 g PB 0,81	
Irlanda: Minchin <i>et al.</i> (2009)	Proporción de concentrado de la ración	Ensilado de hierba <i>ad libitum</i> + 0, 3, 6, 9 kg de concentrado	Silo de hierba: 0,82 UFL; 146 g PB Concentrado: 1,08 UFL; 124 g PB	Peso Vivo > 620 kg Canal fría > 270 kg Engrasamiento ≥ 3 Conformación ≥ P+

¹ UFL: Unidades Forrajeras Leche; ² PB: Proteína Bruta; ³ MS: Materia Seca.

Tabla 3. Condiciones de los ensayos de algunos ejemplos de trabajos sobre acabado de vacas de reforma de rebaños lecheros (continuación)
 Table 3. *Experimental conditions in some research studies on dairy cull cow finishing (continuation)*

Factores estudiados	Dietas / Manejo	Alimentos UFL ¹ y PB ² / kg MS ³	Ración UFL ¹ /kg MS ³	Objetivos del cebo
España: Moreno <i>et al.</i> (2012) <ul style="list-style-type: none"> • Condición corporal inicial: alta >2,5; baja < ,5 • Dieta 	<ul style="list-style-type: none"> • Silo de maíz + concentrado • Pastoreo + heno 	Silo maíz: 0,97 UFL; 74,1 g PB Concentrado: 1,14 UFL; 157 g PB Pastoreo: 1,1 UFL; 65g PB Heno: 0,79 UFL; 75 g PB	0,99 1,06	Peso Vivo~ 820 kg Engrasamiento ~ 4 Conformación ≥ O
Sistema mixto				
España: Franco <i>et al.</i> (2009) <ul style="list-style-type: none"> • Duración del acabado en estabulación después de un periodo de pastoreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pastoreo 42 días • Pastoreo 42 días / Silo de maíz <i>ad libitum</i> + 3 kg de concentrado 34 días • Pastoreo 42 días / Silo de maíz <i>ad libitum</i> + 3 kg de concentrado 62 días 	Pastoreo: 0,90 UFL; 96 g PB Silo de maíz: 0,69 UFL; 73,2 g PB Concentrado: 1,2 UFL; 162 g PB		

¹ UFL: Unidades Forrajeras Leche; ² PB: Proteína Bruta; ³ MS: Materia Seca.

Tabla 4. Resultados productivos, características de la canal y contenido en grasa intramuscular de la carne obtenidos en algunos trabajos sobre acabado de vacas de desecho de rebaños lecheros
 Table 4. Performance, carcass characteristics and intramuscular fat content obtained in some research studies on dairy cull cow finishing

	N	Edad (años)	Días acabado	GMD ¹ (kg/día)	PV ² Inicial (kg)	PV ² Final (kg)	Canal Fria (kg)	CC ³ Inicial (1-5)	CC ³ Final (1-5)	Conf. Canal (SEUROP)	Grasa Canal (1-5)	GIM (%) ⁴	UFL ⁵ totales /vaca
• Jones y McLeod (1981), Jones (1983)													
Control "jóvenes"	6	< 3	0	-	-	-	239 ^a	-	-	-	-	-	-
Control "maduras"	6	> 3-4	0	-	-	-	266 ^a	-	-	-	-	-	-
Acabado "jóvenes"	12	< 3	68-103	1,37	483 ^a	597 ^a	293 ^b	-	-	-	-	-	-
Acabado "maduras"	12	> 3-4	68-103	1,49	528 ^b	654 ^b	318 ^b	-	-	-	-	-	-
• Minchin et al. (2010)													
Control	14	5,7	0	-	599	599 ^a	251 ^a	2,8	2,8 ^a	P ^a	1 ^{+a}	2,1 ^a	-
Secado + Silo hierba + Pastoreo	14	5,7	115	0,81 ^a	604	695 ^b	322 ^b	2,8	3,6 ^c	P ^{+b}	3 ^b	3,6 ^b	1455 ^a
Secado + Silo de hierba 75% Paja 25% + Pastoreo	14	5,7	148	0,71 ^a	609	714 ^b	329 ^b	2,6	3,5 ^b	P ^{+b}	3 ^{-b}	3,4 ^b	1984 ^b
Ordeño + Silo-Concentrado + Secado + Pastoreo	14	5,7	153	0,44 ^b	620	685 ^b	319 ^b	2,8	3,5 ^b	P ^{+b}	3 ^{-b}	3,6 ^b	2400 ^c
• Vestergaard et al. (2007)													
Acabado 0 meses	43	*	0	-	537	552 ^a	243 ^{†a}	2,7	2,7 ^a	O ^a	2 ^a	2,6 ^a	-
Acabado 2 meses	41	*	58	1,16	558	624 ^b	289 ^{†b}	-	3,6 ^b	R ^b	3 ^b	3,7 ^b	-
Acabado 4 meses	41	*	122	1,16	560	696 ^c	330 ^{†c}	-	4,2 ^c	U ^c	3,7 ^c	5,5 ^c	-

GMD¹: ganancia media diaria de peso vivo; PV²: peso vivo; CC³: condición corporal; GIM⁴: grasa intramuscular; UFL⁵: Unidades Forra-
 jeras Leche; †: Peso canal caliente menos 2%; ††: valores estimados (INRA, 2007); ®: Transformación de una escala de 1 a 9 a una escala
 de 1 a 5. *: 1 a 8 lactaciones; ^{a, b, c}: distintos superíndices dentro de los resultados de un ensayo indican diferencias estadísticamente
 significativas (p<0,05).

Tabla 4. Resultados productivos, características de la canal y contenido en grasa intramuscular de la carne obtenidos en algunos trabajos sobre acabado de vacas de desecho de rebaños lecheros (continuación)
 Table 4. Performance, carcass characteristics and intramuscular fat content obtained in some research studies on dairy cull cow finishing (continuation)

	N	Edad (años)	Días acabado	GMD ¹ (kg/día)	PV ² Inicial (kg)	PV ² Final (kg)	Canal Fria (kg)	CC ³ Inicial (1-5)	CC ³ Final (1-5)	Conf. Canal (SEUROP)	Grasa Canal (1-5)	GIM (%) ⁴	UFL ⁵ totales /vaca
• Minchin et al. (2009)													
Silo hierba + 0 kg concentrado	17	5	122	0,71 ^a	613	699	324	2,7	3,5	P+	3	7,1	1264
Silo hierba + 3 kg concentrado	17	5	108	0,91 ^a	604	703	317	2,7	3,5	P+	3	5,6	1232
Silo hierba + 6 kg concentrado	17	5	95	1,14 ^b	601	708	321	2,6	3,5	P+	3	5,5	1247
Silo hierba + 9 kg concentrado	17	5	84	1,15 ^b	602	698	323	2,7	3,5	O-	3	5,7	1244
• Moreno et al. (2012)													
CC <2,5													
Silo de maíz + concentrado	7	5,3 ^a	205 ^a	1,06 ^a	582 ^a	801	391	<2,5 [⊕]	-	R-	4-	13,6	3887 ^a
Pastore + Heno	5	4,2 ^a	243 ^a	0,93 ^b	562 ^a	788	387	<2,5 [⊕]	-	R-/O+	4	7,9	3538 ^a
CC >2,5													
Silo de maíz + concentrado	7	8,2 ^b	133 ^b	1,03 ^a	695 ^b	831	398	>2,5 [⊕]	-	R-/O+	4-	7,8	2527 ^b
Pastore + Heno	7	7,0 ^b	153 ^b	0,71 ^b	743 ^b	850	413	>2,5 [⊕]	-	O+	4-	9,2	2225 ^b
• Franco et al. (2009)													
Pasto 42 d	6	8,8	42	1,46 ^a	679	769	299 [†]	-	-	O/O-	3	6,0 ^a	639 ^{††}
Pasto 42 d + Silo de maíz/concentrado 34 d	6	7,7	76	1,31 ^{ab}	653	762	323 [†]	-	-	O	4	6,8 ^{ab}	1046 ^{††}
Pasto 42 d + Silo de maíz/concentrado 62 d	6	8,7	104	1,07 ^b	633	751	326 [†]	-	-	O+/R-	4	8,5 ^b	1466 ^{††}

GMD¹: ganancia media diaria de peso vivo; PV²: peso vivo; CC³: condición corporal; GIM⁴: grasa intramuscular; UFL⁵: Unidades Forra-
 jeras Leche; †: Peso canal caliente menos 2%; ††: valores estimados (INRA, 2007); ⊕: Transformación de una escala de 1 a 9 a una escala
 de 1 a 5. *: 1 a 8 lactaciones; a, b, c: distintos superíndices dentro de los resultados de un ensayo indican diferencias estadísticamente
 significativas (p<0,05).

llos en los que se fija un objetivo de peso vivo y/o engrasamiento que determina el momento del sacrificio (Minchin *et al.*, 2009, 2010; Moreno *et al.*, 2012) (Tabla 3).

Minchin *et al.* (2009; 2010) sitúan, según las exigencias del mercado en Irlanda, el objetivo del cebo, y por tanto el momento de sacrificio, en la obtención de canales con un peso superior a 270 kg, una conformación superior a P+ (Clasificación SEUROP), y un engrasamiento de la canal mayor o igual a 3 (Escala 1 a 5) (Reglamento (CE) nº 1249/2008). En el trabajo de Moreno *et al.* (2012), el objetivo a conseguir con el proceso de cebo fue obtener una conformación de la canal mayor o igual a O y un engrasamiento de 4.

Alcanzar estos objetivos supuso en los trabajos de Minchin *et al.* (2009) y Moreno *et al.* (2012), respectivamente (Tabla 4), alcanzar en los animales un peso vivo mínimo de 620 frente a 820 kg, una duración media del periodo del cebo de 102 frente a 184 días y un consumo medio de energía por animal 1304 UFL (unidad forrajera lastre) frente a 3044 UFL (UFL: 1700 kilocalorías de energía neta para la producción de leche o contenido en energía neta para la producción de leche de 1 kg de cebada de referencia). Estas cifras muestran la importancia de fijar un objetivo de cebo y conocer las implicaciones de dicho objetivo en términos de duración del cebo, costes de alimentación y su relación con las características de la carne y las expectativas de los consumidores.

Sistemas de cebo

Acabado de vacas lecheras durante la lactación

El acabado de las vacas lecheras al final de su vida productiva se inicia habitualmente después del secado pero también puede llevarse a cabo durante la etapa final de la lactación. En este caso, la vaca permanecería en or-

deño, recibiendo la dieta habitual y un suplemento energético adicional en forma de concentrado. En la bibliografía no se encuentran muchos trabajos utilizando esta estrategia de acabado, también poco habitual en las explotaciones comerciales, pese a que podría permitir un buen índice de conversión de los alimentos gracias a la producción simultánea de leche. Malterre (1986) comparó dos estrategias de acabado: administración de 3 UFL/día suplementarias durante los últimos 75 días de lactación frente a mantenimiento de la lactación sin suplementación y cebo durante 60 días post-secado (aporte de 3 UFL por encima de mantenimiento/animal/día). La ganancia media diaria de las vacas acabadas sin secado previo fue de 600 g/animal/día y de 800 g/animal/día en las acabadas después del secado. En las condiciones de dicho ensayo, la estrategia de cebo post-secado permitió obtener 24 kg más de canal (314 vs. 338 kg) y un mayor engrasamiento (32,2 vs. 30,6% de grasa de disección en la chuleta de la 6ª costilla) pero implicó producir 65 kg menos de leche, un consumo suplementario de 280 UFL y que los animales permaneciesen 80 días más en la explotación. El acabado durante el final de la lactación tiene como requisito que los animales presenten un buen estado corporal al iniciar el último cuarto de la lactación (Malterre, 1986).

Acabado de vacas lecheras secas

En el caso del acabado de vacas secas, los sistemas podrían dividirse en sistemas en estabulación, en pastoreo y mixtos. Dentro de los sistemas de acabado en estabulación podemos encontrar trabajos con dietas muy diversas y en los que se estudia el efecto de factores de producción también diversos (Tabla 3). Por ejemplo, Minchin *et al.* (2009) estudiaron el efecto de añadir distintas cantidades de concentrado (desde 0 hasta 9 kg/animal/día) a una ración base de silo de hierba. Vestergaard *et al.* (2007) estudiaron el efecto de la

administración durante 2 o 4 meses de una mezcla completa constituida por cebada, pulpa de remolacha, torta de soja y paja. Moreno *et al.* (2012) compararon dos dietas de acabado, silo de maíz más concentrado o pastoreo (ensilado de mazorcas de maíz completas –grano, zuro y espátas–) más heno, administradas a vacas con alta o baja condición corporal. En la Tabla 4 se recogen los valores de algunos parámetros productivos y de calidad de la canal y el contenido en grasa intramuscular de la carne obtenidos con las distintas estrategias.

El coste de producción más importante del acabado de vacas de desecho es la alimentación. Diversos factores, entre los que se encuentran la elevación e inestabilidad del precio de los concentrados (Sineiro *et al.*, 2012), incrementan el riesgo de esta actividad de cebo. El pasto y el silo de hierba producido en la propia explotación puede ser la base de una ración más barata y sujeta a menos inestabilidad en países como Irlanda (Minchin *et al.*, 2010) pero también en algunas zonas de España, como la Cornisa Cantábrica, donde se sitúa, por otra parte, la mayoría del censo de vacas de leche (Tabla 1). Lee *et al.* (2009) estudiaron los resultados del acabado durante 84 días de vacas Frisona/Holstein con dos dietas constituidas exclusivamente por ensilado de alta calidad, en un caso de rai-grás (*Lolium perenne*) y en otro de trébol rojo (*Trifolium pratense*).

En cuanto a ejemplos de sistemas de acabado en pasto, Malterre (1986) recoge los resultados de un ensayo con 45 vacas Normandas acabadas en un pasto de primavera. Este sistema de acabado permitió obtener una ganancia media diaria de 800 g/animal a lo largo de un periodo de 84 días. Las elevadas ganancias de peso durante el primer mes de pastoreo (unos 1200 g/animal/día) permitieron alcanzar en ese periodo el engrasamiento suficiente para el sacrificio. Incrementar un mes más el acabado en pastoreo

permitió obtener 10 kg más de canal e incrementar muy ligeramente el engrasamiento. Alargar el cebo más allá de los dos meses no supuso ni un incremento del peso de la canal ni una mejora efectiva del engrasamiento de la misma. Siguiendo con los sistemas de acabado en pastoreo, Minchin *et al.* (2010) estudiaron el efecto de distintas estrategias de alimentación durante la invernada previa al acabado en pastoreo. Las estrategias comparadas fueron secado y alimentación con silo de hierba de alta calidad o con una mezcla del mismo silo y paja durante 84 días o continuar la lactación durante 77 días más y alimentación con silo de hierba y concentrado. En la Tablas 3 y 4 se recogen con más detalle las características del ensayo y algunos resultados.

El pasto es un recurso variable cuantitativa y cualitativamente lo que unido a dificultades relacionadas con la estructura de las explotaciones (disponibilidad de superficie y dimensión y situación de las parcelas) puede hacer que los sistemas de acabado en pastoreo exclusivamente sean en ocasiones difíciles del llevar a cabo. Sistemas mixtos, como el estudiado en Franco *et al.* (2009), en los que se combina una etapa inicial de pastoreo y un acabado en estabulación pueden ser interesantes para algunas explotaciones. Estos autores compararon los rendimientos productivos, la calidad de la canal y de la carne, obtenidos siguiendo tres estrategias de acabado de vacas secas: pastoreo durante 42 días o pastoreo durante el mismo periodo más acabado en estabulación con una dieta a base de silo de maíz y 3 kg de concentrado durante 34 o 62 días (Tablas 3 y 4). Las ganancias medias diarias durante el periodo inicial de pastoreo fueron altas (1,4 kg/animal/día) y se redujeron en la etapa de acabado en estabulación (1,02 y 0,94 kg/animal/día para los lotes acabados 34 y 62 días, respectivamente). La realización de un acabado después del pastoreo implicó un incre-

mento en los valores medios de la conformación y el engrasamiento (Tabla 4) pero no se observaron diferencias entre tratamientos, lo que podría deberse, entre otros factores, a una alta variabilidad intragrupos. Tampoco se observaron diferencias entre tratamientos en el peso del lomo pero sí en el rendimiento canal que se incrementó al realizar un acabado posterior al pastoreo y al incrementarse dicho acabado de 34 a 62 días (39,5; 43,4 y 49,4%, respectivamente). Otra forma de valorar el efecto de la estrategia de acabado sobre la calidad de la canal es contabilizar el número de canales que pasan un determinado umbral de conformación y engrasamiento. Un posible umbral es una clasificación $\geq R3$ a partir de la cual, según los autores, las canales entran en una categoría de calidad superior con diferencial de precio. Ninguna canal alcanzó este umbral con el acabado de 42 días en pastoreo, 1 (17%) al complementar el pastoreo con 32 días de acabado en estabulación y 4 (67%) al complementarlo con 64 días.

Factores que condicionan los rendimientos productivos, la calidad de la canal y la calidad sensorial de la carne

Dieta-Sistema de manejo

El incremento de peso vivo y la condición corporal en el momento del sacrificio están relacionados con el grado de engrasamiento del animal y por tanto con la evolución de los rendimientos productivos y con las características de la canal y de la carne. En consecuencia, la valoración del efecto de la dieta y/o el sistema de manejo sobre los rendimientos productivos, las características de la canal o de la carne debe hacerse comparando animales sacrificados con el mismo peso vivo y condición corporal. Moreno *et al.* (2012) estudiaron el efecto de dos dietas con una concentración energética similar, silo de maíz y concentrado vs. pastoreo y heno (0,99 vs. 1,06 UFL/kg de materia seca, respectiva-

mente; Tabla 3), en vacas sacrificadas al alcanzar 1,1 cm de espesor de grasa en la zona del lomo a la altura de la 12-13 vértebra torácica. Los lotes alimentados con silo de maíz y concentrado presentaron ritmos de crecimiento superiores y valores medios superiores de ingestión total de materia seca y de UFL por vaca e inferiores de días de duración del acabado (diferencias estadísticamente no significativas), lo que indicaría que el consumo de kg de ración por animal y día fue inferior en los animales alimentados con pastoreo y heno (Tabla 4). En las condiciones descritas (sacrificio al alcanzar un grado de engrasamiento común a todos los lotes), no se observó ningún efecto significativo de la dieta sobre las características de la canal ni sobre el contenido en grasa intramuscular de la carne. Lee *et al.* (2009) obtuvieron valores de ganancia media diaria relativamente altos y similares en dos grupos de vacas alimentadas durante 84 días con silo de raigrás o silo de trébol violeta a libre disposición (1,26 y 1,17 kg/animal/día, respectivamente). Estos autores no observaron diferencias entre los dos lotes en las características de la canal, ni en el color, la resistencia al corte o el contenido en grasa intramuscular de la carne. Aunque en la valoración por un panel de catadores la aceptabilidad global no difirió entre tratamientos, el descriptor "sabor a pescado" obtuvo una puntuación superior en los animales alimentados con silo de trébol rojo.

En la Tabla 5 se recogen los resultados obtenidos en dos ensayos en los que se compararon varias dietas y dos pautas generales de manejo, acabado en estabulación (Minchin *et al.*, 2009) y acabado en pastoreo (Minchin *et al.*, 2010), en animales sacrificados al superar un umbral de peso vivo de 620 kg y de condición corporal de 3,5. En estas condiciones, ni la dieta ni el binomio dieta-manejo tuvieron efecto sobre la conformación y el engrasamiento de la canal, el % de carne vendible, el % que supone el cuarto trasero sobre la

media canal o el rendimiento de la canal (Tabla 5). Los resultados de Minchin *et al.* (2009), recogidos en la Tabla 5, también indican, en general, un efecto reducido del nivel de suplementación con concentrado sobre los parámetros de color del músculo y de la grasa, la resistencia al corte y el contenido en grasa intramuscular, cuando se fija el peso vivo y la condición corporal al sacrificio. La duración del periodo de acabado necesario para alcanzar los objetivos fijados se vio claramente afectada por el nivel de suplementación con concentrado. La comparación de los resultados obtenidos en los trabajos de Minchin *et al.* (2009; 2010) (Tabla 5) indicaría que en la práctica podría darse más bien un efecto del binomio dieta-manejo (forrajes conservados y concentrado en estabulación vs. hierba verde en pastoreo, respectivamente) sobre los citados parámetros de caracterización de la carne y de la grasa. Minchin *et al.* (2010) obtuvieron mayores valores medios de luminosidad e índice de rojo del músculo, de resistencia al corte y de índice de amarillo de la grasa y menor contenido en grasa intramuscular que Minchin *et al.* (2009).

La naturaleza de los alimentos o el nivel de alimentación parecen tener un efecto poco importante sobre las características de la canal y de la carne de vacas de desecho sacrificadas con un mismo estado de engrasamiento. El nivel de alimentación afectaría principalmente al parámetro productivo días de acabado. Dependiendo de los casos (recursos de la explotación, coste de uso de las instalaciones y de la mano de obra, disponibilidad de sitio, precio/kg de canal, etc.), podría compensar administrar una ración con un menor contenido energético utilizando materias primas más baratas o producidas en la explotación, aunque ello implique alargar el periodo de acabado.

En la bibliografía no se encuentran trabajos en los que se evalúe el efecto de la relación proteína/energía de la ración sobre el acabado de vacas de razas lecheras. Este factor tampoco

ha sido muy estudiado en vacas de razas cárnicas. Roux *et al.* (1993) compararon tres niveles de contenido en proteína de la ración (90, 120, 160 g de proteína digestible en el intestino (PDI)/UFL) en vacas de raza Charolesa. Estos autores observaron que incrementar el contenido en proteína por encima de las recomendaciones del Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (90 g PDI/UFL; INRA 1990; 2007) no supuso mejoras con trascendencia productiva en la ganancia de peso vivo, en la composición de la canal o en las características sensoriales de la carne. Considerando las diferencias en el patrón de deposición de músculo y grasa entre razas cárnicas y lecheras, incrementar el contenido en proteína de la ración podría tener incluso menor trascendencia en vacas de razas lecheras.

Edad

En general, se considera que las vacas de mayor edad presentan valores de ganancias de peso vivo inferiores a las de menor edad asociados a una mayor deposición de grasa, menor capacidad de ingestión y mayores necesidades de mantenimiento (Cabaraux *et al.*, 2005). Si bien en la práctica esto es cierto en vacas de razas cárnicas, con una vida productiva más larga, no lo es tanto en razas lecheras en las que la mayoría de los animales se eliminan antes de los 8-9 años de edad, punto a partir del cual empiezan a ser más notables los efectos de este factor sobre los rendimientos productivos y las características de la canal (Malterre, 1986; Bastien y Brouard-Jabet, 2000). Varios autores han estudiado el efecto de la edad sobre el acabado de vacas lecheras de desecho. Los resultados obtenidos varían según los rangos de edad comparados. Jones y McLeod (1981) compararon dos grupos de vacas, uno con menos de 8 dientes permanentes (edad aproximada, menos de tres años), denominadas "jóvenes", y otro con 8 dientes permanentes o más (edad aproximada, mayores de 3-4 años), denomi-

Tabla 5. Efecto de la dieta y el sistema de manejo (acabado en pasto o en estabulación) sobre los rendimientos productivos y las características de la canal y de la carne
 Tabla 5. Effect of diet and management system (grazing vs stall feeding) on performance, carcass and meat characteristics

	Minchin et al. 2009				Minchin et al. 2010	
	SH+0kg [†]	SH+3 kg [†]	SH+6 kg [†]	SH+9 kg [†]	Control [‡]	SH + Pasto
Peso vivo final (kg)	699	703	708	698	599 ^a	714 ^b
Condición corporal final (1-5)	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8 ^a	3,5 ^b
Días	122	108	95	84	-	148
Conformación de la canal (SEUROP)	P+	P+	P+	O-	P ^a	P+ ^b
Engrasamiento de la canal (1-5)	3	3	3-	3-	1+ ^a	3- ^b
Proporción de carne vendible	0,73	0,74	0,73	0,73	0,71 ^a	0,75 ^b
Proporción ¼ trasero de la ½ canal	0,51	0,50	0,50	0,49	0,50	0,50
Proporción peso canal sobre peso vivo	0,45	0,46	0,46	0,46	0,42 ^a	0,46 ^b
Kg de carne vendible del ¼ trasero	58,7	60,5	59,9	59,7	45,4 ^a	63,6 ^b
<i>Ms. Longissimus dorsi</i>						
Luminosidad (L*)	32,2 ^a	33,8 ^b	33,3 ^b	32,1 ^a	36,4	38,4
Índice de rojo (a*)	11,5	11,3	11,7	11,0	11,7 ^a	13,6 ^b
Resistencia al corte (kg/cm ²)	11,6	10,7	11,4	10,9	14,7	13,7
Grasa intramuscular (%)	7,1	5,6	5,5	5,7	2,1 ^a	3,4 ^b
Grasa subcutánea						
Luminosidad (L*)	69,2	70,6	70,8	69,6	67,4	68,0
Índice de amarillo (b*)	19,6 ^a	18,6 ^{ab}	18,8 ^{ab}	17,5 ^b	21,9	24,5

[†]SH+0kg, SH+3kg, SH+6kg, SH+9kg: Silo de hierba más 0, 3, 6 o 9 kg de concentrado/vaca/día, respectivamente; [‡]Control: animales sacrificados después del secado sin un periodo de acabado. [Ⓢ]SH: silo de hierba; ^{a, b, c}: distintos superíndices dentro de los resultados de un ensayo indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

nadas "maduras", ambas con un baja condición corporal al inicio del estudio y alimentadas tras el secado con una dieta de alto contenido energético durante un periodo medio de 89 días (de 68 a 103) (Tabla 3). En las condiciones del citado ensayo, la edad no tuvo efecto ni sobre la ganancia de peso vivo ni sobre la eficiencia de conversión de los alimentos (Tabla 4). Las vacas "maduras" presentaron valores de peso vivo inicial y final y de canal superiores. En torno al 40% de la ganancia de peso de la canal fue en ambos grupos músculo, correspondiendo el 60% restante fundamentalmente a grasa disecionable y una pequeña cantidad de hueso, lo que indica que "jóvenes" y "maduras" acumularon grasa en la canal a un ritmo similar. La ausencia de diferencias entre los dos grupos pudo ser debida a la escasa diferencia de edad. Así, mientras Minchin *et al.* (2009) sí observaron diferencias en la ganancia de peso vivo entre primíparas y vacas con 7 lactaciones o más (1,2 vs. 0,71 kg/animal/día, respectivamente), Vestergaard *et al.* (2007) no observaron diferencias entre primíparas y vacas con 5 o más lactaciones. Estos autores indican, sin embargo, que en las vacas de más de un parto el periodo de cebo para alcanzar el engrasamiento necesario podría ser más corto. Moreno *et al.* (2012) no observaron diferencias en la ganancia de peso en dos grupos de vacas con una edad media de 4,7 vs. 7,5 años, sacrificadas con el mismo estado de engrasamiento, pero sí observaron diferencias en la longitud de la canal y en el área del lomo, que fueron superiores en las vacas de más edad.

Shemeis *et al.* (1994a,b) compararon las características de la canal y de la carne de vacas de tres grupos de edad: *muy jóvenes* (menores de 3 años), *jóvenes* (entre 3 y 4,5 años) y *maduras* (mayores de 4,5 años). Estos autores no observaron efectos de la edad sobre la conformación y el engrasamiento de la canal, pero sí sobre la clasificación de la canal por

color (valores superiores, color amarillo más oscuro, al aumentar la edad), el área del lomo y el grosor de la capa de grasa que lo recubre (valores superiores al aumentar la edad). En el grupo "maduras" el % que supuso el peso de la canal sobre el peso vivo vacío fue inferior al resto de grupos (57,5 vs. 59,4 y 59,3%) y fue, por el contrario, superior el % que supuso el peso de la cabeza, la ubre y otros órganos (23,1 vs. 20,7 y 20,8%). No se observaron efectos de la edad sobre otros parámetros considerados para estudiar la distribución de la grasa en la canal y no canal y tampoco en la relación músculo:hueso. Sí se observó que un menor % del músculo total correspondía en las vacas mayores de 4,5 años a piezas de 1ª categoría (46,1 vs. 47,1 y 47,2%) y que un mayor % correspondía a piezas de 3ª categoría (25,3 vs. 24,6 y 24,3%). Aunque las diferencias fueron cuantitativamente pequeñas y posiblemente carentes de implicaciones comerciales, de acuerdo con este resultado, Jones (1983) también observó que, para un mismo peso de canal, en vacas de más edad los músculos del cuello suponían un mayor % del peso total y en vacas más jóvenes suponían un mayor % los músculos de la zona de la cadera. Shemeis *et al.* (1994a,b) no observaron efecto de la edad sobre la saturación del color del músculo *Longissimus dorsi* ni sobre su contenido en grasa intramuscular, pero sí sobre la fuerza de resistencia al corte de carne madurada 72 h, que fue superior en el grupo "maduras" (8,0 vs. 6,0 y 5,0 kg para los grupos "jóvenes" y "muy jóvenes", respectivamente).

Seegers *et al.* (1998) estudiaron el efecto de distintos factores, entre ellos el número de lactaciones, sobre el peso de la canal de vacas Frisona/Holstein procedentes de 84 granjas comerciales del oeste de Francia. Estos autores observaron que las vacas con entre 4 y 6 lactaciones presentaban pesos de canal superiores a aquellas tanto con menor como con mayor número de lactaciones. Estos re-

sultados coinciden en gran medida con las observaciones de Bastien y Brouard-Jabet (2000). Estos autores recogieron la edad, el peso de la canal y la conformación y el engrasamiento de 115.340 vacas Holstein sacrificadas en mataderos del oeste de Francia. Observaron que un 45% de las vacas tenían menos de 5-6 años y un 89% menos de 8-9 años, que el peso medio de las canales se incrementaba hasta los 7 años de edad y luego disminuía y que a partir de este punto también se iniciaba un descenso en la conformación y el engrasamiento que se acentuaba a partir de los 12 años de edad.

Bastien *et al.* (2002) compararon la terneza de la carne madurada durante 10 días de vacas Normandas de dos grupos de edad, 3,5-5 años y 9-11 años, sacrificadas con el mismo estado de engrasamiento, con el fin de determinar la necesidad de introducir o no limitaciones en la edad de sacrificio en las normas de calidad de carne de vacuno mayor. Estos autores no observaron un efecto atribuible a la edad y constataron una gran variabilidad de la terneza dentro de cada grupo de edad. Xiong *et al.* (2007) sí observaron una disminución de la terneza con la edad en carne madurada durante 1 a 10 días procedente de vacas Angus x Simmental de 2-4 años, 6-8 años y 10-12 años. Comparando la intensidad de la proteólisis que se produjo durante la maduración, observaron una desestructuración más rápida y extensa de las miofibrillas en el grupo de menor edad. También observaron un incremento de la sensibilidad a la oxidación de los lípidos a medida que aumentaba la edad de las vacas. Según estos autores, en los animales de más edad la actividad de la calpaína (una enzima especialmente sensible a la oxidación) podría verse reducida como consecuencia de la menor capacidad antioxidante del músculo de estos animales, lo que reduciría la degradación proteica que se produce durante la maduración de la carne e incrementaría la dureza.

Duración del acabado y condición corporal en el sacrificio

La duración del acabado y la condición corporal de los animales en el sacrificio son, en la mayoría de los casos, dos factores con una fuerte correlación positiva cuyo efecto no es posible separar. Shemeis *et al.* (1994a,b) compararon las características de la canal y de la carne de tres grupos de vacas con distinta condición corporal (escala 1-5) en el momento del sacrificio: *delgadas* (< de 3), *normales* (entre 3 y 4) y *gordas* (mayor de 4). Los valores de las variables conformación, engrasamiento, área del lomo, % de peso canal sobre peso vivo vacío, % de grasa diseccionable de la canal y relación músculo:hueso se incrementaron con la condición corporal. Por el contrario, los valores del color de la canal y % de peso de la cabeza, ubre y otros órganos sobre el peso vivo vacío disminuyeron al aumentar la condición corporal. A medida que se incrementó la condición corporal, la grasa abdominal supuso un mayor % del peso vivo vacío y del total de grasa corporal, el % del músculo total correspondiente a piezas de 1ª categoría disminuyó y aumentó el correspondiente a piezas de 3ª categoría. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Jones (1983) y sugieren que el alargamiento del periodo de acabado más allá de un límite de tiempo y/o condición corporal implica una mayor deposición de grasa en la no canal y un desarrollo muscular más centrado en partes de la canal con mayor proporción de piezas de menor valor comercial. La condición corporal tuvo efecto sobre algunas características de la carne, así, al disminuir la condición corporal también disminuyó la saturación del color (parámetro C*) y el contenido en grasa intramuscular (2,2; 3,4 y 4,7% para los grupos "delgadas", "normales" y "gordas", respectivamente). Sin embargo, no se observó efecto de la condición corporal sobre la resistencia al corte de la carne.

Vestergaard *et al.* (2007) estudiaron el efecto de la realización o no de un periodo de acabado y de su duración (2 vs. 4 meses). Estos autores no observaron diferencias en la ganancia de peso entre los dos periodos de acabado (1,16 kg/animal/día) pero observaron una gran variabilidad entre animales (entre 0,6 y 1,8 kg/animal/día) dependiendo, entre otros factores, de la cuantía de la pérdida de peso durante el periodo de secado (a mayores pérdidas durante el secado mayor velocidad de recuperación de peso durante el cebo). Como era de esperar, los dos periodos de acabado supusieron un incremento de la condición corporal, del rendimiento canal y del peso, la conformación y el engrasamiento de la canal (Tabla 4). Sin embargo, es interesante destacar que el ritmo de mejora de estos parámetros fue menor entre los 2 y 4 meses que en los 2 primeros meses. Así, la condición corporal, el peso de la canal, la conformación y el engrasamiento se incrementaron en 0,9 puntos, 47 kg, 1,12 y 1 puntos, respectivamente, en el 1º periodo y en 0,6 puntos, 42 kg, 1,03 y 0,7 puntos en el 2º. Por el contrario, la velocidad de deposición de grasa en la no canal se incrementó en el 2º periodo respecto al 1º (10,6 vs. 5,7 kg, respectivamente). De acuerdo con estos resultados, el 72% del incremento de peso vivo correspondió a un incremento del peso de la canal en el 1º periodo y el 65% en el 2º. Coincidiendo con las observaciones de Sheeis *et al.* (1994a) y Jones (1983) en cuanto al mayor desarrollo del tercio delantero respecto a la zona dorsal y trasera en este tipo de animales a medida que avanza el cebo, Vestergaard *et al.* (2007) observaron que aunque en términos absolutos el peso del corte de pistola (cuarto trasero con una parte del lomo y el solomillo) se incrementó con la duración del acabado, el % que suponía este corte respecto al peso total de la canal disminuía a medida que aumentaba la duración del acabado. El incremento del periodo de acabado también implicó un incremento del veteado de la carne y del contenido en grasa

intramuscular (2,6; 3,7 y 5,5% para los lotes de 0, 2 y 4 meses de acabado, respectivamente). En este ensayo, el acabado implicó un incremento de los valores luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo del músculo *Longissimus dorsi*. Sin embargo, incrementar la duración del acabado de 2 a 4 meses no afectó a estos parámetros de color. Finalmente, estos autores no observaron diferencias entre los animales control (sacrificados sin un periodo de acabado) y los acabados durante 2 o 4 meses en la resistencia al corte de carne madurada durante 16 días, ni en los parámetros terneza, jugosidad y masticabilidad valorados por un panel de catadores.

En conjunto, los resultados expuestos indicarían que la evolución de muchos parámetros productivos y de calidad de la canal y de la carne no es lineal a lo largo del periodo de cebo y que existiría un punto a partir del cual es necesario valorar si las mejoras en la calidad de la canal y de la carne obtenidas compensan los mayores costes de producción. En el ensayo de Vestergaard *et al.* (2007), con un manejo de la canal dirigido a maximizar la calidad sensorial de la carne (estimulación eléctrica de bajo voltaje, oreo a 10°C durante las primeras 12 horas postsacrificio), no se observó una mejora de parámetros como la terneza o la jugosidad en función de la duración del acabado, pese a las diferencias en otros parámetros como el engrasamiento de la canal o el contenido en grasa intramuscular de la carne. Stelzleni *et al.* (2007) tampoco observaron diferencias en la terneza (ni evaluada de forma instrumental ni por un panel de catadores) de la carne de vacas lecheras de desecho comerciales clasificadas por expertos del matadero en dos grupos "con/sin aspecto de haber recibido un periodo de acabado" pese a que sí presentaban diferencias en otros parámetros indicadores del grado de engrasamiento de la canal como en el veteado de la carne (Patten *et al.*, 2008). Jeremiah *et al.* (1996) observaron que las correlaciones entre veteado

y/o espesor de la grasa dorsal y palatabilidad no son altas cuando se supera un umbral de engrasamiento. Según estos autores, por ejemplo, con un espesor de grasa dorsal de entre 7,6 y 10,2 mm a la altura de la 12-13 costilla, el 90% de las muestras presentaban una buena palatabilidad.

Manejo post-sacrificio de las canales y de la carne

El efecto de la duración del acabado sobre la calidad sensorial de la carne puede verse modulado por otros factores como el tiempo de maduración. Así, Franco *et al.* (2009) observaron valores inferiores de fuerza máxima de corte del músculo *Longissimus dorsi* de vacas con un periodo de acabado de 62 frente a 34 días cuando se evaluaba después de 1 y 7 días de maduración, pero estas diferencias desaparecían a partir de los 14 días de maduración. En líneas generales, en el mismo ensayo (Franco *et al.*, 2009), las diferencias en los valores de luminosidad y saturación desaparecieron a partir de los 7 días de maduración, y en los valores del tono a partir de los 21 días.

Según algunos autores (Rider *et al.*, 2004; Vestergaard *et al.*, 2007; Minchin *et al.*, 2009, 2010), en animales adultos tiene una importancia mayor que en animales jóvenes maximizar la terneza debida a las características de las fibras musculares, optimizando aspectos del manejo postsacrificio como el protocolo de refrigeración en las primeras 24 horas postsacrificio o la maduración. Según estos autores, diversos efectos esperables del cebo en otros tipos de animales más jóvenes, como la dilución del colágeno debido a la hipertrofia de las fibras musculares o el incremento en la proporción de colágeno soluble, presentan en este tipo de animales (vacas adultas) una menor importancia. En este sentido, Patten *et al.* (2008) no observaron diferencias en el contenido en colágeno total entre vacas lecheras de desecho sacrificadas con o sin un periodo de acabado previo y tampoco en la terneza

de la carne pese a las diferencias en el contenido en grasa intramuscular.

Boleman *et al.* (1996) observaron que las diferencias en la dureza de la carne se minimizaban entre vacas con y sin un periodo de acabado aplicando estimulación eléctrica a las canales. Bastien *et al.* (2002) estudiaron el efecto de la suspensión pelviana de las canales sobre la terneza, valorada por un panel de catadores, de 5 músculos (*Longissimus dorsi*; *Gluteus medius*; *Adductor femoris*; *Semimembranosus* y *Gluteobiceps*) de vacas de desecho. La suspensión pelviana permitía un incremento de la terneza equivalente como mínimo a 9 días de maduración en todos los músculos salvo el *Gluteo biceps*. Además el estudio reveló que suspensión pelviana y maduración tenían efectos aditivos, permitiendo en las canales en las que se aplicaron los dos tratamientos obtener una carne más tierna que cuando se aplicó cualquiera de ellos por separado.

En la bibliografía pueden encontrarse trabajos sobre el efecto de otros métodos como el de ruptura del esqueleto en puntos concretos (Mandell *et al.*, 2006) antes de la instauración del *rigor mortis*, lo que permite mantener en extensión algunos músculos favoreciendo el alargamiento de los sarcómeros y la terneza de la carne de esos músculos. En los trabajos de Streiter *et al.* (2012) y Mandell *et al.* (2006), la aplicación de distintas variantes de este método a canales de vacas produjo un incremento en la longitud de los sarcómeros de los músculos *Longissimus lumborum* y *thoracis* que se tradujo en una mayor terneza. Los efectos no fueron claros en músculos de otras localizaciones, como el *Semimembranosus* o el *Semitendinosus*.

Restricción de la alimentación previa al acabado y ritmo de ganancia de peso

Algunos autores también han apuntado la posibilidad de que la terneza de la carne de las vacas sacrificadas sin un periodo de aca-

bado se pueda ver favorecida por un incremento en la actividad de la calpaína y/o una reducción en la actividad de la calpastatina, asociados al catabolismo muscular que implica la pérdida de peso que tiene lugar durante el secado (Schnell *et al.*, 1997). En este sentido, Vestergaard *et al.* (2007) observaron una correlación positiva entre pérdida de peso y terneza en las vacas del lote control (sacrificadas inmediatamente tras el secado sin un periodo de acabado). Therkildsen (2005) observó en añojos que la aplicación de un periodo de tres meses de restricción de la alimentación seguido de un periodo de realimentación de 5 a 8 semanas con ritmos altos de crecimiento favorecía la terneza de la carne posiblemente debido a un proceso de movilización proteica. Therkildsen *et al.* (2011) compararon la resistencia al corte después de varios periodos de maduración de dos músculos (*Longissimus dorsi* y *Semimembranosus*) de vacas con una estrategia de alimentación continua (sacrificio al final de la lactación) o discontinua (secado y periodo de restricción de 3 semanas seguido de un periodo de realimentación de 42 días). Se observó un comportamiento distinto entre los dos músculos en cuanto a la evolución del contenido de grasa intramuscular. Mientras que la estrategia de alimentación discontinua implicó un incremento en el contenido de grasa intramuscular del músculo *Longissimus dorsi* (7,9 vs. 3,7%), no se observaron diferencias en el caso del *Semimembranosus* (2,6 vs. 2,1%). En cuanto a la fuerza máxima de corte, fue menor para ambos músculos en los animales con una estrategia de alimentación discontinua y se redujo con el tiempo de maduración (2, 7 y 14 días) sólo en el caso del músculo *Longissimus dorsi*. En este músculo, los valores de resistencia al corte evolucionaron entre los 2 y los 14 días postmortem desde 9,1 a 6,4 kg en el caso de la estrategia continua y desde 6,7 a 4,7 kg en el caso de la discontinua. Estos resultados indicarían que el efecto positivo de la estrategia

discontinua sobre la terneza estaría más relacionado en el caso del lomo con el incremento en el contenido de grasa intramuscular y en el del músculo *Semimembranosus* (más rico en colágeno) con la renovación de las proteínas miofibrilares y del colágeno. En este trabajo las canales no fueron sometidas a estimulación eléctrica post-sacrificio pero se mantuvieron en oreo a 10°C durante las 12 primeras horas postsacrificio, lo que puede haber contribuido a los valores de resistencia al corte relativamente bajos observados independientemente del tratamiento.

La alimentación a nivel de mantenimiento o con ritmos de crecimiento bajos tiene efectos negativos sobre la terneza (Miller *et al.*, 1987; Schnell *et al.*, 1997). Teniendo en cuenta esta consideración y los efectos positivos de estrategias de alimentación discontinuas, previamente a la proposición de sistemas como el acabado al final de la lactación sin secado previo, que implicarían una estrategia de alimentación relativamente continua y ritmos de ganancia de peso moderados o bajos (Malterre, 1986), debería disponerse de información sobre las características sensoriales, particularmente sobre la terneza, de la carne obtenida.

Factores que condicionan la calidad nutricional y vida útil de la carne

Dieta

Un aspecto importante de la calidad nutricional de la carne es el perfil de ácidos grasos. En la bibliografía se encuentran algunos trabajos en los que se ha estudiado el efecto de la dieta sobre el perfil de ácidos grasos de vacas de desecho de rebaños lecheros. Habeau *et al.* (2014) estudiaron en vacas de raza Normanda el efecto de la inclusión de semillas lino extrusionadas o una mezcla de semillas de lino y colza en una ración formada por un 30% de paja y un 70% de concentrado. Se ob-

servó que ambos tratamientos favorecían la deposición de ácido linoleico conjugado y linoléico y disminuían la relación n-6/n-3, permitiendo una mejora del perfil global de ácidos grasos desde el punto de vista de sus posibles efectos sobre la salud del consumidor, siendo el efecto más pronunciado utilizando las semillas de lino únicamente. Lee *et al.* (2009) compararon el perfil de ácidos grasos de la carne de vacas Frisona-Holstein alimentadas durante 84 días exclusivamente con silo de raigrás o con silo de trébol rojo. Las dos dietas permitieron obtener contenidos altos en ácidos grasos poliinsaturados n-3 (1,77 y 2,26% para la dieta de silo de raigrás y trébol rojo, respectivamente, vs. 0,90% con la dieta control), de manera similar a los resultados obtenidos en terneros castrados alimentados con silo (Warren *et al.* 2008). El cociente n-6/n-3 fue, tanto para la dieta de silo de raigrás, como para la de silo de trébol rojo, inferior a 4 (1,70 y 1,35, respectivamente). Habeanu *et al.* (2014) obtuvieron valores de 1,23 y 1,02% de ácidos grasos n-3 y un cociente n-6/n-3 de 3,32 y 4,10 con dietas suplementadas con semillas de lino o de lino y colza, respectivamente. La carne de los animales alimentados con silo de trébol rojo presentó un mayor contenido en ácidos grasos de la serie n-3, pero también un menor contenido en vitamina E, una mayor sensibilidad a la oxidación de los lípidos y una menor capacidad para mantener un color atractivo durante la exposición en el punto de venta.

Maduración y envasado

La carne de vaca habitualmente se somete a periodos de maduración más largos que la de animales más jóvenes. Durante el proceso de maduración o la posterior exposición de la carne en los puntos de venta se pueden producir procesos de oxidación que limiten la vida útil debido al deterioro del color y/o a la apa-

rición de olores/sabores anormales. Xiong *et al.* (2007) apuntan una relación interesante entre capacidad antioxidante de la carne y terneza. Según estos autores, una mayor capacidad antioxidante podría permitir una mayor actividad de enzimas proteolíticas sensibles a la oxidación, como la calpaína, durante la maduración y ello redundaría en una mayor terneza. Gobert *et al.* (2010) estudiaron el efecto de la administración durante el cebo de un suplemento de vitamina E o vitamina E más un extracto de plantas rico en polifenoles sobre la oxidación de la carne sometida a dos sistemas de maduración (en canal vs. piezas envasadas al vacío, durante 12 días) y tres sistemas de exposición en el punto de venta (en bandejas con atmósfera de aire, 4 días; en bandejas con atmósfera modificada 30%CO₂/70%O₂, 7 días; al vacío, 14 días). La administración del extracto rico en polifenoles potenció el efecto de la vitamina E y esta combinación fue capaz de reducir la oxidación de los lípidos incluso en la combinación menos favorable de sistema de maduración y exposición de la carne (maduración en canal y exposición en atmósfera 30%CO₂/70%O₂).

Vitale *et al.* (2014) estudiaron el efecto de varias combinaciones de tiempo de maduración al vacío y tiempo de exposición en una atmósfera rica en oxígeno sobre las características sensoriales de la carne de vacas frisónas y sobre su vida útil. Los tiempos de maduración de 6-8 días a 2 °C permitían conseguir valores aceptables de terneza y color después de una exposición en el punto de venta de 9 días. Tiempos superiores de maduración permitían incrementar la terneza pero reducían la estabilidad del color, siendo aconsejables sólo para formas de comercialización, como la restauración, en las que el consumidor no valora el color de la carne cruda. Obuz *et al.* (2014) estudiaron la evolución de distintos parámetros sensoriales de carne de vacas Holstein sometida a dos métodos de maduración: húmeda (maduración en piezas envasadas al vacío) y seca (ma-

duración en canal). No se observaron diferencias importantes entre métodos en las características sensoriales de la carne tras 23 días de maduración, pero sí un mayor rendimiento en el caso de la maduración húmeda, como consecuencia de las menores pérdidas de agua y por expurgos.

Conclusiones

Existen diversos sistemas de acabado de vacas lecheras de desecho, todos permiten alcanzar ganancias diarias de peso relativamente elevadas e implican un incremento de grasa en la canal y en la carne. Sin embargo, es importante evaluar para cada sistema de producción la duración óptima del cebo teniendo en cuenta que existe un punto a partir del cual algunos parámetros productivos empeoran y las mejoras en la calidad de la canal y de la carne se ralentizan, lo que puede implicar que las mejoras obtenidas no compensen los costes de producción. Por otro lado, la calidad sensorial de la carne de vacas de desecho depende de muchos factores además del engrasamiento de la canal y el contenido en grasa intramuscular de la carne, entre los que se encuentran el protocolo de manejo de la canal inmediatamente después del sacrificio, la pérdida de peso antes del periodo de cebo o el ritmo de ganancia de peso durante el acabado. La optimización de estos factores permitiría obtener valores adecuados de parámetros importantes de calidad, como la terniza, en animales sacrificados con niveles de engrasamiento más moderados y periodos de cebo más cortos, mejorando la rentabilidad económica del proceso. La dieta de acabado puede contribuir también a aportar un perfil de ácidos grasos más favorable desde el punto de vista nutricional o factores que incrementen la vida útil de la carne.

Bibliografía

- Bastien D, Brouard-Jabet S (2000). Comment raisonner les limites d'âge dans les cahiers des charges: premières références sur l'effet de l'âge à l'abattage des vaches sur la qualité des carcasses. *Rencontres, Recherches, Ruminants*, 6-7 diciembre 2000, París, Francia, 7, p. 269.
- Bastien D, Denoyelle C, Tribot Laspiere P (2002). Age à l'abattage, "suspension pelvienne", pratique de l'affranchi": pour une meilleure argumentation des choix techniques en matière de gestion de la tenderte dans les démarches qualité. *Rencontres, Recherches, Ruminants*, 4-5 diciembre 2002, París, Francia, 9, p. 251.
- Boleman SJ, Miller RK, Buyck MJ, Cross R, Savell JW (1996). Influence of realimentation of mature cows on maturity, color, collagen solubility, and sensory characteristics. *Journal of Animal Science* 74: 2187-2194.
- Cabaraux JF, Dufrasne I, Roux M, Istasse L, Hornick JL (2005). La production de viande bovine à partir de femelles de réforme. *INRA Productions Animales* 18: 37-48.
- Dillon P, Berry DP, Evans RD, Buckley F, Horan B (2006). Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science* 99: 141-158.
- Evans RD, Wallace M, Shalloo L, Garrick DJ, Dillon P (2006). Financial implications of recent declines in reproduction and survival of Holstein-Friesian cows in spring-calving Irish dairy herds. *Agricultural Systems* 89: 165-183.
- Fouz R, Yus E, Sanjuán ML, Diéguez FJ (2014). Causas de eliminación en rebaños bovinos lecheros de raza frisona en Control Lechero Oficial. *Información Técnica Económica Agraria* 110: 171-186.
- Franco D, Bispo E, González L, Vázquez JA, Moreno T (2009). Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Friesian cull cows. *Meat Science* 83: 484-491.
- Freetly HC, Nienaber JA (1998) Efficiency of energy and nitrogen loss and gain in mature cows. *Journal of Animal Science*, 76: 896-905.

- García F, Agabriel J (2007). Recommandations alimentaires pour les vaches de réforme à l'engrais Développement d'un modèle d'estimation de la composition du gain de poids et des besoins associés. *INRA Productions Animales* 20: 137-150.
- Gobert M, Gruffat D, Habeanu M, Parafita E, Bauchart D, Durand D (2010). Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science* 85: 676-683.
- Graham WC, Price MA (1982). Feedlot performance and carcass composition of cull cows of different ages. *Canadian Journal of Animal Science* 62: 845-854.
- Habeanu M, Thomas A, Bispo E, Gober M, Gruffat D, Durand D, Bauchart D (2014). Extruded linseed and rapeseed both influenced fatty acid composition of total lipids and their polar and neutral fractions in *Longissimus thoracis* and *Semitendinosus* muscles of finishing Normand cows. *Meat Science* 96: 99-107.
- INRA (1990). Alimentation de bovins, ovins y caprins. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 437 pp.
- INRA (2007). Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Quae, Paris, France. 307 pp.
- Jeremiah LE (1996). The influence of subcutaneous fat thickness and marbling on beef. Palatability and consumer acceptability. *Food Research International* 29: 513-520.
- Jones SDM, MacLeod GK (1981). The feedlot performance and carcass composition of young and mature cull Holstein cows. *Canadian Journal of Animal Science* 61: 593-599.
- Jones SDM (1983). Tissue growth in young and mature cull Holstein cows fed a high energy diet. *Journal of Animal Science* 56: 64-70.
- Jurie C, Picard B, Hocquette J-F, Dransfield E, Micol D, Listrat A (2007). Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. *Meat Science* 77: 459-466.
- Lee MRF, Evans PR, Nute GR, Richardson RI, Scollan ND (2009). A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the M *Longissimus* muscle of dairy cull cows. *Meat Science* 81: 738-744.
- MAGRAMA (2015a). Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Estadísticas Agrarias, Encuestas ganaderas. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-ganaderas/>
- MAGRAMA (2015b). Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Estadísticas Agrarias, Encuestas de sacrificio de ganado. Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/ganaderia/encuestas-sacrificio-ganado/>
- Malterre C (1986). Production de viande de vaches de réforme. En: Production de viande bovine (Ed. D Micol), pp. 247-269. INRA, Paris, Francia.
- Mandell IB, Campbell CP, Quinton VM, Wilton JW (2006). Effects of skeletal separation method and postmortem ageing on carcass traits and shear force in cull cow beef. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 51-58.
- Miller MF, Cross HR, Crouse JD, Jenkins TG (1987). Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cows. *Meat Science* 21: 287-294.
- Minchin W, Buckley F, Kenny DA, Monahan FJ, Shalloo L, O'Donovan M (2009). Effect of grass silage and concentrate based finishing strategies on cull dairy cow performance, carcass and meat quality characteristics. *Meat Science*, 81: 93-101.
- Minchin W, Buckley F, Kenny DA, Monahan FJ, Shalloo L, O'Donovan M (2010). An evaluation of over-wintering feeding strategies prior to finishing at pasture for cull dairy cows on live animal performance, carcass and meat quality characteristics. *Meat Science* 85: 385-393.
- Moreno T, Botana A, Bispo E, González L, García C, Mesas J (2012). High-energy forage feeding diets and body condition on the finishing of cull dairy cows. *Animal* 6: 1634-1641.
- Obuz E, Akkaya L, Gök V, Dikeman ME (2014). Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of *Longissimus lumborum* steaks from cull Holstein cows. *Meat Science* 96: 1227-1232.
- Patten L, Hodgen J, Stelzleni A, Calkins CR, Johnson DD, Gwartney BL (2008). Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking

- the differences and similarities. *Journal of Animal Science* 86: 1904-1916.
- Rider Sell N, Mikel WB, Xiong YL, Behrends JM (2004). Vitamin D3 supplementation of cull cows: Effects on longissimus and semitendinosus muscle tenderness. *Journal of Animal Science* 82: 225-230.
- Robelin J, Agabriel J, Malterre C, Bonnemaire J (1990). Changes in body composition of mature dry cows of Holstein, Limousin and Charolais breeds during fattening I Skeleton, muscles, fatty tissues and offal. *Livestock Production Science* 25: 199-215.
- Roux M, Dumont R, Agabriel J, Bonnemaire J, Micol D (1993). Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise: Effet d'une suralimentation protéique sur les performances d'engraissement et les caractéristiques physico-chimiques musculaires. *INRA Productions Animales* 6: 237-248.
- Schnell TD, Belk KE, Tatum JD, Miller RK, Smith GC (1997). Performance, carcass, and palatability traits for cull cows fed high-energy concentrate diets for 0, 14, 28, 42 or 56 days. *Journal of Animal Science* 75: 1195-1202.
- Seegers H, Bareille N, Beaudeau F (1998). Effects of parity, stage of lactation and culling reason on the commercial carcass weight of French Holstein cows. *Livestock Production Science* 56: 79-88.
- Shemeis AR, Liboriussen T, Bech Andersen B, Abdallah OY (1994a). Changes in carcass and meat quality traits of Danish Friesian cull cows with the increase of their age and body condition. *Meat Science* 37: 161-167.
- Shemeis AR, T Liboriussena, B Bech Andersen, OY Abdallah (1994b). Offal components, body fat partition, carcass composition and carcass tissues distribution in Danish Friesian cull cows of different age and body condition. *Livestock Production Science* 40: 165-170.
- Sineiro F, Lorenzana R, Vázquez I (2012). Situación actual y cambios previstos en la estructura y en el sistema productivo de las explotaciones de leche en Galicia. *Pastos* 42: 67-92.
- Stelzleni AM, Patten LE, Johnson DD, Calkins CR, Gwartney BL (2007). Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially identified beef and dairy cull cow carcasses for Warner-Bratzler shear force and sensory attributes. *Journal of Animal Science* 85: 2631-2638.
- Streiter PJ, Campbell CP, Mandell IB (2012). The effects of skeletal separation and moisture enhancement for improving the eating quality of cull cow beef. *Meat Science* 92: 400-408.
- Therkildsen M (2005). Muscle protein degradation in bull calves with compensatory growth. *Livestock Production Science* 98: 205-218.
- Therkildsen M, Stolzenbach S, Byrne DV (2011). Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. *Meat Science* 87: 73-80.
- Vázquez I (2013). Situación actual, dinámica y estrategias de las explotaciones con bovino en el norte de España. Tesis doctoral. USC. Disponible en <http://hdl.handle.net/10347/9292>.
- Vestergaard M, Madsen NT, Bligaard HB, Bredahl L, Rasmussen PT, Andersen HR (2007). Consequences of two or four months of finishing feeding of culled dry dairy cows on carcass characteristics and technological and sensory meat quality. *Meat Science* 76: 635-643.
- Vitale M, Pérez-Juan M, Lloret E, Arnau J, Realini CE (2014). Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Science* 96: 270-277.
- Walsh SW, Williams E J, Evans ACO (2011). A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science* 123: 127-138.
- Warren HE, Scollan ND, Enser M, Hughes SI, Richardson RI, Wood JD (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages: I Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science* 78: 256-269.
- Xiong YL, Mullins OE, Stika JF, Chen J, Blanchard SP, Moody WG (2007). Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Science* 77: 105-113.

(Aceptado para publicación el 27 de julio de 2015)