

**I. Casasús, G. Ripoll y P. Albertí**

**INCLUSIÓN DE SILO DE MAÍZ EN LAS DIETAS DE CEBO DE TERNERAS:  
RENDIMIENTOS TÉCNICO-ECONÓMICOS Y CALIDAD  
DE LA CANAL Y DE LA CARNE**

Separata ITEA

INFORMACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA AGRARIA, VOL. **108** N.º 2 (191-206), 2012

## Inclusión de silo de maíz en las dietas de cebo de terneras: Rendimientos técnico-económicos y calidad de la canal y de la carne

I. Casasús<sup>1</sup>, G. Ripoll y P. Albertí

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Gobierno de Aragón.  
Avda. Montañana 930, 50059 Zaragoza

### Resumen

Con el objeto de valorar la viabilidad técnico-económica del cebo de ganado vacuno con ensilado de maíz frente al cebo convencional con pienso, se compararon los rendimientos productivos, económicos y la calidad de la canal y de la carne de terneras en una explotación comercial. Durante la fase de cebo, desde los 6 meses de edad hasta alcanzar un peso de 440 kg, 8 terneras se alimentaron con una mezcla de ensilado de maíz y núcleo proteico (lote UNIFEED), y 8 recibieron concentrado y paja (lote PIENSO). Los crecimientos fueron similares en ambos grupos, y aunque el consumo total de alimentos y el índice de conversión fueron superiores en el lote UNIFEED, el coste económico por kg de ganancia fue un 11% inferior en este tratamiento. Las canales fueron de similar peso y conformación, aunque algo menos engrasadas y con una grasa más pigmentada en el lote UNIFEED. La calidad instrumental de la carne (pH, color, ternura) y el contenido en grasa intramuscular fue similar en ambos tratamientos, pero hubo diferencias en el perfil de ácidos grasos, con mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados de tipo n-3 y menor relación n-6 / n-3 en el lote UNIFEED, que indicarían una mejor calidad nutricional de la grasa.

**Palabras clave:** Ensilado de maíz, dietas de cebo, rendimientos productivos, calidad del producto.

### Summary

#### Use of maize silage in beef heifers fattening diets: effects on performance, carcass and meat quality

The technical and economic interest of fattening beef heifers with maize silage as an alternative to conventional feeding on concentrates was analyzed in a commercial farm. Heifers received *ad libitum* during the fattening phase (from 6 months of age till they reached 440 kg live weight) either a total mixed ration of maize silage and a high-protein concentrate (TMR, n=8) or concentrates and barley straw (CONC, n=8). Growth performance was similar for both treatments, and although total feed consumption and feed:gain ratio were higher in the TMR group, the economic cost per kg gain was 11% lower in this group. Carcass weight and conformation score were similar, but carcasses from the TMR had a slightly lower fat score and higher pigment content in subcutaneous fat. Meat instrumental quality (pH, colour, shear force) were similar in both treatments, but fatty acid profile differed between diets, with a higher proportion of n-3 polyunsaturated fatty acids and a lower n-6/n-3 ratio in meat from TMR heifers, which indicates a healthier nutritional quality.

**Key words:** Maize silage, fattening diets, animal performance, product quality.

---

1. Autor para correspondencia: [icasasus@aragon.es](mailto:icasasus@aragon.es)

## Introducción

Mientras en los países de la Europa atlántica los sistemas de cebo de ganado vacuno se basan en dietas con una alta proporción de forrajes, ya sea en pastoreo o conservados (Keane y Allen, 1998), en la cuenca mediterránea los sistemas son más dependientes del uso de concentrado durante el cebo. Así, en los cebaderos italianos es frecuente el cebo con dietas mixtas (unifeed) a base de silo de maíz, paja y concentrados (Mazzenga *et al.*, 2009), mientras en España la mayor parte del cebo de terneros se realiza con dietas basadas exclusivamente en concentrados y paja a libertad. Sin embargo, este sistema ha experimentado recientemente una aguda crisis de rentabilidad a consecuencia de la volatilidad de los precios de las materias primas. Así, el aumento en el precio de los alimentos entre 2007 y 2008 se reflejó en una reducción tanto de los censos como de la producción total de carne de vacuno en nuestro país con respecto a las cifras del año 2000 (Bernués *et al.*, 2011), tendencia que se ha mantenido posteriormente con un descenso del 10% en ambos índices entre 2008 y 2010 (MARM, 2011).

Estas circunstancias han llevado a los ganaderos de vacuno de carne a buscar alternativas de cebo más económicas, ya sea mediante cebo en pastoreo con una adecuada suplementación (Casasús *et al.*, 2011) o en establo con la incorporación de distintos subproductos o forrajes en las dietas (Villalba *et al.*, 2010). Entre estos últimos destaca el ensilado de maíz, un forraje con un alto contenido energético pero bajo valor proteico, por lo que debe complementarse para alcanzar la concentración de proteína recomendada en las dietas de cebo de terneros (13-17% según el sexo y tipo racial; Ferret *et al.*, 2008). El interés por este producto no es nuevo, siendo un forraje ampliamente utilizado en las zonas naturalmente húmedas (Zea, 1995) o de regadío (Albertí *et al.*, 1995),

aunque en ciertos mercados se cuestiona su uso por su posible efecto sobre el color de la grasa de la canal y de la carne, e incluso su contenido en agua.

Actualmente se considera interesante incrementar en la carne la proporción de ácidos grasos poliinsaturados, particularmente de tipo n-3, de ácido linoleico conjugado, con la concomitante reducción de la proporción de ácidos grasos saturados y de la relación n-6/n-3 (Scollan *et al.*, 2006). A pesar de que en los rumiantes la biohidrogenación de las grasas por los microorganismos ruminales reduce el impacto de la composición de la dieta sobre la composición de la grasa, la alimentación es una de las rutas principales para mejorar estos parámetros en la carne de vacuno. De hecho, se ha demostrado que los sistemas basados en el uso de forrajes pueden satisfacer este objetivo (Blanco *et al.*, 2010), y por tanto la grasa más amarillenta puede dejar de ser un carácter negativo para convertirse, sobre todo en el caso de animales jóvenes, en un elemento de trazabilidad del sistema de producción (Dunne *et al.*, 2009).

Por todo ello, el objetivo general de este trabajo es comparar, en condiciones comerciales, la viabilidad técnica y económica del cebo de terneros con ensilado de maíz suplementado con concentrado frente a dietas convencionales a base de pienso y paja, estudiando sus parámetros productivos y la calidad de la canal y de la carne.

## Material y métodos

El ensayo se llevó a cabo en una explotación comercial en Epila (Zaragoza). Se utilizaron 16 terneras, 10 de ellas de raza Blonde d'Aquitaine y 6 cruzadas Pirenaico x Limousin (nacimiento 9-diciembre  $\pm$  33 días), que se distribuyeron en dos lotes experimentales equilibrados por raza al inicio del ensayo,

cuando contaban 6 meses de edad. Los lotes experimentales, con 8 terneras cada uno, se distinguieron en el tipo de alimentación recibida por los animales durante todo el periodo de cebo. El lote UNIFEED recibió una mezcla diaria de ensilado de maíz y núcleo proteico, a voluntad, en proporción teórica 80:20 en términos de materia fresca; el lote PIENSO se alimentó a base de concentrado y paja a voluntad.

En el lote PIENSO se utilizó un concentrado convencional para engorde de terneras de más de 150 kg de peso vivo (maíz 40%, cebada 19%, salvado de trigo 12%, harina de extracción de soja tostada 12%, cáscaras de soja 3%, pulpa de remolacha 3%, aceite de palma 3%, melaza de caña 2%, alfalfa 2%, carbonato cálcico, bicarbonato, cloruro sódico y corrector vitamínico mineral, con un coste de 0.279 €/kg), además de paja de cebada a voluntad. En el lote UNIFEED se incluyó en la mezcla ensilado de maíz y un núcleo proteico (maíz 31%, harina de extracción de soja tostada 20%, salvado de trigo 20%, cáscaras de soja tostada 12%, habas de soja tostada 8%, carbonato cálcico, cloruro sódico y corrector vitamínico mineral, con un coste de 0.296 €/kg). Tanto el concentrado convencional como el núcleo proteico fueron suministrados por Piensos A-90 (La Almunia de Doña Godina, Zaragoza). El ensilado de maíz se realizó en bolsa en la propia explotación, y se estimó un coste total de producción de 0.05 €/kg de ensilado en fresco. El unifeed se preparó diariamente en un carro mezclador horizontal equipado con un sistema de pesaje electrónico.

Las terneras se pesaron mensualmente desde el inicio del ensayo, y la ganancia media diaria se calculó por regresión del peso sobre la fecha. El consumo de alimentos se registró de forma diaria en el lote UNIFEED, y quincenal en el lote PIENSO. Periódicamente se tomaron muestras de los distintos alimentos y de la dieta mezclada, para determinar el contenido

en humedad y su valor nutritivo (laboratorios NUTRAL, S.A., Colmenar Viejo, Madrid).

Los tratamientos se mantuvieron hasta que los animales alcanzaron el peso objetivo al sacrificio, fijado en torno a 440 kg. Para ello se realizaron dos tandas de sacrificio en las que se siguieron idénticos procedimientos, con una separación de dos meses y con igual número de animales de cada tratamiento por fecha de sacrificio. Los animales se pesaron el día previo al sacrificio y se trasladaron al matadero de Mercazaragoza para su sacrificio. Las canales se pesaron tras el faenado; el peso de la canal fría se estimó en un 98% de su peso en caliente y se obtuvo el rendimiento canal (peso canal fría/peso vivo sacrificio). Tras 24 horas de oreo a 4°C se procedió a la clasificación subjetiva de las canales para la conformación (escala SEUROP, expandida a 18 puntos) y el grado de engrasamiento (escala del 1 al 5; expandida a 15 puntos), siguiendo la normativa de la UE (Reglamento CEE N° 1026/91). Se determinó el color de grasa subcutánea, midiendo con un espectrofotómetro Minolta CM-2600d la claridad ( $L^*$ ), el índice de rojo ( $a^*$ ) y el índice de amarillo ( $b^*$ ), y calculando posteriormente el Cromo ( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ ) y el tono ( $h = \arctg(a^*/b^*) \times 57.3$ ). Adicionalmente, se calculó la integral del espectro trasladado de reflectancia de la grasa entre los 450 y 510 nm de longitud de onda (zona de absorción de los carotenoides) (SUM), según la metodología descrita por Prache and Thèriez (1999).

Se tomaron muestras del músculo *Longissimus thoracis* para evaluar la calidad instrumental de la carne. En ellas se evaluó el pH y el color mediante espectrofotometría registrando también las variables  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $h$ , en filetes envasados en bandeja de poliestireno, cubiertos con film permeable al oxígeno y mantenidos en refrigeración y oscuridad, registrándose las medidas en el momento del corte y a 1, 2, 3, 6, 8, 10 y 13 días. La dureza se determinó con un Instron modelo 5543, analizándose la evolución del es-

fuerzo máximo (kg/cm<sup>2</sup>) a 2, 7 y 14 días de maduración al vacío, tras cocción en baño maría a 75 ° C hasta que el centro del filete alcanzó 70°C. Después de enfriar los filetes, se cortaron al menos 8 muestras con una longitud mínima de 3 cm y una sección de 10 x 10 mm. Dichas muestras se cortaron con una célula Warner-Bratzler perpendicularmente a la dirección de las fibras. Se realizó el análisis químico de la carne, determinando la humedad y el contenido en cenizas, proteína (AOAC) y grasa (método Ankom AOCS Am 5-04), así como el perfil de ácidos grasos mediante extracción en frío, metilación y cromatografía de gases (Agilent Technologies, EE.UU.).

La valoración económica se llevó a cabo considerando sólo los costes de alimentación (diferentes entre tratamientos) y los ingresos obtenidos por la venta de la canal, según precio de lonja por categoría, peso y conformación. Los datos de consumos y costes de alimentación no se analizan estadísticamente, al no estar registrados de manera individual.

Los datos referentes a pesos, ganancia media diaria (GMD), características de la canal y com-

posición química de la carne e ingresos obtenidos por la venta de las canales se analizaron mediante un análisis de varianza (PROC GLM) con el tratamiento como efecto fijo. La evolución del color del músculo y su dureza a lo largo del periodo de maduración se analizaron mediante un análisis de varianza de medidas repetidas (PROC MIXED), con el tratamiento, el tiempo y su interacción como factores fijos y el animal como aleatorio. Se presentan las medias mínimo cuadráticas y el error estándar de la diferencia (e.e.d.).

## Resultados y discusión

### Alimentos utilizados

La mezcla unifeed presentó una proporción media de 20.7% de núcleo proteico y 79.3% de ensilado de maíz, en fresco; la relación fue de 42.6% y 57.4% respectivamente en términos de materia seca. La composición química de los alimentos utilizados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición química de los alimentos utilizados en el ensayo  
Table 1. Chemical composition of the feedstuffs used in the experiment

	Pienso convencional	Ensilado de maíz	Núcleo proteico	Mezcla unifeed
Materia seca, g/kg MF	879	307	907	413
Proteína bruta, g/kg MS	132	77	205	148
Fibra bruta, g/kg MS	43	221	94	174
Fibra Neutro Detergente, g/kg MS	—	470	—	394
Fibra Acido Detergente, g/kg MS	—	270	—	239
Almidón, g/kg MS	415	237	283	219
Grasa bruta, g/kg MS	65	—	38	26
Cenizas, g/kg MS	79	42	84	73

### Rendimientos técnico-económicos de los animales durante el cebo

No se detectaron incidencias de tipo sanitario en ninguno de ambos lotes durante el periodo experimental que pudieran asociarse a la dieta recibida.

Los animales de ambos lotes tuvieron similar edad y peso medio al inicio del ensayo. La evolución del peso medio de las terneras de

ambos tratamientos durante el cebo se presenta en la Figura 1. Ésta fue prácticamente lineal durante todo el periodo, si bien se observa un menor aumento de peso al final debido a la salida del primer lote de animales a sacrificio, al alcanzar el peso objetivo. Aunque se observó un peso ligeramente superior en las terneras del lote PIENSO en algunos controles, las diferencias no fueron significativas en ningún momento.

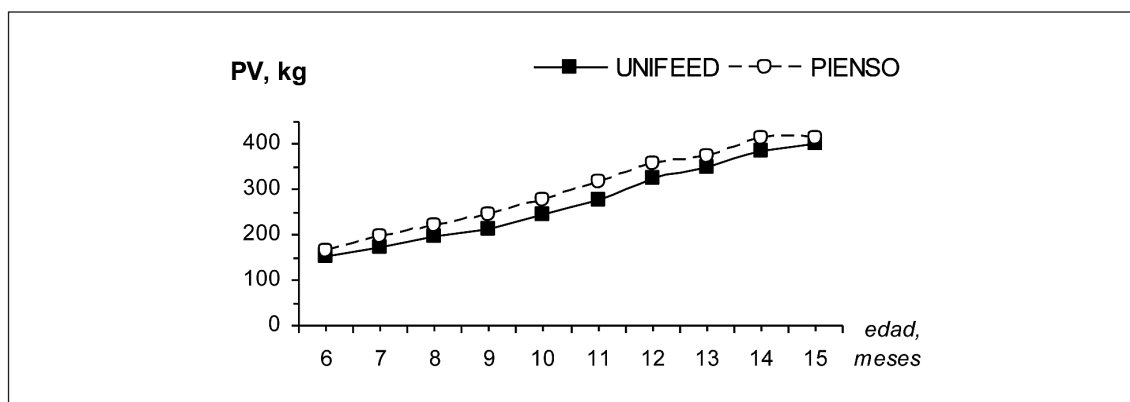


Figura 1. Evolución del peso de las terneras durante el periodo experimental en función de la dieta recibida.

Figure 1. Monthly live weights of the heifers through the experimental period according to feeding treatment.

La ganancia media diaria (GMD) no fue significativamente diferente entre tratamientos durante todo el periodo de cebo ni entre ninguna de las pesadas mensuales. Esto les permitió alcanzar el peso objetivo al sacrificio a la misma edad, sin observarse diferencias significativas en la duración del periodo de cebo asociadas al tratamiento (Tabla 2). Estos resultados contrastan con lo habitualmente observado en dietas con distinta proporción de forraje y concentrado utilizando hierba ensilada (Keane *et al.*, 2006) o en pastoreo directo (Casasús *et al.*, 2011), donde las ganancias dependen de la proporción de concentrado en la dieta. Esta discrepancia

podría deberse al hecho de que el ensilado de maíz de planta entera es un forraje con un alto contenido energético frente al silo de pradera o el pasto aprovechado a diente, y por tanto la dieta mezclada resultante permitiría un crecimiento relativamente alto.

Las ganancias de las terneras del lote UNIFEED fueron del orden de las observadas por Zea *et al.* (2009) en terneras de raza Rubia Gallega y su cruce con Frisona alimentadas con ensilado de maíz a voluntad y 1.5 kg de concentrado/d (GMD 1.16 kg/d). Sin embargo, fueron claramente inferiores a las observadas por Albertí *et al.* (1995) en machos

de raza Pirenaica cebados con silo de maíz a voluntad y suplementación de 4 kg de pienso (GMD 1.55 kg/d), diferencia que podría deberse a un menor consumo de concentrado en el ensayo actual, al sexo y al menor control ambiental en granjas comerciales frente a las condiciones experimentales. Por otro lado, las ganancias de este lote fueron algo superiores a las observadas por Eguinoa y Huguet (2004) en terneros de raza Pirenaica cebados a base de silo de maíz (60%) y con-

centrado (40%), ambos ecológicos (GMD 0.95 kg/d), a pesar de la mayor proporción de pienso en dicho ensayo, que en otros trabajos con silo de maíz ha resultado determinante de un mayor crecimiento (Sami *et al.*, 2004). La diferencia podría deberse, en parte, a la adecuación de suplementación proteica aportada por los piensos a las necesidades nutritivas de los animales (16% en el concentrado ecológico vs. 20.5% de proteína en el núcleo del presente ensayo).

Tabla 2. Peso, edad y crecimiento de los animales durante el cebo en función de la dieta recibida  
 Table 2. Weight, age and growth rates of the heifers through the experimental period according to feeding treatment

Lote	UNIFEED	PIENSO	e.e.d	Significación
Edad inicial, d	174	175	17.4	NS
Edad sacrificio, d	448	425	20.2	NS
Duración del cebo, d	274	250	13.4	NS
Peso inicial, kg	152	165	14.3	NS
Peso final, kg	434	442	13.1	NS
GMD global, kg/d	1.053	1.134	0.06	NS

En la Tabla 3 se presentan los consumos e índices de transformación medios de las terneras durante el cebo, sin análisis estadístico al tratarse de datos registrados por lote. En el caso del lote UNIFEED, el consumo de 15.80 kg/d en fresco de la dieta mezclada supuso un consumo 12.53 kg MF de ensilado de maíz y 3.25 kg MF de núcleo proteico, siendo el consumo de materia seca de 3.69 y 2.84 kg, respectivamente.

El consumo y el índice de transformación de materia seca fueron superiores en el lote UNIFEED que en las terneras del lote PIENSO. La diferente transformación no se debe al crecimiento, que fue similar entre lotes, sino a la menor concentración energética de la dieta única con respecto al pienso. El índice

de conversión de las terneras del lote PIENSO fue mayor al observado por Blanco *et al.* (2009) en machos de raza Pirenaica alimentados con una dieta similar. Esta peor eficiencia de transformación de las hembras se debería tanto a su menor ritmo de ganancia de peso como a que, a igual edad, depositan una mayor proporción de grasa en dicha ganancia. El índice de conversión de las hembras del lote UNIFEED fue mayor al observado por Albertí *et al.* (2010b) en terneras irlandesas alimentadas con dietas unifeed formuladas con una mayor concentración energética (56% de silo de maíz sobre materia fresca, complementado con cebada y un núcleo proteico) para un objetivo de crecimiento superior (1.4 kg/d).

Tabla 3. Consumos e índices de transformación (IT) de alimento de las terneras en función de la dieta recibida  
 Table 3. Heifer feed intake and feed:gain according to feeding treatment

Lote	UNIFEED	PIENSO
Consumo, kg MF/d	15.80	6.83
Consumo, kg MS/d	6.53	6.00
IT kg alimento MS/kg ganancia	6.20	5.29
IT € alimento/kg ganancia	1.50	1.69

Cuando la ingestión se calculó de manera relativa al peso vivo, utilizando en ambos casos las medias mensuales, las diferencias se invirtieron al realizar los cálculos en materia fresca (34.4 g MF/kg PV de media en el lote UNIFEED vs. 24.9 en el lote PIENSO) o en materia seca (14.2 g MS/kg PV en el lote UNIFEED vs. 21.9 en el lote PIENSO) (Figura 2). En

términos relativos al peso vivo, la ingestión de MS del lote UNIFEED fue inferior a la observada por Casasús *et al.* (2004) en novillas de raza Pirenaica de un peso similar consumiendo heno de pradera de buena calidad, diferencia que vendría en parte ligada al alto contenido en humedad de la dieta mezclada, por su efecto "saciante".

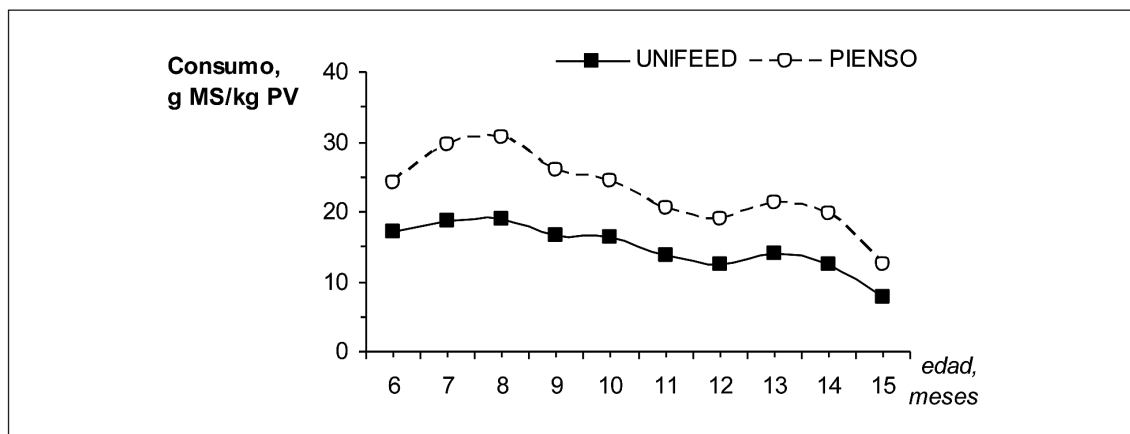


Figura 2. Consumo de alimento (MS) relativo al peso vivo mensual en función de la dieta recibida.  
 Figure 2. Monthly feed intake relative to live weight according to feeding treatment.

Los índices de transformación económicos se han calculado considerando los costes de los alimentos en fresco, sin contabilizar los costes de mezcla y distribución de alimentos en el lote UNIFEED, que supondrían un coste

adicional en combustible de en torno a 2 € por día para dicho lote de animales. Por otro lado, tampoco se consideró el consumo de paja en el lote PIENSO, que fue el único que tuvo paja a libre disposición. Sólo se han te-



nido en cuenta los costes variables de alimentación, ya que no hubo diferencias en costes sanitarios o costes asociados a la duración de la estancia en el cebadero. Con estos datos, el índice de transformación económico (€ de alimento por kg de ganancia de peso) sería ligeramente favorable al lote UNIFEED, con una reducción del 11% del coste. En el mismo sentido, otros autores indican un mayor coste de producción por kg de ganancia en las dietas a base de concentrados (Berthiaume *et al.*, 2006). En otros trabajos (Keane y Allen, 1998; Blanco *et al.*, 2011) se describe un mayor margen bruto (ingresos por la canal – costes de alimentación) en sistemas de producción más extensivos basados en pastoreo que en los intensivos con acabados a pienso, a pesar del menor ritmo de ganancia observado en los primeros.

#### Calidad de la canal

Las características de las canales producidas se presentan en la Tabla 4. No se observaron diferencias significativas asociadas a la alimentación recibida en el peso de la canal oreada ni en el rendimiento canal (ya que el peso vivo al sacrificio y el de la canal fueron similares entre lotes), a pesar de que en algunos trabajos se apunta a que las dietas con una mayor proporción de forrajes pueden reducir este rendimiento por un mayor contenido digestivo (Keane y Moloney, 2009; Zea *et al.*, 2009). Posiblemente, en el presente trabajo el uso de un forraje de alta calidad y picado, con un rápido tránsito intestinal, no llegó a originar estas diferencias.

La conformación de las canales fue algo inferior a la observada por Panea *et al.* (2008) en machos de raza Pirenaica de edad al sacrificio similar a la de este ensayo, pero del orden de la descrita por Albertí *et al.* (2010a) en hembras de la misma raza. La conformación no fue diferente entre tratamientos (U en ambos lotes), pero las canales del lote alimentado con PIENSO tuvieron un engrasamiento ligeramente superior a las cebadas con UNIFEED (2+

vs. 2,  $P < 0.01$ ), quizá ligado al mayor contenido en grasa de su dieta. En el mismo sentido, Zea *et al.* (2009) hallaron una mayor cantidad de grasa de riñonada en terneras finalizadas con pienso a voluntad frente a las que recibían silo de maíz suplementado con 1.5 kg/d de pienso; y otros autores (Berthiaume *et al.*, 2006; Keane *et al.*, 2006) observaron una relación entre la suplementación de pienso y la nota de engrasamiento de las canales. No hubo diferencias entre tratamientos en el precio percibido por kg de canal en función del peso y conformación de la misma, y tampoco por la canal entera, ya que el peso fue similar y ninguna canal sufrió depreciaciones debido al color de su grasa o clasificación.

En cuanto al color de la grasa subcutánea, no hubo diferencias en el tono, aunque se detectaron valores ligeramente superiores en los índices de rojo ( $P < 0.05$ ) y amarillo ( $P < 0.01$ ) y de Cromo ( $C^*$ ) o saturación del color ( $P < 0.01$ ) en el lote UNIFEED, lo que indica que esa grasa fue algo más pigmentada. Sin embargo, no hubo depreciación comercial ya que no eran diferencias detectables por el ojo humano.

La integral del espectro de reflectancia trasladado en la zona de absorción de los carotenoides (SUM) presentó un valor también superior ( $P < 0.05$ ) en el lote UNIFEED, lo que indicaría una mayor concentración de estos pigmentos. Esta diferencia podría ser un elemento de trazabilidad del sistema de alimentación por medio de regresiones logísticas, como describen Ripoll *et al.* (2008) en ovino y Blanco *et al.* (2011) en vacuno, aunque las diferencias observadas entre lotes en el presente ensayo son menores a las observadas por éstos últimos entre terneros cebados a pienso o en praderas de alfalfa. Esta metodología permitiría discriminar entre animales alimentados con piensos y en pastoreo o con dietas forrajeras aún cuando las diferencias en el color de la grasa no fueran detectables a simple vista.

La escasa magnitud de las diferencias en la pigmentación de la grasa se debería a que la

Tabla 4. Características de las canales, precio y color de la grasa subcutánea en función de la dieta recibida

Table 4. Carcass characteristics, price and subcutaneous fat colour according to feeding treatment

	UNIFEED	PIENSO	e.e.d.	Significación
Peso canal oreada, kg	251	261	9.7	NS
Rendimiento canal, %	58.0	59.0	1.06	NS
Conformación (escala 1-18)	10.9 (U)	10.8 (U)	0.43	NS
Engrasamiento (escala 1-15)	4.8 (2)	5.9 (2+)	0.49	**
Precio percibido				
€/ kg canal	4.17	4.19	0.07	NS
€/ canal	1050	1096	55.4	NS
Color de la grasa subcutánea				
L*	67.1	66.7	2.33	NS
a*	4.2	2.6	0.72	*
b*	11.3	8.9	0.70	**
h*	69.6	74.2	3.39	NS
C*	12.1	9.3	0.78	**
SUM	207.8	172.4	12.56	*

proporción de maíz grano en el concentrado utilizado en el lote PIENSO también fue alta (40%), por lo que la proporción de pigmentos en las dietas sería menos diferente que cuando se comparan dietas más diferentes en cuanto a su concentración de pigmentos. En cualquier caso, Cooke *et al.* (2004) también hallaron diferencias en el mismo sentido entre terneras cebadas a base de concentrado o con dietas unifeed con una alta proporción de silo de maíz y hierba; aunque otros autores no detectan estas diferencias (Berthiaume *et al.*, 2006). En comparación con canales de terneros de raza Parda de Montaña de similar peso cebados en praderas de alfalfa (Blanco *et al.*, 2011), esta grasa presentó un índice de rojo similar pero mucho menor índice de amarillo y saturación del color. Estos valores también fueron inferiores a los observados en terneros cebados en praderas

polifitas de montaña (Casasús *et al.*, 2011), lo que apuntaría a que el depósito de pigmentos procedentes del forraje es inferior en dietas basadas en silo de maíz que en pastoreo de hierba en fresco, por la menor concentración en pigmentos como el beta-caroteno o la luteína (Dunne *et al.*, 2009), como observaron Varela *et al.* (2004).

#### Calidad de la carne

El pH final de la carne tuvo un valor de 5.6 en ambos tratamientos (e.e.d. 0.02, NS), que se corresponde con animales que no han sufrido estrés previo al sacrificio que pueda afectar negativamente al color o la textura de la carne.

Con respecto a la evolución de la dureza instrumental de la carne, en ningún momento hubo diferencias entre tratamientos en el

esfuerzo necesario para el corte (Figura 3). El efecto de la alimentación sobre este parámetro es controvertido en la bibliografía (Sami *et al.*, 2004), puesto que en algunos trabajos se aprecia una mayor terneza en la carne de animales cebados con dietas basadas en concentrado frente a otras con mayor proporción de forraje (Kerth *et al.*, 2007), mientras en otros se indica que en animales de un mismo sexo y raza, sacrificados a igual peso y edad, las diferencias entre dietas a base de forraje o concentrado son inexistentes (Moloney *et al.*, 2001; Faucitano *et al.*, 2008; Blanco *et al.*, 2010). Varela *et al.* (2004)

observaron que la carne procedente de animales cebados en pastoreo era más tierna que la de los cebados con silo de maíz y concentrados, aunque las diferencias desaparecían a los 7 d de maduración. En el presente ensayo, los valores de ambos tratamientos fueron bajos en referencia a los observados habitualmente en terneros, y similares a los obtenidos por Albertí *et al.* (2011) en hembras de raza Pirenaica. A lo largo del periodo de maduración la dureza de la carne disminuyó a consecuencia de los procesos de "tenderización", como media, un 7% a los 7 días y un 23% a los 14 días.

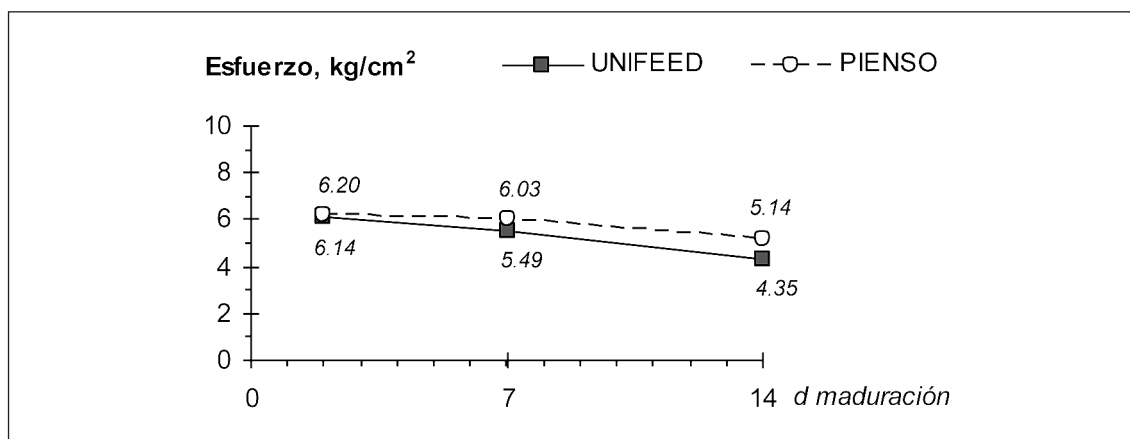


Figura 3. Evolución de la dureza instrumental de la carne durante el periodo de maduración en función de la dieta recibida.

Figure 3. Evolution of maximum stress of meat according to feeding treatment.

Las carnes procedentes de ambos tratamientos tuvieron similar evolución del color durante un periodo de exposición al oxígeno de 13 días. La luminosidad se mantuvo muy constante durante este periodo, con valores entre 37 y 43. El índice de rojo aumentó de 11 a 17 puntos a las 24 horas para luego disminuir casi linealmente hasta un valor final de 15, mientras que el índice de amarillo pasó de 4 a 10 en el primer día y posteriormente se mantuvo constante. En consecuencia, el tono

aumentó su valor entre el momento del corte y las 24 horas, en que alcanzó su máximo apogeo (*blooming*) y posteriormente se mantuvo estable (Figura 4), lo que indicaría la ausencia de procesos de decoloración y oxidación de los pigmentos del músculo (Albertí *et al.*, 2005). Tras el incremento ocurrido el primer día, la saturación (C\*) disminuyó de manera paulatina (Figura 4), sin rebasar el límite inferior de 18, bajo el cual la carne comienza a tener un rojo apagado (McDougall,

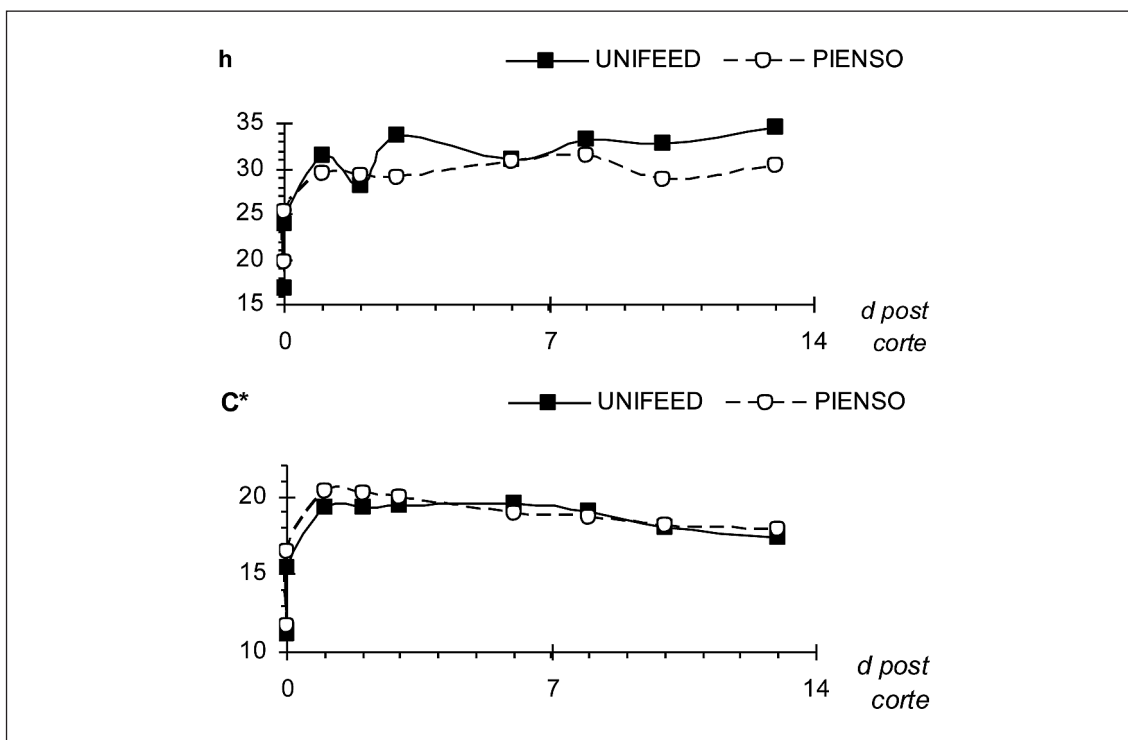


Figura 4. Evolución de la saturación del color (Croma, C\*) y el tono (h) de la carne envasada en film permeable al oxígeno en función de la dieta recibida.

Figure 4. Evolution of Croma and Hue angle of meat according to feeding treatment.

1982). En función de los resultados obtenidos por Ripoll *et al.* (en prensa) en carne de añejos alimentados con pienso y silos, los valores de C\* y L\* observados en el presente experimento se relacionarían con notas altas de aceptabilidad por parte de los consumidores en la apreciación visual.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los parámetros analizados en ninguno de los momentos de medida (C\* y h presentados en la Figura 4), mientras que el efecto del tiempo fue altamente significativo en todos ellos. La ausencia de diferencias entre tratamientos, en contra de lo observado en el color de la grasa subcutánea, se debería a que los pigmentos responsables de estas diferencias son lipófi-

los, es decir, se acumulan principalmente en la grasa, y por ello su concentración en la carne es menor. El color de la carne depende fundamentalmente del estado oxidativo de la mioglobina, que si bien puede estar afectado por la alimentación cuando se comparan dietas intensivas frente al cebo en pastoreo (por el mayor aporte de vitamina E procedente del pasto), si la base forrajera es silo de maíz este aporte es poco significativo (Nuernberg *et al.*, 2005) y por tanto de escasa influencia. A diferencia del silo de maíz, en algunos ensayos de cebo realizados con silo de hierba frente a pienso sí se ha observado un diferente color del músculo y una mayor estabilidad en la carne de los animales cebados con ensilado (Warren *et al.*, 2008b), mo-

tivado por una mayor concentración de vitamina E en el músculo. Sin embargo, otros ensayos con silo de hierba a voluntad frente a dietas con un 70% de concentrado no llegan a detectar estas diferencias (Faucitano *et al.*, 2008). La carne de las terneras alimentadas con unifeed presentó menor índice de amarillo y mayor índice de rojo del observado por Blanco *et al.* (2010) en terneros cebados en praderas de alfalfa, lo que indicaría una menor acumulación de pigmentos carotenoides, por su menor concentración en el forraje consumido.

El análisis químico de la carne indicó que no hubo diferencias entre tratamientos en la humedad ni el contenido en grasa y proteína (Tabla 5). Los valores fueron superiores a los observados por Blanco *et al.* (2010) en machos cebados en praderas de alfalfa, lo que se explicaría tanto por el hecho de ser en este caso hembras como por el alto contenido energético de la dieta mezclada a base de silo de maíz de planta entera en el presente trabajo, que permitiría una mayor deposición de grasa en la ganancia.

Tabla 5. Composición química de la carne de las terneras en función de la dieta recibida  
*Table 5. Meat chemical composition according to feeding treatment*

Lote	UNIFEED	PIENSO	e.e.d	Significación
Materia seca, g/kg	268.4	251.3	20.2	NS
Grasa, g/kg	36.8	31.7	7.28	NS
Proteína, g/kg	219.6	205.1	15.8	NS

Con respecto a la calidad nutricional de la grasa, no hubo diferencias entre tratamientos en los ácidos grasos mayoritarios en la grasa intramuscular de rumiantes, como el palmítico (C16:0), el esteárico (C18:0) o el oleico (C18:1); tampoco las hubo en la proporción total de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Se observó una tendencia a una mayor concentración de ácido linoleico (C18:2) en las terneras del lote PIENSO, como han descrito otros trabajos (French *et al.*, 2000), ya que los concentrados tienen una alta proporción de C18:2. También hubo diferencias más relevantes en algunos aspectos de especial impacto en la salud humana (Scollan *et al.*, 2006), como la concentración de ác. vaccénico y ác. linoleico conjugado, la proporción de ácidos grasos poliinsaturados de tipo n-3 y la relación n-6 / n-3, todos ellos más favorables en las terneras del lote UNIFEED con respecto al

tratamiento PIENSO. Estas diferencias son similares a las encontradas por Cooke *et al.* (2004) entre terneras cebadas a base de concentrado o con dietas unifeed con alta proporción de forraje, y a los resultados de Faucitano *et al.* (2008) en animales cebados con silo de hierba frente a un 70% de concentrado (mayor proporción de ácidos grasos n-3 y de ác. linoleico conjugado en los primeros) y a los de Zea *et al.* (2008) en acabados con silo o concentrado, lo cual apunta a una mejor calidad nutricional de la grasa de los animales cebados con mayor proporción de forraje. Warren *et al.* (2008a) obtuvieron resultados más dispares al comparar animales de diversas razas cebados con concentrados o silo de hierba, asociado al mayor contenido en grasa de la carne de estos últimos que conllevaba una menor proporción de poliinsaturados. Sin embargo, en el mismo sentido que en el

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos de la carne de las terneras en función de la dieta recibida  
 Table 6. Meat fatty acid profile according to feeding treatment

	UNIFEED	PIENSO	e.e.d.	Significación
Cáprico (C10:0)	0.08	0.07	0.057	0.08
Láurico (C12:0)	0.06	0.05	0.004	NS
Mirístico (C14:0)	2.47	2.34	0.156	NS
Miristoleico (C14:1)	0.35	0.31	0.049	NS
Pentanoico (C15:0)	0.29	0.31	0.02	NS
Palmítico (C16:0)	26.62	26.77	0.592	NS
Palmitoleico (C16:1 n7)	3.13	2.99	0.181	NS
Margárico (C17:0)	0.78	0.74	0.051	NS
Margaroleico (C17:1)	0.47	0.47	0.036	NS
Esteárico (C18:0)	17.48	18.24	0.808	NS
Oleico (C18:1 n9)	35.62	35.31	1.117	NS
Vaccénico (C18:1 n7)	4.45	3.09	0.292	***
Linoleico (C18:2 n6)	5.23	6.31	0.587	0.09
Linolénico (C18:3 n3)	0.36	0.21	0.024	***
Linoleico conjugado (CLA, C18:2 n7c9-t11)	0.54	0.30	0.045	***
Araquídico (C20:0)	0.11	0.12	0.006	NS
Gadoléico (C20:1)	0.15	0.16	0.013	NS
Araquidónico (C20:4)	1.24	1.59	0.215	NS
Eicosapentaenoico (C20:5) EPA	0.08	0.08	0.009	NS
Docosatetraenoico (C22:4 n-6)	0.25	0.29	0.038	NS
Docosapentaenoico (C22:5) DPA	0.25	0.25	0.029	NS
Ac. grasos saturados	47.89	48.65	1.168	NS
Ac. grasos monoinsaturados	44.16	42.32	1.117	NS
Ac. grasos poliinsaturados	7.71	8.74	0.825	NS
Poliinsaturados n-6	6.72	8.18	0.789	0.09
Poliinsaturados n-3	0.69	0.55	0.056	*
Relación n-6 / n-3	9.63	14.83	0.311	***
Relación Poliinsaturados / Saturados	0.16	0.18	0.019	NS

presente trabajo, observaron mayor proporción de ácidos tipo n-3 y una menor relación n-6 / n-3 en los terneros cebados con silo.

Los valores observados en el lote PIENSO respecto a la proporción de ácidos grasos poliinsaturados y la relación n-6/n-3 son similares a los observados por Albertí *et al.* (2011) en terneras de raza Pirenaica cebadas con concentrados. Los valores respectivos en el lote UNIFEED son menores a los referidos por Blanco *et al.* (2010) en terneros cebados en praderas de alfalfa con suplementación de 2 kg/d de cebada (25.7% y 2.5 respectivamente), pero la relación se encuentra en el rango de 4 a 10 observado por Albertí *et al.* (2010b) en animales cebados con ensilados. En el mismo sentido, Varela *et al.* (2004) también observaron que estos índices, aunque mejoran con respecto a dietas basadas en concentrados, son menos favorables en dietas de en silo de maíz frente al cebo en pastoreo, lo que indicaría que estos sistemas permiten obtener una calidad nutricional de la grasa intermedia entre el cebo convencional y el cebo más extensivo en pastos.

## Conclusiones

El cebo de terneras con una dieta mixta a base de ensilado de maíz complementada con un núcleo proteico permitió crecimientos similares a los observados en dietas convencionales a base de pienso a libertad, con un menor coste de alimentación por kg de ganancia, produciendo canales de similar peso y conformación, ligeramente menos engrasadas y con una grasa algo más pigmentada, con una carne de similar calidad instrumental pero mejor calidad nutricional de la grasa. Todo ello indica que el cebo con ensilados puede ser una alternativa técnica y económicamente eficiente que permita satisfacer las demandas nutricionales de los consumidores. Si bien la mejora nutricional es menor a la observada

en animales cebados en pastos, este sistema presenta la ventaja de ser menos dependiente de las condiciones meteorológicas que hacen que los rendimientos técnicos obtenidos en pastoreo sean más aleatorios.

## Agradecimientos

Financiación procedente de INIA (RTA2010-57), Gobierno de Aragón (DER-2008-02-50-729002-553) y FEDER. Muy especialmente a Enrique Callejas, por las facilidades prestadas para la realización del ensayo en su explotación, y a Francisco Moro, de laboratorios NUTRAL, por su colaboración.

## Bibliografía

- Albertí P, Sañudo C, Santolaria P, 1995. El cebo de terneros con silo de maíz complementado con pienso. *Bovis* 63: 65-74.
- Albertí P, Ripoll G, Casasús I, Blanco M, Chapullé J.L.G, Santamaría J, 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de carne de terneros. ITEA-Informaciones Técnico-Económicas, 101(2): 91-100.
- Albertí P, Casasús I, Ripoll G, Panea B, Blanco M, 2010a. Mejora del engrasamiento de canales de raza Pirenaica mediante la elección de la categoría comercial. II Congreso Nacional de Zootecnia, Lugo, 28-29 Octubre. 112-115.
- Albertí P, Ripoll G, Panea B, Casasús I, Joy M, Congost S, Vallés M, 2010b. Utilización de sistemas de cebo basados en ensilados y forrajes unifeed como alternativa al sistema de cebo a pienso; efecto en los parámetros productivos y en la calidad de la carne. *Informaciones Técnicas*. Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria 215: 1-16.
- Albertí P, Ripoll, G, Casasús, I, Panea, B, Blanco, M, 2011. Calidad de la carne de tres categorías comerciales de raza Pirenaica. XIV Jornadas sobre

- Producción Animal A.I.D.A., Zaragoza, 17-18 Mayo. A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, J. Alvarez-Rodríguez, J. H. Calvo, B. Panea, P. M. Muñoz, J. Balcells (Ed.). A.I.D.A. 2: 751-753.
- Bernués A, Ruiz R, Olaizola A, Villalba D, Casasús I, 2011. Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs. *Livestock Science* 139: 44-57.
- Berthiaume R, Mandell I, Faucitano L, Lafrenière C, 2006. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 1. Feedlot performance, carcass quality, and production costs. *Journal of Animal Science* 84: 2168-2177.
- Blanco M, Villalba D, Ripoll G, Sauerwein H, Casasús I, 2009. Effects of early weaning and breed on calf performance and carcass and meat quality in fall-born bull calves. *Livestock Science* 120: 103-115.
- Blanco M, Casasús I, Ripoll G, Panea B, Albertí P, Joy M, 2010. Lucerne grazing compared with concentrate-feeding slightly modifies carcass and meat quality of young bulls. *Meat Science* 84: 545-552.
- Blanco M, Joy M, Ripoll G, Sauerwein H, Casasús I, 2011. Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. *Animal* 5: 113-122.
- Casasús I, Sanz A, Villalba D, Ferrer R, Revilla R, 2004. Intake capacity of two breeds of suckler cattle of different milk yield potential and validation of prediction models. *Livestock Production Science* 89: 195-207.
- Casasús I, Joy, M, Albertí, P, Ripoll, G, Blanco M, 2011. Influencia del nivel de suplementación sobre los rendimientos y características de la canal y la carne de terneros de raza Parda de Montaña cebados en pastoreo. XIV Jornadas sobre Producción Animal A.I.D.A., Zaragoza, 17-18 Mayo. A. Sanz, I. Casasús, M. Joy, J. Alvarez-Rodríguez, J.H. Calvo, B. Panea, P.M. Muñoz, J. Balcells (Ed.). A.I.D.A. 1: 61-63.
- Cooke DWI, Monahan FJ, Brophy PO, Boland MP, 2004. Comparison of concentrates or concentrates plus forages in a total mixed ration or discrete ingredient format: Effects on beef production parameters and on beef composition, colour, texture and fatty acid profile. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43: 201-216.
- Dunne PG, Monahan FJ, O'Mara FP, Moloney AP, 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science* 81: 28-45.
- Eguinoa P, Huguet J, 2004. Producción de carne de vacuno ecológica: sistemas de alimentación en cebo. *Navarra Agraria* 143: 56-64.
- Faucitano L, Chouinard PY, Fortin J, Mandell IB, Lafrenière C, Girard CL, Berthiaume R, 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. *Journal of Animal Science* 86: 1678-1689.
- Ferret A, Calsamiglia, S, Bach, A, Devant, M, Fernández, C, García-Rebollar, P, 2008. Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo (normas FEDNA). Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal. 54 págs.
- French P, Stanton C, Lawless F, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney AP, 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science* 78: 2849-2855.
- Keane MG, Allen P, 1998. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. *Livestock Production Science* 56: 203-214.
- Keane MG, Drennan MJ, Moloney AP, 2006. Comparison of supplementary concentrate levels with grass silage, separate or total mixed ration feeding, and duration of finishing in beef steers. *Livestock Science* 103: 169-180.
- Keane MG, Moloney AP, 2009. A comparison of finishing systems and duration for spring-born Aberdeen Angus × Holstein-Friesian and Bel-



- gian Blue × Holstein-Friesian steers. *Livestock Science* 124: 223-232.
- Kerth CR, Braden KW, Cox R, Kerth LK, Rankins DLJ, 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. *Meat Science* 75: 334-341.
- Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino (MARM), 2011. El sector de la carne de vacuno en cifras. Principales indicadores económicos. Subdirección General de Productos Ganaderos, Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. [www.marm.es](http://www.marm.es) (consulta noviembre 2011).
- McDougall DB, 1982. Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9: 74-88.
- Mazzenga A, Gíanesella M, Brscic M, Cozzi G, 2009. Feeding behaviour, diet digestibility, rumen fluid and metabolic parameters of beef cattle fed total mixed rations with a stepped substitution of wheat straw with maize silage. *Livestock Science* 122: 16-23.
- Moloney AP, Mooney MT, Kerry JP, Troy DJ, 2001. Producing tender and flavoursome beef with enhanced nutritional characteristics. *Proceedings of the Nutrition Society* 60: 221-229.
- Nuernberg K, Dannenberger D, Nuernberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, Wood JD, Nute GR, Richardson RI, 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. *Livestock Production Science* 94: 137-147.
- Panea B, Alberti P, Olleta JL, Campo MM, Ripoll G, Altarriba J, Sañudo C, 2008. Intra-breed variability and relationships for 41 carcass and meat traits in Pirenaica cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6: 546-558.
- Prache S, Thèriez M, 1999. Traceability of lamb production systems: carotenoid pigments in plasma and adipose tissue. *Animal Science* 69, 29-36.
- Ripoll G, Joy M, Muñoz F, Albertí, P, 2008. Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. *Meat Science*, 80(2), 239-248.
- Ripoll G, Panea B, Albertí P, 2012. Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab. *ITEA-Informaciones Técnico-Económicas*, Vol. 108(2): 218-228.
- Sami AS, Augustin C, Schwarz FJ, 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat Science* 67: 195-201.
- Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dannenberger D, Richardson I, Moloney A, 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 74: 17-33.
- Varela A, Oliete B, Moreno T, Portela C, Monserrat L, Carballo JA, Sánchez L, 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science* 67: 515-522.
- Villalba D, Molina, E, Cubiló, D, Blanco, M, Albertí, P, Joy, M, Casasús I, 2010. Alternativas técnicas para el engorde de terneros utilizando forrajes. *Agroecología*: 24-27.
- Warren HE, Scollan ND, Enser M, Hughes SI, Richardson RI, Wood JD, 2008a. 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.
- Warren HE, Scollan ND, Nute GR, Hughes SI, Wood JD, Richardson RI, 2008b. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science* 78: 270-278.
- Zea J, 1995. El ensilado de maíz para la producción de carne. *Mundo Ganadero* 2: 32-34.
- Zea J, Díaz MD, Carballo JA, 2008. Efecto del acabado sobre la calidad de carne y grasa de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia* 57: 465-476.
- Zea J, Díaz MD, Carballo JA, 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. *Archivos de Zootecnia* 58: 11-22.

(Aceptado para publicación el 20 de enero de 2012)