

Morfología y productividad carnicera

Horcada, A.* , Avilés, C.* y Molina, A.**

* Departamento de Ciencias Agroforestales. E.U.I.T.A. Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera, km. 1. 41013 Sevilla. albertohi@us.es

** Departamento de Genética. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales. 14005 Córdoba. ge1moala@uco.es

1. Introducción

765

2. La medida de la morfología en los animales
de granja

768

3. La relación entre la morfología y la aptitud
carnicera de los animales de abasto

782

4. Genes relacionados con la morfología y
la producción carnicera

787

5. La valoración morfológica en los esquemas
de selección

797

Bibliografía

800

1. Introducción

La eficiencia de la producción cárnica está afectada por diversos factores que pueden ser agrupados en líneas generales de la siguiente manera:

- *Eficiencia reproductiva*, considerado como un factor esencial de base en las especies para la producción cárnica ya que si no existen partos o las crías obtenidas no son viables no existe ninguna producción.
- *Crecimiento hasta el destete*, que puede ser considerado como un buen predictor precoz del peso al sacrificio, muy especialmente cuando hace referencia al crecimiento magro.
- *Crecimiento en cebadero*, período de tiempo en el que hay que tener en cuenta también la eficiencia en el uso del alimento.
- *Características morfológicas del animal en vivo, de la canal y de la carne*, que determinan el valor económico de la producción.
- *Características de comportamiento y adaptación* a los sistemas en extensivo de las diferentes razas carniceras que influyen sobre todos los factores anteriores.

En este capítulo vamos a centrarnos exclusivamente en la morfología del animal y su relación con la aptitud carnicera. Desde el punto de vista de la mejora productiva hay que diferenciar la condición corporal del animal en un momento determinado, de la propia valoración morfológica del animal. La condición corporal mide el estado de reservas corporales del animal en un estado fisiológico y edad determinada, mientras que la valoración morfológica permite determinar las características productivas del animal atendiendo a su aspecto y constitución. A pesar de que la condición corporal es un carácter muy interesante en sistemas productivos extensivos (Icar, 2001) que permite monitorizar el sistema de producción, este carácter no tiene importancia desde el punto de vista de la mejora ya que refleja una situación generalmente ambiental (manejo, alimentación, estado sanitario, etc). Por eso, en este capítulo, cuando se habla de morfología o de conformación nos referiremos a la valoración morfológica.

Con la domesticación de los animales, el hombre ha venido realizando de forma más o menos empírica una selección de éstos en base a su morfología. La elección de los individuos estaba relacionada en un principio con la función para la que se pensaba usar el animal y de alguna manera se relacionaba la morfología con la funcionalidad. Posteriormente, con la definición de las diferentes razas, comienza entre los ganaderos a prevalecer la idea de relacionar la morfología con la propia belleza del animal (“la armonía de formas”) e incluso con la homoge-

neidad de diversos caracteres (“el cumplimiento del patrón racial”), dejando de lado la funcionalidad. Este hecho ha prevalecido inmutable hasta prácticamente nuestros días, independientemente de la aptitud funcional de que se trate.

Con la intensificación de las producciones animales ha sido necesario un cambio de orientación del sistema de valoración y selección de los animales sobre todo en aquellas aptitudes no relacionadas con la propia belleza. Por ejemplo, en el caso del ganado vacuno de leche se ha comenzado a prestar más importancia a las producciones que a la morfología, asumiendo de forma implícita la existencia de una correlación entre determinados caracteres productivos y morfológicos. Así, se esperaba que los animales más productivos contasen *per se* con la morfología de ubre más adecuada. Esta situación, sin embargo, ha llevado al abandono de los criterios de selección de tipo morfológico en la selección de los futuros reproductores. La consecuencia de este hecho ha sido un elevado progreso genético para la producción de leche y la aparición de problemas relacionados con la falta de una morfología adecuada para la producción lechera. Además, en estos sistemas intensivos, el estrés productivo del animal ha derivado en una clara disminución de la vida productiva de los individuos.

Esta trayectoria también puede aplicarse a la producción carnífera, y así cabe esperar que los animales que presentan una mejor morfología produzcan más kilos de carne aprovechable. Sin embargo, esta observación no es tan clara como en el caso del vacuno de leche, ya que el sistema de producción, generalmente extensivo, ha permitido un incremento productivo sin una grave disminución de la vida productiva de los animales.

Paralelamente, en las últimas décadas del siglo XX se ha asistido a un cambio muy significativo de la filosofía económica de la explotación. Hasta ese momento en un escenario económico de costes moderados y precios de la leche al menos no bajos, era rentable mantener los animales durante pocas lactaciones si las producciones eran muy elevadas. Pero llegó un momento en el que el exceso de producción determinó una bajada sostenida del precio que recibía el productor, coincidiendo con el incremento de los costes de explotación. En estas circunstancias, el coste de llevar una novilla a producción no era posible amortizarlo en pocas lactaciones, por lo que resultaba imprescindible que los animales tuviesen una vida productiva más amplia y pasar al menos de 3 a 5 lactaciones por vaca. Para conseguir este incremento en el número de lactaciones parecía necesario incluir criterios morfológicos en la selección de los animales, a pesar de que la selección genética de los caracteres morfológicos había demostrado una escasa eficiencia, debido principalmente, a la naturaleza de la metodología de control de este tipo de caracteres. Los métodos de medida de la morfología se basaban en una valoración por puntos de determinadas par-

tes y regiones del animal en relación al considerado ideal (valoración regional). Independientemente de que este concepto estaba más relacionado con la morfología que con la funcionalidad, este sistema presenta graves deficiencias para su utilización en la valoración genética ya que se trata de un sistema altamente subjetivo y con falta de sentido de la dirección de la desviación. Después de unos años de estudio, la *Federación Internacional de Lechería*, junto con la *Confederación de Criadores de Vacuno de Leche* de USA, proponen el cambio a un sistema que se denominó *valoración continua o valoración morfológica lineal (VML)* y que a la postre se ha impuesto no sólo en esta especie y aptitud, sino en prácticamente todas las especies pecuarias, incluidas las de producción carnicera. Gracias a este sistema, la valoración genética para este tipo de caracteres se ha vuelto mucho más eficiente, como se ha demostrado en el caso del ganado bovino de carne. Desde entonces, la morfología de los animales ha recobrado su importancia no sólo porque sigue siendo el distintivo de la pureza racial, sino porque está muy relacionada con la adaptación del animal al medio y con la vida productiva útil (el desarrollo muscular, el porcentaje de hueso, etc.).

Un hecho diferencial hasta prácticamente nuestros días entre los animales de aptitud lechera y los de aptitud cárnica es que en el caso de la producción cárnica se han venido imponiendo desde hace tiempo criterios relacionados con la calidad, mientras que en el caso de la producción lechera, durante mucho tiempo han prevalecido los criterios de cantidad de leche producida. Este hecho ha implicado el desarrollo de técnicas de medida más o menos objetivas en la calidad de la carne y, desde el punto de vista de la mejora genética, la puesta a punto de técnicas de predicción in vivo de las características de la canal y de la carne. En próximos apartados del capítulo se detalla una breve descripción de estos aspectos.

Una de las inquietudes que tiene el productor de carne y el investigador en este campo es el conocimiento *a priori* de las características de la canal a partir del animal en pie. La puesta a punto de técnicas instrumentales efectuadas en el animal in vivo que estimen las características de la canal permiten al ganadero tomar la decisión del momento óptimo de sacrificio de los animales para obtener el mayor valor comercial de las canales. Por otra parte, estas técnicas permiten al investigador realizar experiencias de crecimiento y desarrollo de los animales sin tener que recurrir al sacrificio de los mismos. También estas técnicas resultan interesantes en los planes de selección de algunas especies domésticas, ya que permiten evaluar in vida la aptitud carnicera y mejorar el rendimiento y eficiencia en la producción de carne de los animales.

La medida de las características de las canales en el matadero se realiza habitualmente mediante métodos subjetivos basados en la valoración de la conformación y el estado de engrasamiento (reglamento CEE No 1026/91, sistema de

clasificación SEUROP para el ganado bovino) y menos frecuentemente mediante métodos objetivos basados en ciertas medidas zoométricas lineales realizadas sobre las canales (Espejo *et al.*, 2000 y Albertí *et al.*, 2001). En la sala de despiece, el cálculo del porcentaje de las diferentes piezas obtenidas también puede dar idea del valor carnicero de las canales. Además, la estimación del valor carnicero de las canales puede ser llevado a cabo en el laboratorio a partir del cálculo de área del músculo *longissimus dorsi* determinado por planimetría.

2. La medida de la morfología en los animales de granja

MÉTODOS BASADOS EN LA APRECIACIÓN VISUAL EN VIVO

La importancia que ha tenido en el pasado la morfología en el valor económico de los animales ha sido manifiesta en todas las especies y razas, a pesar de que este reconocimiento ha pasado por diversas etapas históricas. Así, la forma de medir la morfología también ha evolucionado históricamente en paralelo a su utilidad. Esta evolución histórica se detalla en los sistemas de valoración siguientes:

- *Valoración Morfológica Global (VMG)*. Se trata de la apreciación rápida y subjetiva de la correspondencia del animal con el concepto ideal de esa raza que el calificador posee. Este método es poco objetivo y nada informativo. Prácticamente se ha desechado en todas las especies.
- *Valoración Morfológica Regional (VMR)*. Este método establece una puntuación a cada región anatómica en relación con el ideal de la raza. Es también subjetivo, da más información que el anterior, pero depende del concepto de animal ideal y no indica el sentido de la desviación. Este método se sigue empleando en el ganado caprino, ovino y en algunas razas de bovino de carne. Su principal utilidad está relacionada con la valoración del animal para su calificación en los libros genealógicos y desgraciadamente en muchas ocasiones como criterio importante a la hora de fijar el precio en las transacciones de compra-venta de animales para vida.
- *Valoración Morfológica Lineal (VML)*. Este método se basa en la traducción del grado con que se manifiesta un carácter morfológico en una escala de valores numéricos según un patrón fijado anteriormente. Este sistema se ha desarrollado a partir de 1979 en el vacuno de leche y se ha implantado en la práctica totalidad de las especies pecuarias. Se trata de un sistema diseñado para maximizar la correlación entre morfología y funcionalidad (en este caso producción de carne).

A partir de este momento sólo nos referiremos a la VML, dadas sus especiales propiedades y al hecho de que es una metodología de referencia a nivel mundial en la medida de la relación morfología-funcionalidad.

Las principales propiedades de este sistema de valoración son las siguientes (Fernández *et al.*, 1998):

- Traduce el grado con que se manifiesta el carácter morfológico a una escala de valores numéricos según un patrón prefijado. Por lo tanto es más objetivo ya que describe una situación y no valora en referencia a un ideal.
- La unificación de los criterios por parte de los controladores es mucho más fácil.
- Cada rasgo está correlacionado con caracteres de importancia económica.
- Se trata de un método de medida fácil, rápido y económico.
- Es flexible en el espacio y en el tiempo, es decir, no es necesario recalificar a los animales si los objetivos son diferentes en el espacio (por ejemplo en diferentes regiones) o en el tiempo (por ejemplo cambios de tipo de animal que se van buscando).
- La obtención de las puntuaciones para cada uno de los índices que se estiman se realiza en una etapa posterior e independiente a la calificación del animal, una vez que han sido determinados los óptimos por parte de la Asociación de Criadores correspondiente.
- Al informar del sentido de la desviación frente al ideal y presentarse en una escala lineal, es apto para las valoraciones genéticas, pudiendo contar por lo tanto con animales “correctores” de una determinada morfología (por ejemplo correctores de grupa derribada, etc.).
- Suele presentar una heredabilidad adecuada para permitir su selección genética.

Este método se trata en otro capítulo de este libro, por lo que a continuación se realiza únicamente una descripción referente a los animales de aptitud cárnica.

A) LA VALORACIÓN MORFOLÓGICA LINEAL EN LAS ESPECIES DE APTITUD CÁRNICA

Por diversas causas, el empleo de la VML está muy desarrollada en el caso del vacuno de carne y en menor medida en el caso de los pequeños rumiantes y del ganado porcino.

1. LA VALORACIÓN MORFOLÓGICA LINEAL EN EL VACUNO DE CARNE

En el caso del vacuno de carne, el método de VML más empleado es el modelo francés. Este modelo comenzó a desarrollarse en la raza Charolesa en 1965, quedando determinado definitivamente en 1973 (Rehben, 1992) y comprobada la equivalencia entre los puntos de referencia en vivo y los de la canal en 1983 (Raoult y Rehben, 1983).

El sistema francés de VML incluye 15 caracteres comunes para todas las razas (Rehben *et al.*, 1994) agrupados en 3 grupos: *Desarrollo Muscular*, *Desarrollo Esquelético* y *Capacidad o Aptitud Funcional*. Existe un cuarto grupo de rasgos en los que cada raza puede definir otros caracteres que considere importantes. Estos caracteres se miden en una escala lineal de 1-9 puntos (Bèche, y Chavatte, 1995).

En la actualidad este sistema se aplica a todas las razas carniceras como Charolés, Limusín, Aubrac, Rubia de Aquitania, Gascon, Salers, Blanco Azul Belga, Marchigiana, Romaynola, Chianina, Piamontesa, etc. En España esta metodología se aplica en las raza Asturiana, Pirenaica y Rubia Gallega y está en fase de desarrollo la raza Retinta.

Valoración del Desarrollo Muscular (DM)

Con este grupo de caracteres, lo que se pretende valorar es el grado de desarrollo de las principales regiones que se corresponden con los cortes cárnicos de mayor valor comercial. El interés por el conocimiento del desarrollo muscular en vivo reside en que a igual nivel de engrasamiento el desarrollo muscular está directamente relacionado con el incremento del rendimiento de la canal y el porcentaje de carne vendible (Kluyts, 2004). Entre los caracteres de desarrollo muscular que generalmente se consideran en los sistemas de valoración carnicera se encuentran: anchura de hombros, anchura de espalda, grosor del lomo, curvatura de la nalga y anchura de nalgas (vista desde atrás). Evidentemente, al valorar estas regiones, se están valorando las distintas piezas cárnicas de mayor valor económico (pistola y lomos).

Valoración del Desarrollo Esquelético (DE)

El esqueleto es fundamental ya que constituye el punto de inserción de las masas musculares y está implicado directamente en algunas funciones vitales como son la facilidad para el parto o la capacidad locomotora. Los principales

caracteres morfológicos evaluados están relacionados con la estatura (altura a la cruz), longitud del lomo, longitud y anchura de la grupa (de ilion a ilion) y grosor de la caña. La altura nos indicaría el grado de desarrollo alcanzado por el individuo a una edad determinada. La longitud del lomo y de la grupa son importantes medidas por ser la base ósea de cortes cárnicos de alto valor.

Valoración de la Capacidad Funcional (CF)

Estos caracteres son de gran importancia por su vinculación con ciertas funciones vitales de los animales como puede ser la capacidad para el pastoreo. En general se evalúan aquellos caracteres que hacen referencia a las extremidades anteriores y posteriores, la rectitud de la espalda y la capacidad de ingestión de alimentos (anchura de la mandíbula).

Otros caracteres

El sistema francés contempla un “cajón de sastre” donde cada raza incluye aquellos caracteres no contemplados previamente y que se consideran importantes como por ejemplo los relacionados con un estándar racial concreto.

Entre los diferentes países que aplican este sistema no existe una clara uniformidad en el número de caracteres morfológicos a valorar (entre 5 y 19 caracteres, según el sistema), ni en el número de clases que se definen (5 en Italia y 10 en Francia por ejemplo). Sin embargo, existe uniformidad en la idea de agrupar los diferentes caracteres morfológicos en los índices DM, DE y CF.

En las principales razas italianas (Chianina, Marchigiana, Romagnola y Piemontesa) se utiliza un sistema de VML (Anabi, 1994) con 6 caracteres para el DM (anchura de hombros, anchura de la espalda, anchura de los lomos, convexidad de la grupa, anchura y curvatura de la nalga) y 6 caracteres para el DE (longitud del tronco, altura al pecho, anchura del pecho, distancia interiliaca y longitud de la grupa). La CF (en este caso denominada *Estructura y Extremidades*) incluye 9 caracteres (ángulo de la grupa, línea dorsal, desarrollo óseo y piel, vista frontal y lateral de las extremidades anteriores, vista frontal y posterior de las extremidades posteriores y ángulo podal). En Dinamarca (Rehben *et al.*, 1994) el sistema incluye 22 caracteres agrupados en Cabeza (4 caracteres), Desarrollo Corporal (4), Muscularidad (9) y Extremidades (5). En este caso se incluyen caracteres no lineales relacionados con el mantenimiento del estándar racial. Esto mismo ocurre en Holanda (Hamoen, 1994) donde se valoran 19 caracteres agrupados en Tamaño, Tipo, Muscularidad, Apariencia General y Extremidades.

En España, la raza donde más desarrollada se encuentra la VML es la Asturiana de los Valles, aunque también se está llevando a cabo en las razas Rubia Gallega y Pirenaica. En el caso de la raza Rubia Gallega el índice de DM se estima a partir de 3 caracteres (anchura anterior, anchura superior y desarrollo posterior), el DE a partir de 5 caracteres (altura a la cruz, longitud corporal, profundidad torácica, grupa y circunferencia de la caña), y finalmente la CF por 4 caracteres (sistema mamario, aplomos, anchura del morro y rectitud dorsal).

Los estudios realizados en la raza Asturiana de los Valles (Goyache *et al.*, 1999; Aseava, 2006) han permitido concluir que el calificador únicamente deberá tener en cuenta para obtener la calificación de los animales 10 rasgos lineales (alzada a la cruz, longitud cruz-ilion, longitud de la grupa, anchura de los muslos, curvatura de la nalga, diámetro de la caña, línea dorso-lumbar, inclinación lateral de la grupa, angulación posterior de patas, angulación frontal de manos) y 3 no lineales (intensidad del color rojo, proporción de pelos negros y puntuación para la calidad racial). Las 4 primeras se miden directamente en el animal y el resto se clasifican en atributos de 5 clases. A partir de estos datos tomados en el animal se estiman la profundidad del tórax, el volumen del tronco del animal, el volumen torácico y el volumen de la parte trasera del animal. La calificación final de la aptitud carnífera de los animales se lleva a cabo mediante un índice que incluye la anchura del muslo, el volumen, la alzada a la cruz, la curvatura de la nalga, la longitud superior, la longitud corporal y la longitud de la grupa en el caso de las vacas y de anchura del muslo, el volumen torácico, la curvatura de la nalga, la longitud superior, la longitud cruz-ilion y la longitud de la grupa en el caso de los toros.

A partir de estos resultados se ha desarrollado un “sistema inteligente” (López *et al.*, 2000; Goyache *et al.*, 2001) basado en la adquisición de datos mediante métodos fotográficos y la estimación de los rasgos lineales mediante un sistema experto con autoaprendizaje. Esta misma metodología ha sido también desarrollada para la valoración de canales (Díez *et al.*, 2003).

2. LA VALORACION MORFOLOGICA LINEAL EN LOS PEQUEÑOS RUMIANTES

En el caso de los pequeños rumiantes de aptitud cárnica, a diferencia de lo que ocurre en el ovino y caprino de leche, existen muy pocas referencias a sistemas de valoración morfológica (y son prácticamente nulas en el caso de la VML). Este hecho probablemente es debido al sistema extensivo de producción que minimiza al máximo la recogida de los animales, por lo que es normal que no se incluya ningún tipo de carácter morfológico en las evaluaciones. Únicamente

en algunos países se utiliza la predicción del valor carnicero mediante sondas de ultrasonidos. Un ejemplo de VML en ovino se puede encontrar en el trabajo de Sarti y Panella (1999) en la raza Merinizzata italiana o en el de Salako (2006) en varias razas ovinas africanas.

En España el sistema de VML se emplea para la valoración morfológica en el caso de la Raza Navarra (Castillo, 1999) e incluye la valoración de 10 caracteres lineales y 12 secundarios agrupados en los 4 grupos siguientes:

a) Desarrollo Muscular

Incluye los principales caracteres que determinan la cantidad de carne del animal y que cumplan las premisas de los rasgos lineales: anchura de cruz (indica el desarrollo del costillar), anchura de dorso y espesor del lomo (indicativos de la bondad de la cinta del lomo) y anchura de la nalga y redondez de la nalga (indicativos de la cantidad de carne de los miembros posteriores).

b) Desarrollo Esquelético

Muy ligado al desarrollo muscular al servir el esqueleto de punto de inserción de los músculos y también de forma indirecta a la Aptitud funcional (determina la capacidad respiratoria y la aptitud reproductiva de la hembra). Incluye el tamaño (indicativo del desarrollo del animal), la longitud del dorso y de la pelvis (relacionados con el valor carnicero del animal), la anchura de ancas (relacionada con la aptitud reproductiva de la hembra) y el grosor de la caña (relacionada con la estructura ósea del animal y la solidez de los aplomos).

c) Aptitud funcional

Relacionada con la capacidad de pastoreo y la longevidad o vida útil en el rebaño.

Así se incluyen el hocico (relacionado con la capacidad de ingestión de hierba), los aplomos anteriores y posteriores (mide la adecuación para el pastoreo), la rectitud del dorso (afecta a la capacidad torácica y abdominal y puede en caso de estar muy desviado afectar a los aplomos), la inclinación de la pelvis (relacionada con la facilidad para el parto) y el aparato genital (relacionados con la fertilidad y capacidad maternal de la oveja).

d) Otros

Aquellos relacionados con el patrón racial (aspecto general, aspecto de la cabeza y cuello, oreja, tronco-cruz, tercio anterior, vientre, pecho, grupa, piel y vellón).

3. LA VALORACIÓN MORFOLÓGICA LINEAL EN EL CERDO

Como ocurre en el caso de los pequeños rumiantes, también son muy escasos los trabajos de valoración lineal en el ganado porcino, pero un ejemplo de este sistema se puede encontrar en el trabajo de Van Steenberghe (1989) donde se describen 20 variables morfológicas medidas en 19 clases, obteniendo heredabilidades que oscilan entre 0,01 y 0,38 (Van Steenberghe *et al.*, 1990).

En la especie porcina, los esfuerzos selectivos realizados han determinado en las últimas décadas un gran progreso en caracteres como son el crecimiento (especialmente magro), la eficacia alimentaria y las características de la canal, aún a costa de un deterioro (al menos en el cerdo blanco industrial) de las características de la carne (Oksbjerg *et al.*, 2000; Cameron *et al.*, 1999). En cambio se le ha prestado escasa importancia a la morfología por sí misma como ocurre en el resto de especies de aptitud cárnica (Nguyen *et al.*, 2005), a excepción de los aspectos relacionados directamente con la producción cárnica y el estado de engrasamiento. Esto se debe a que en el cerdo blanco, la fuerte intensificación de su sistema productivo en unas condiciones ambientales óptimas hace que sea menos importante la “salud estructural” (*Structural soundness*) que en el caso de las razas en extensivo como sería el caso del cerdo ibérico. De hecho en estas condiciones los escasos experimentos de selección divergente llevados a cabo en el cerdo blanco han determinado escasas diferencias en la valoración morfológica de la línea seleccionada para crecimiento rápido en relación a la seleccionada para crecimiento bajo (Woltmann *et al.*, 1995).

Hasta hace relativamente poco tiempo, esta falta de criterios selectivos relacionados con la morfología parecía no tener un efecto perjudicial sobre el resto de caracteres. No obstante, en los últimos años se está asistiendo a un incremento de los problemas relacionados con la debilidad de extremidades “*leg weakness*” (Grondalen, 1974), que pueden determinar hasta un 35% de desecho de los animales (Sabec *et al.*, 1980).

En cerdos, la heredabilidad del carácter “debilidad de patas” ha sido estudiada utilizando varios sistemas de medida tendentes a cuantificar el grado de inten-

sidad del problema: desde un sistema de puntuación para la morfología (medida de la estructura anatómica) hasta la medida de la dificultad para moverse. Así por ejemplo Smith (1966) y Webb *et al.* (1983) utilizan un sistema de valoración basado en escala de 9 clases para las 19 variables morfológicas del animal (por ejemplo corvejón, arco de las extremidades, grosor de las rodillas, etc.). Los valores obtenidos generalmente han sido de mediana magnitud 0,16 a 0,30 (Van Steenbergen *et al.*, 1990; Rothschild *et al.*, 1988). Los estudios de correlaciones genéticas revelan que la correlación fenotípica es moderada pero favorable entre la velocidad de crecimiento y la debilidad de extremidades, pero desfavorable con el nivel de engrasamiento (Bereskin, 1979; Woltmann *et al.*, 1995). En cambio, las correlaciones genéticas con ambos caracteres son muy próximas a cero (Webb *et al.*, 1983) por lo que es necesario que en los criterios de selección sean incluidas variables de tipo morfológico. No obstante, para algunos autores como Van Steenbergen *et al.*, (1990) existirían correlaciones genéticas elevadas con algunos caracteres morfológicos individuales, incluso una cierta correlación negativa entre crecimiento, nivel de engrasamiento y coeficiente de conversión y el carácter “debilidad de extremidades”.

B) PATRONES FOTOGRÁFICOS DE RELACIÓN ANIMAL VIVO Y CANAL

En la figura 1 se presenta una relación entre la morfología del animal en vivo para la especie bovina y la valoración de su canal atendiendo al sistema de valoración de canales propuesto para la UE (CEE No 1026/91).

MÉTODOS INSTRUMENTALES DE MEDIDA DE LA APTITUD CARNICERA EN VIVO

El empleo de métodos de medida no destructivos para medir el valor carnicero de los animales (morfología del animal en vivo y su canal) se inició con el desarrollo de las modernas técnicas basadas en ultrasonidos y de ondas eléctricas y luminosas. La medida de la aptitud carnicera de los animales en vivo resulta de interés ya que puede permitir predecir el valor carnicero de los animales, decidir el momento óptimo de sacrificio y realizar investigaciones sobre el crecimiento y desarrollo de los animales sin tener que recurrir al sacrificio de los mismos.

Actualmente son muchos los instrumentos que se usan (al menos en forma experimental) para la evaluación del valor carnicero de las canales y de los animales en vivo. Estos equipos se clasifican de acuerdo a sus principios de operación de la manera siguiente:

Escala de conformación	Valoración en vivo	Clase de conformación
E (Excelente)		
U (Muy buena)		
R (Buena)		
O (Menos buena)		
P (Mediocre)		

Figura 1. Aspecto morfológico de los animales en vivo de la especie bovina y sus correspondientes canales clasificadas según el sistema de clasificación de canales bovinas (CEE N.º 1026/91).

- **Ópticos:** Basados en una emisión de luz que atraviesa los tejidos. En concreto, la detección del espesor de la grasa (expresada en mm) se realiza por diferencia de color entre la grasa (más clara) y el músculo (más oscuro). Este método de medida se emplea en Dinamarca (*IntroscoPIO*) con una escala de 8 a 50 mm y en Irlanda del Norte (*Sonda Ulster*) con una escala de 1 a 50 mm (Walstra,1989).
- **Conductividad eléctrica:** Basados en la diferencia de conductividad entre los tejidos y también entre la pared costal y el aire. La conductividad eléctrica se mide con equipos que incluyen una sonda que genera un campo electromagnético con una corriente de 2,5 MHz. Las medidas de la grasa se realizan con una profundidad de entre 5 y 100 mm y los impulsos eléctricos son captados por una unidad electrónica y un microcomputador que calcula el porcentaje de carne magra a partir de la profundidad de carne y grasa. Este equipamiento para la estimación del contenido de magro y la valoración objetiva de las canales porcinas se emplea en Dinamarca (*Kod-Spalk-Automatisk*) y en Alemania (*Schlachtkorper-Kassifizierungs-Gerat*).
- **Reflectancia:** Basado en una sonda provista de un diodo fotoemisor y otro fotorreceptor que atraviesa la piel, la grasa y el músculo. Un potenciómetro devuelve una señal de reflectancia más elevada en la grasa que en el músculo. Los países que emplean estos equipos son Alemania, Holanda, Gran Bretaña, Irlanda, Canadá, Finlandia, Suecia y Francia.
- **Ultrasonidos:** Este método se basa en la emisión de ultrasonidos que atraviesan la piel y la detección de respuesta en ecos que miden el espesor de la grasa y de magro. El sistema permite realizar mediciones de hasta 12 cm de profundidad con una resolución de 0,19 mm. Esta técnica es la más utilizada actualmente debido su fiabilidad, precisión y repetibilidad. Además, en el mercado hay una gran variedad de equipos de fácil manejo, poco costosos y que no tienen riesgo para el animal ni para el operador. Los coeficientes de correlación entre las medidas corporales (espesor de grasa dorsal, área y profundidad del músculo *longissimus dorsi*) realizadas en el animal en vivo con equipos de ultrasonidos y las medidas realizadas directamente en la canal varían entre 0,19 y 0,93 para el espesor de grasa dorsal, entre 0,29 y 0,55 para el espesor del músculo *longissimus dorsi* y entre 0,27 y 0,93 para la superficie del mismo músculo (Tabla 1). La predicción del valor carnicero de la canal para el caso de la especie porcina se realiza, generalmente, por combinación de las diferentes medidas y la elaboración de ecuaciones de predicción ajustadas a cada tipo de animal. El valor de R^2 de las ecuaciones de predicción aumenta de 0,59 a 0,78 cuando se introducen en la ecuación varios parámetros. Estos valores de determinación se correspon-

den con los niveles de precisión aprobados por la Unión Europea (0,64) para el empleo de las ecuaciones de predicción del contenido magro de las canales porcinas.

La técnica basada en ultrasonidos se presenta como una herramienta apropiada para el conocimiento de las características de la canal a partir de medidas realizadas en el animal en vivo (Teixeira *et al.*, 2006). Los ultrasonidos permiten observar a tiempo real los siguientes valores: área del lomo, espesor de la grasa dorsal, contenido de grasa intramuscular o marmoreo entre otros. La medición del área del lomo se realiza mediante el análisis de las imágenes ecográficas uni o bidimensionales empleando equipos del tipo *Amplitude mode* (A-mode) y *Brightness mode* (B-mode) respectivamente. El ultrasonido, a tiempo real, se revela como el método más avanzado para estimar en vivo la composición y calidad de ganado de carne (Gresham, 1996). Recientemente, la asociación de esta técnica con el análisis de imagen ha permitido predecir la com-

Tabla 1. Correlaciones entre las características corporales obtenidas por ultrasonidos y las correspondientes características valoradas en canales porcinas. ELD: espesor de grasa dorsal; PML: profundidad del musculo *longissimus dorsi*; SML: área del musculo *longissimus dorsi*

Fuente	Dispositivo	Localización de de la medida	Coefficiente de correlación
Forrest <i>et al.</i> , 1989	Technicare 210 DX	ELD última costilla	0,85
		SML	0,65 a 0,68
McLaren <i>et al.</i> , 1989	Technicare 210 DX	ELD 10ª costilla	0,55
		SML última costilla	0,61
Turlington, 1990	Technicare 210 DX	ELD primera costilla	0,74 a 0,90
		SML	0,91 a 0,93
Smith <i>et al.</i> , 1992	Aloka 210 DX	ELD 10ª costilla	0,91
		SML	0,53
Gresham <i>et al.</i> , 1992	General electric dataline	ELD última costilla	0,88
		PML	0,29
Cisneros <i>et al.</i> , 1996	Aloka 210 DX	ELD última costilla	0,80 a 0,86
		PML	0,46 a 0,53
Moeller y Christian, 1998	Aloka 210 500V	ELD 10ª costilla	0,69 a 0,82
		SML	0,57 a 0,68

posición química corporal de corderos de diferentes pesos de diversas razas europeas (Silva *et al.*, 2005). También, varios autores ponen de manifiesto que el uso combinado de estas técnicas puede ayudar a predecir el peso de diferentes tejidos de la canal (Delfa *et al.*, 1995; Teixeira y Delfa, 1997 y Mendizabal *et al.*, 2003).

La medida del espesor de grasa de cobertura en corderos de diferentes pesos mediante el uso de ultrasonidos se propone como un buen indicador de la composición de la canal en diferentes razas españolas (Delfa *et al.*, 1996 y Mendizabal *et al.*, 2003). Esta técnica tiene la ventaja de que no resulta traumática para el animal, es poco costosa y sencilla de realizar. Las medidas basadas en ultrasonidos se realizan a tiempo real con un equipo de ultrasonidos con diferentes sondas dependiendo de la naturaleza (peso y desarrollo corporal) del animal¹. La aplicación de la sonda se realiza de forma perpendicular en diferentes regiones corporales una vez que se ha aplicado un gel conductor.

En el momento en que se registra una buena imagen anatómica ésta se recupera y se digitaliza. Todas las imágenes obtenidas pueden ser tratadas informáticamente mediante programas de análisis de imagen para identificar diferentes puntos anatómicos de interés (distancias, espesores, ...). Según detallan Teixeira *et al.* (2006) los coeficientes de correlación entre las medidas realizadas mediante ultrasonidos en animal vivo y las medidas realizadas en la canal de los corderos son moderados ($r = 0,31$ a $0,42$), siendo la mejor correlación la observada al realizar la medida con una sonda de 5 MHz a nivel de la 3ª y 4ª vértebra lumbar (Figura 2).

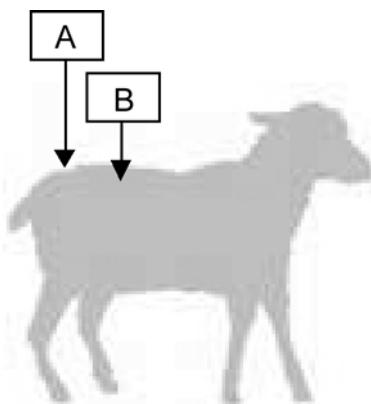


Figura 2. Espesor de la grasa dorsal a la altura de la 3ª y 4ª vértebra lumbares (A) o a la altura de la 12ª y 13ª costilla (B).

¹ En corderos ligeros se recomienda una sonda de 5 a 7,5 MHz.

La propuesta de algunos investigadores (Díez *et al.*, 2002) basada en la Inteligencia Artificial podría ser una alternativa para realizar una clasificación precisa. Esta metodología se basa en la representación computacional de la conformación de las canales obtenida a partir de diferentes puntos de las canales que a juicio de los expertos evaluadores son importantes. La memorización de estos atributos por métodos informáticos permite establecer diferentes escalas en la clasificación de las canales. Recientes estudios señalan que para obtener puntos de desviación en la clasificación de las canales bovinas similares a los realizados por expertos clasificadores, son necesarios 4 puntos, 3 perfiles y 2 imágenes. Este método también puede ser útil para la predicción de la composición de la canal a partir de animales en vivo.

Otras técnicas experimentales para la valoración de las características carniceras de la canal y las características de la carne se basan fundamentalmente en la *absorción de rayos X*, el *análisis químico de biopsias musculares o de grasa* y la *resonancia magnética nuclear*. El empleo de rayos X con bajos rangos de energía permite estimar la cantidad de grasa de la canal con una precisión (R^2) superior a 0,93 y una *desviación residual estándar* de 2,15% (Youssao *et al.*, 2002). Las medidas realizadas por biopsia muscular y de grasa requieren el uso de anestesia local en al menos 1 cm de profundidad a través de la piel. Esta técnica invasiva no es muy representativa debido a la heterogeneidad de las muestras obtenidas, sin embargo puede ser informativa de las características de la carne y en concreto de la composición de la grasa. La resonancia magnética nuclear procura resultados muy precisos, pero los equipos de alta tecnología necesarios son pesados y en muchas ocasiones incompatibles con el tamaño de los animales.

RECOMENDACIONES DE ORGANISMOS INTERNACIONALES

Existen distintos organismos internacionales con competencia en el control animal como el ICAR (*International Committee for Animal Recording*), o la EAAP (*European Animal Production Association*), o de gran importancia en la mejora de la producción cárnica del vacuno (*Breedplan*, BIF) o del ovino (*Lambplan*) que realizan recomendaciones referentes a la forma y el momento de llevar a cabo el control de los caracteres relacionados con la aptitud carnicera de las principales especies pecuarias. En este apartado realizaremos una breve revisión de las más importantes.

Así el ICAR (2005) recomienda la medida sistemática del Desarrollo Muscular y Esquelético (al menos de la alzada a la cruz) tanto en el control en explotación como en Centro de Testaje. De la misma forma recomienda la recogida

sistemática en matadero del peso de la canal, la conformación (sistema de clasificación SEUROP) y el grado de engrasamiento de todos los animales sacrificados con menos de 36 meses. Así mismo indica la necesidad de homogeneizar la toma de muestras de algunos caracteres como el depósito de grasa subcutáneo (medida a nivel de la costilla 4ª, 10ª, 12ª ó 13ª según el país).

En el caso de la VML el Grupo de Trabajo para el Control del Vacuno de Carne del ICAR indica que ésta debe ser adecuada tanto para vacuno de carne como para el doble propósito de poder utilizarse independientemente por diferentes razas, tipos, edades y sexos. Debe basarse en la observación sin utilización de ningún tipo de medida y debe incluir una escala con un máximo de 10 clases. Cada carácter debe ser relevante para una región anatómica concreta y cada escala debe expresar el grado de expresión del carácter considerado sin otro significado particular como “deseable” o “no deseable”.

En este mismo sentido, el *Grupo de Trabajo de la EAAP* recomienda que: los extremos de la escala de descripción del carácter debe corresponder con los extremos biológicos en esa población, el calificador no debe realizar ninguna corrección para los efectos ambientales (la descripción lineal se comporta como una fotografía del animal), si un carácter es medido se debe utilizar la medida original sin convertirla a una escala lineal, para la estimación de los valores genéticos se recomienda la utilización de un BLUP modelo animal en el que se incluya al menos los siguientes efectos fijos: calificadas por año de calificación, sexo, edad del animal y estado fisiológico y que a la hora de publicar los resultados debe definir claramente la base genética, la precisión de las valoraciones, los parámetros genéticos utilizados para la valoración genética y en el caso de los reproductores el número de crías controladas.

En cambio otros organismos como el BIF americano o el Lambplan austriaco recomienda la predicción de la aptitud carnicera del vacuno en vivo mediante la utilización de medidas de ultrasonidos en lugar de la valoración morfológica lineal y la medida de la alzada a la cruz (ajustada para la edad del animal) como única medida recomendada para la evaluación del desarrollo corporal.

3. La relación entre la morfología y la aptitud carnífera de los animales de abasto

PARÁMETROS GENÉTICOS DE CARACTERES LINEALES. SU RELACIÓN CON LAS APTITUDES CARNICERAS

Se ha demostrado que el método de VML francés presenta una repetibilidad aceptable (Rehben, 1994, Journaux *et al.*, 1994) (Tabla 2).

Tabla 2. Repetibilidad y homogeneidad (correlación por rangos de Spearman) de la medida de los rasgos lineales utilizados para la VML del vacuno de carne según el sistema francés

	Repetibilidad		Homogeneidad
	Índice ¹	Rasgos individuales ²	Índice ²
Desarrollo Muscular	0,68	0,64-0,73	0,64
Desarrollo Esquelético	0,63	0,59-0,74	0,60
Capacidad Funcional	0,43	0,40-0,86	0,37

¹ Rehben, 1994; ² Journaux *et al.*, 1994.

En cuanto a la heredabilidad, un estudio realizado utilizando más de 160.000 valoraciones de terneros de raza Limusín determinó una heredabilidad de 0,32 para el DM y 0,31 para el DE (Tabla 3), muy superiores a las que se pueden encontrar en la bibliografía para otros sistemas de apreciación de la morfología.

Tabla 3. Heredabilidad de los índices globales de la VML en razas francesas

	Heredabilidad ¹	En finca	Prueba de descendencia en Estación	
		6 -10 meses edad ²	Para aptitudes carníferas ²	Para aptitudes maternas ²
Desarrollo Muscular	0,32	0,27	0,29	0,45
Desarrollo Esquelético	0,31	0,22	0,21	0,37

Adaptada de ¹ Shi *et al.*, 1992; ² Bèche y Chavatte, 1995.

En este mismo estudio se estimaron las correlaciones genéticas con el peso al destete que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Correlaciones genéticas entre los índices globales de la VML y caracteres de crecimiento en razas francesas

	Peso al Nacimiento ¹	Peso al Destete ¹
Desarrollo Muscular	0,16	0,27
Desarrollo Esquelético	0,34	0,46

¹ Adaptada de Shi *et al.*, 1992.

Estudios en otras razas indican un comportamiento semejante. Así, por ejemplo, en la raza Chianina la heredabilidad estimada para el DM ha sido de 0,28 (Sarti *et al.*, 2005).

Estos resultados ponen de manifiesto que la respuesta genética indirecta para el DM y el DE que se espera obtener por la selección genética clásica del vacuno de carne (criterios de selección relacionados con el crecimiento) es muy limitada y que, por lo tanto, es necesario llevar a cabo acciones selectivas específicas para los caracteres morfológicos.

Otros resultados interesantes han sido obtenidos por Renand *et al.* (1986) en la raza Rubia de Aquitania. En esta raza (Tabla 5) existe una elevada correlación genética entre la valoración por DM con la clasificación de la canal y el área del *longissimus dorsi*. Esto hace que la utilización del DM como criterio de selección determine una respuesta indirecta positiva en las características de la canal (con el consiguiente incremento en el progreso genético para este tipo de caracteres y la disminución del intervalo entre generaciones).

Tabla 5. Parámetros genéticos para la valoración morfológica lineal para la raza Rubia de Aquitania

	Clasificación SEUROP	% Músculo Canal	Área del <i>longissimus dorsi</i>
Desarrollo Muscular	0,76	0,46	0,70
Desarrollo Esquelético	0,50	0,04	0,41

Adaptada de Renand *et al.*, 1986.

Otros estudios en razas italianas (Marchigiana, Chianina, Romagnola) han estimado que la heredabilidad del DM oscilaba entre 0,30 y 0,41, demostrando una correlación genética positiva entre la puntuación global para el DM y el DE y la clasificación SEUROP (Sarti *et al.*, 2005). De la misma forma se ha encontrado relación estadísticamente significativa en 7 de los 8 rasgos lineales para el DM y todos los del DE con esta clasificación de las canales (Sarti *et al.*, 2005). En cambio, el grado de engrasamiento estaba asociado con 5 rasgos lineales del DM (desarrollo de la espalda, anchura de la espalda, anchura de los lomos, curvatura y longitud de la grupa) y con 2 rasgos del DE (estatura, altura del torax). En estas mismas razas se ha estimado una correlación de 0,158 a 0,328 entre DM y el peso de la canal (Filippini *et al.*, 2005).

En otras investigaciones se ha estimado la relación de estos rasgos lineales con otros caracteres de importancia económica. Así, por ejemplo, la correlación

Tabla 6. Heredabilidades de caracteres de tipo y lineales en la raza Asturiana de los Valles

Caracteres relacionados con el Estándar racial		h ²
BC	Características raciales	0,33
HD	Desarrollo de la cabeza	0,25
LL	Línea de Aplomos	0,06
UD	Desarrollo de las ubres	0,12
Caracteres relacionados con el Desarrollo Esquelético		
S	Tamaño	0,30
BD	Profundidad Corporal	0,23
Caracteres relacionados con el Desarrollo Muscular		
FQ	Calidad del cuarto delantero	0,21
BL	Línea trasera	0,11
R	Grupa	0,07
TD	Desarrollo del muslo	0,22
Puntuación Final		
FS	Puntuación final	0,25

Adaptado de Gutiérrez y Goyache, 2002.

entre el índice de DE y la apertura pelviana ha sido estimada en las razas francesas en 0,43 a 0,45 (Mineau, 1992). Forabosco *et al.* (2005) por su parte han demostrado una correlación genética de estos caracteres con la longevidad en la raza Chianina. Según este estudio los rasgos relacionados con la muscularidad son los que presentan un mayor impacto sobre la longevidad de esta raza, seguido del tamaño, el estado de engrasamiento y los rasgos de las extremidades. De esta forma las vacas musculosas, largas, anchas y profundas presentan una mayor permanencia en el rebaño. También se demostró que a diferencia del vacuno de leche (Burke y Funk, 1993), las extremidades rectas presentan una menor probabilidad de supervivencia en el rebaño (debido a la necesidad de andar por el campo para obtener los alimentos frente al vacuno de leche generalmente confinado).

Entre los pocos trabajos existentes de estimación de parámetros genéticos de caracteres de tipo en razas de vacuno de carne españolas podríamos destacar el realizado en la raza Asturiana de los Valles por Gutiérrez y Goyache (2002). En este estudio, las heredabilidades para los caracteres de tipo clásicos oscilaron entre 0,06 a 0,33, mientras que los rasgos lineales oscilaron entre 0,07 a 0,30 (Tabla 6), existiendo una correlación elevada en general entre todos los caracteres relacionados con el Desarrollo Muscular y el Desarrollo Esquelético.

CORRELACIONES ENTRE LAS ESTIMACIONES EN VIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

Como hemos visto, las técnicas para la predicción en vivo de la composición de la canal son diversas. Entre ellas, el uso de equipos de ultrasonidos asociados al análisis de imagen son los más utilizados. También, algunos autores han encontrado correlaciones entre diversas medidas biométricas realizadas en el animal en vivo y la canal. Algunas correlaciones se detallan en la tabla 7. La correlación entre el porcentaje de carne aprovechable de las canales es variable dependiendo de la medida realizada en el animal en vivo. Entre estas medidas, las realizadas con ultrasonidos, relacionan positivamente el área del músculo *longissimus dorsi* con el porcentaje de carne aprovechable, mientras que los valores de grasa subcutánea se relacionan negativamente con el contenido de carne aprovechable. También el contenido de piezas de primera categoría se relaciona positivamente con las medidas de la profundidad y del área del músculo *longissimus dorsi* obtenidas por ultrasonidos y negativamente con las relacionadas con el espesor de grasa dorsal obtenidas de la misma manera.

Tabla 7. Correlaciones entre medidas en vivo realizadas por ultrasonidos y las características de la canal

Medida animal vivo	Rto.	PCC	PCF	CA	Cortes de primera	Especie	Autor
Peso vivo			0,95	0,89		Bovino	Vallejo <i>et al.</i> 1992
Perímetro torácico							Velázquez y Álvarez, 2004
Longitud corporal		0,44		0,64		Bovino	Velázquez y Álvarez, 2004
		0,53		0,44		Conejo	Lukefahr y Ozimba, 1991
		0,44				Ovino	Marshall <i>et al.</i> , 2001
Altura al sacro		0,59					Velázquez y Álvarez, 2004
Altura de la cruz				0,20		Ovino	Marshall <i>et al.</i> , 2001
Profundidad de pecho				0,78		Ovino	Marshall <i>et al.</i> , 2001
Altura a la grupa				0,14		Ovino	Marshall <i>et al.</i> , 2001
Area del lomo (ultrasonido)			0,57	0,63			Velázquez y Álvarez, 2004
			0,40	0,40		Bovino	Torres, 2003
				0,59		Bovino	Torres, 2002
					0,37	Bovino	Wallace <i>et al.</i> , 1977
Espesor de grasa (ultrasonido)	-0,28					Porcino	Gonzalvo <i>et al.</i> , 2004
				-0,46		Porcino	Gonzalvo <i>et al.</i> , 2004
				-0,57		Ovino	Wolf <i>et al.</i> , 2006

PCC: peso canal caliente; PCF: peso canal fría; CA: carne aprovechable; EGD: espesor de grasa dorsal.

CORRELACIONES ENTRE LAS ESTIMACIONES EN VIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE

La predicción de la calidad de la carne puede ser realizada mediante la combinación de técnicas de análisis de imagen y de ultrasonidos (ecográficas) que determinan el contenido de grasa de infiltración. La eficacia de estas técnicas depende de la especie animal, de la destreza del operador y de las características técnicas del equipo utilizado (Youssao *et al.*, 2002). El contenido de grasa intramuscular se calcula a partir del porcentaje de píxeles blancos o de tonalidades grises obtenidos en la ecografía una vez tratados convenientemente mediante programas de análisis de imagen. Esta técnica se está utilizando fundamentalmente de manera experimental en ganado bovino y presenta en algu-

nos casos una correlación débil (0,24) entre el marmoreo y el contenido de píxeles blancos determinados en vivo en el mismo punto (Sather *et al.*, 1996). En la tabla 8 se detallan algunas correlaciones entre las medidas realizadas en vivo por ultrasonidos y las características de la carne de diferentes especies de animales de abasto. La determinación de la composición química de la carne (contenido de lípidos, energía, proteína, minerales y materia seca y agua) también puede ser determinada mediante las ecuaciones de predicción basadas en medidas de espesor de grasa y del músculo y del peso vivo del animal (Dourmad *et al.*, 2001).

Tabla 8. Correlaciones entre medidas en vivo realizadas por ultrasonidos y las características de la carne

Medida en animal vivo	Infiltración grasa	pH	PC	Especie	Autor
	0,26			Porcino	Estany <i>et al.</i> , 2002
Espesor de grasa	0,23	0,017	-0,224	Porcino	Gonzalvo <i>et al.</i> , 2004
	0,61		-0,45	Bovino	Reverter <i>et al.</i> , 2000
Area del lomo	-0,36		0,16	Bovino	Wallace <i>et al.</i> , 1977
Perímetro pierna	-0,42			Bovino	Velázquez y Álvarez, 2004

PC: pérdida de agua por cocción.

4. Genes relacionados con la morfología y la producción carnífera

En la actualidad asistimos a una creciente influencia de la genética molecular y la genómica en la mejora de las especies pecuarias, existiendo en la mayoría de las especies y aptitudes marcadores genéticos (genes mayores, mutaciones tipo SNP, etc.) con una demostrada acción significativa sobre las características productivas (crecimiento, leche, carne, etc.). Así, en la producción cárnica se conoce la acción de un número significativo de genes, muchos de los cuales han sido secuenciados, analizado su polimorfismo y su relación con las características de la canal y de la carne. Incluso algunos de ellos se están explotando comercialmente. En este sentido destaca el cerdo blanco, con numerosos test comerciales (Tabla 9), patentes y test secretos que están utilizando las grandes multinacionales del sector.

Tabla 9. Test de marcadores moleculares utilizados en mejora porcina

Test comercial	Finalidad del test
Pruebas de paternidad	Uso no exclusivo
<i>HAL</i>	Calidad de la carne - UNE
<i>ESR</i>	Tamaño de la camada - PIC
<i>PRLR</i>	Tamaño de la camada - PIC
<i>RBP4</i>	Tamaño de la camada - PIC
<i>KIT</i>	Color blanco-PIC
<i>MC1R</i>	Color rojo/negro-PIC
<i>MC4R</i>	Crecimiento y engrasamiento - PIC
<i>FUT1</i>	Enfermedad edematosa, <i>E. coli</i> F18 (PIC/ITH Suiza)
<i>RN</i>	Calidad de carne - Uppsala, INRA, Kiel
<i>AFABP, HFABP</i>	Grasa intramuscular - UNE
<i>IGF2</i>	Composición de la canal-Seghers

Adaptado de Rothschild, 2000.

En el caso del vacuno de carne, actualmente también existen numerosos genes en estudio y varios kit comerciales, como los que se presentan en la tabla 10.

A modo de ejemplo se señala una breve referencia a los kits comerciales que se explotan actualmente para la mejora de la calidad de la carne en ganado bovino. Para una ampliación se puede consultar la comparación de los 3 principales kits realizada por Quuas *et al.* (2006) y la validación realizada por el *National Beef Cattle Evaluation Consortium* NBCEC², integrado por las Universidades de Colorado, Cornell y Georgia, con colaboración de otras Universidades Norteamericanas. Estos kits son los siguientes:

1. *GeneStar Tenderness*[®] de Bovigen LLC, (www.bovigen.com) es un test molecular que incluye los marcadores para un SNP (single nucleotide polymorphism) para el gen de la CALPASTATINA (CAST-T1, Casas *et al.*, 2006) y un SNP para el gen de la μ -CALPAINA (*CAPN1* 316 T2; Page *et al.*, 2004).

² <http://www.nbcec.org/nbcec/>

Tabla 10. Principales genes relacionados con la producción cárnica en el vacuno

Carácter	Marcador	Proteína
CRECIMIENTO	MSTN	Miostatina
	MYF5	Myogenic Factor 5
	IGF1	Insulin-Like Growth Factor 1
	MYF6	Myogenic Factor 6
	MYBPC1	Myosin Binding Protein C
GRASA	LEP	Leptina
	TG	Tiroglobulina
	DGAT1	Diacilglicerol O - Aciltransferasa
TERNEZA	CAST	Calpastatina
	LOX	Lisil - Oxidasa
	CAPN1	μ - Calpaína
	CAPN2	μ - Calpaína
	CALCA	Calcitonina
	MMP1	Matrix Metalloproteinase 1
	MYOD1	Myogenic Determination Factor 1
	CRYAB	Chaperona

2. *TenderGene™* de Igenity (Merial, www.igenity.com). Incluye 3 marcadores, 2 SNP en el gen de la μ -CALPAINA (*CAPN1* 316 & 4751;), y uno en el de la CALPASTATINA (UoG-CAST).

El gen de la μ -calpaína produce una enzima que favorece la ruptura de las fibras musculares durante la maduración de la carne. Mientras que la calpastatina es un inhibidor natural endógeno de la μ -calpaína. El fundamento de estos dos tests se basa en la asociación que se ha encontrado entre el incremento de la terneza y el alelo "C" de la calpastatina (UoGCAST1, Schenkel *et al.*, 2006) y del alelo "C" de los 2 sitios polimórficos de la μ -calpaína (*CAPN1* 4751 y *CAPN1* 316; White *et al.*, 2005).

3. *GeneStar Quality Grade®* de Bovigen LLC, (www.bovigen.com). Se basa en un SNP en el promotor del gen de la tiroglobulina (TG5, Barendse *et al.*,

2004) y un SNP “anónimo” (llamado “M2” patentado por esta compañía). El fundamento de este test se basa en que la tiroglobulina está asociada con la deposición de grasa intramuscular y por lo tanto con la jugosidad y la textura de la carne.

En este capítulo sólo se analizan brevemente aquellos genes de acción conocida que tienen importancia en la explotación y mejora de las especies bovina, porcina y ovina de aptitud cárnica y que afectan de forma clara a la morfología del animal. Estos son los siguientes:

1. GEN DE LA MIOSTATINA (HIPERTROFIA MUSCULAR DEL VACUNO)

La hipertrofia muscular es un síndrome que se presenta en la especie bovina, porcina y murina y que se caracteriza por un elevado incremento de la masa muscular del animal y un elevado rendimiento carnicero, debido fundamentalmente al crecimiento magro. En el caso de la especie bovina, se le conoce como “cularidad” (animal “culón”) o “doble grupa”. Esta manifestación se ha observado en la mayoría de las razas “paternales” europeas (Blanco-Azul Belga, Rubia de Aquitania, Charolés, Chianina, Limusín y Piamontesa) y en España, en concreto, en las razas Rubia Gallega, Pirenaica y Asturiana de los Valles. También ha sido descrita en otras razas como las francesas Maine d’Anjou, Parthenaise, Tarantaise, y Bazadaise, la raza South-Devon en Gran Bretaña; Sta. Gertrudis, Angus Americano, Galloway y Hereford en EE.UU.; Timina en Cuba y la Santa Gertrudis en Australia (Royo, 2003).

Alguna de las características indeseables que provoca (dificultad al parto, disminución de la precocidad sexual, de la fertilidad, de la capacidad maternal de la vaca, de la viabilidad de los terneros y un incremento en la susceptibilidad al estrés) conducen a que en la actualidad, raramente se seleccionen animales 100% culones.

Los animales culones presentan una hipertrofia de las masas musculares en gradiente positivo antero-posterior y disto-proximal (Ménissier, 1982), especialmente en las áreas crurales y braquiales (Boccard y Dumont, 1974). En cambio se puede observar cierta hipotrofia en las regiones costo-torácica, abdominal y del cuello. La hipertrofia muscular está asociada con un menor desarrollo óseo y con una fuerte reducción de la capacidad de deposición de grasa subcutánea (Holmes y Robinson, 1970). Además, los animales presentan un menor desarrollo del aparato digestivo (con un peso hasta un 13% menor, Boyajeau *et al.*, 1971), lo que determina un “agalgamiento del vientre”. Estas diferencias externas en vivo (Figura 3) se reflejan también en la canal, siguiendo los mismos gradientes (Royo, 2003).



Figura 3. Vaca y ternero de raza Asturiana de los Valles mostrando alguno de los caracteres típicos del síndrome de la Hipertrofia bovina (cortesía de Dr. F. Goyache del Sérیدا de Asturias).

El incremento de la masa muscular (del orden del 20%; Royo, 2003) es debido a una hiperplasia muscular generalizada, es decir, a un incremento del número de fibras musculares más que a un incremento del diámetro individual de estas fibras (Hanset y Michaux, 1982).

En la canal se observa un aumento del porcentaje de magro y del rendimiento de la canal (por encima del 67%), tanto por la disminución del porcentaje de grasa, como de piel y aparato digestivo (Boyajeau *et al.*, 1971). Finalmente existe una disminución del hueso de la canal (Casas *et al.*, 1998), un incremento de las piezas comerciales más valiosas (Biagini y Lazzaroni, 2005) y una reducción del peso del hígado, corazón y pulmón (Boyajeau *et al.*, 1971) (Tabla 11).

La calidad de la carne también se ve afectada, ya que la carne de los animales culones presentan un mayor contenido en agua, menor contenido de grasa intramuscular (West, 1976), mayor terneza por la reducción del tejido conectivo (Uytterhaegen *et al.*, 1994) y un color más pálido que la de los animales sin esta particularidad. Además ha sido descrito que esta carne presenta una relación entre ácidos grasos saturados/insaturados más favorable y una menor proporción de ácidos grasos polinsaturados (García-Atanse *et al.*, 1998).

Tabla 11. Comparación de las características de la canal del ganado bovino culón y normal

Carácter	Culón ¹	Normal ¹	Culón-Normal	Culón-Normal N ¹
Cabeza	3,5	3,6	-0,2	-2,0
Patas	2,6	2,8	-0,2	-6,3
Piel	6,1	7,3	-1,2	-13,0
Corazón	0,4	0,4	0,0	-12,0
Pulmón	0,8	1,0	-0,1	-12,1
Hígado	1,2	1,3	-0,2	-12,2
Aparato digestivo	4,5	5,5	-1,0	-13,1
Rendimiento canal	64,4	59,9	4,5	8,2
% Músculo canal	75,3	68,3	11,5	17,4
% Grasa canal	7,9	17,7	-9,8	-43,5
% Hueso canal	13,4	15,8	-2,4	-13,9
Relación músculo/hueso	5,87	4,17	1,70	35,3

Tomado de Boyajeau *et al.*, 1971).

¹ Media ponderada.

Esta hipertrofia se debe a una mutación del gen de la miostatina o GDF-8 (*Growth Differentiation Factor-8*) capaz de inactivar esta proteína o hacerla menos activa. La miostatina es un inhibidor endógeno del crecimiento de la fibra muscular, y por lo tanto es la responsable de regular el crecimiento de la célula muscular. Esta proteína probablemente actúa como una señal secretada por la célula muscular esquelética que provoca un *feed-back* negativo, directo o indirecto en las células precursoras musculares, ejerciendo una regulación de la masa muscular (Slack, 1997). También se ha postulado que esta mutación determina una activación de ciertas rutas metabólicas alternativas en los individuos que la poseen (Calonge *et al.*, 2006). Éstas afectarían al citoesqueleto, metabolismo celular y al transporte intracelular, contribuyendo al proceso de proliferación y diferenciación celular que determina la hiperplasia e hipertrofia de las fibras musculares.

La hipertrofia muscular es un carácter hereditario cuyo modelo de herencia ha sido causa de controversia, hasta que un estudio de segregación en la raza Blanco-Azul Belga, realizado tanto en cruzamientos experimentales como en poblaciones reales, señaló un modelo de herencia autosómica recesiva. Esta

hipótesis se confirmó más tarde cuando se localizó el *locus mh* por análisis de ligamiento en la región centromérica del cromosoma 2 bovino. Posteriormente se identificó el mismo *locus mh* como responsable del fenotipo culón en otras muchas razas. Actualmente se conoce que el gen de la miostatina consta de tres exones interrumpidos por dos intrones (Figura 4) y además se ha caracterizado el promotor del gen. Actualmente se han descrito 6 mutaciones inactivantes diferentes (Figura 5), 3 que determinan sólo pérdida de actividad, y 10 mutaciones silenciosas (Miranda *et al.*, 2002), es decir, que no determinan alteración en la proteína a pesar de que los síntomas persisten. A este múltiple origen de la mutación se le conoce como heterogeneidad alélica (o genética) y es la responsable, en parte, de la diferente expresividad que aparece en las diferentes razas.

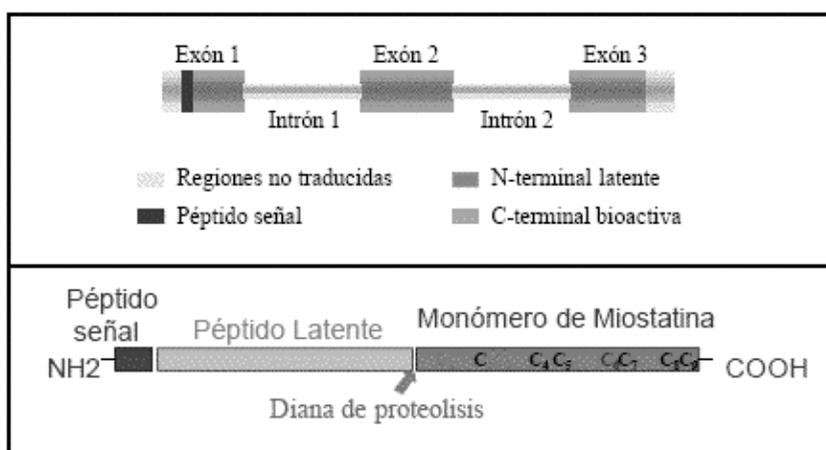


Figura 4. Características generales del gen de la miostatina bovina y de su estructura proteica (Adaptado de Royo, 2003).

La diferente expresividad de estas mutaciones determina que se considere a esta alteración como un síndrome en el que existe una gradación desde el punto de vista fenotípico desde animales culones prácticamente normales hasta otros con una hipertrofia extrema. Además esta gradación evoluciona con la edad de los animales. Entre los caracteres que se suelen tener en cuenta para la apreciación fenotípica de la cularidad se encuentran (Miranda *et al.*, 2002): Aspecto General, Expresión de la Músculos, Ancho de Espalda, Desarrollo de Hombros, Hipertrofia del Gran Dorsal, Hipertrofia del Lomo, Ángulo de Grupa, Desarrollo del Muslo, Surcos Intermusculares, Finura de Hueso, Retracción del Vientre y Finura de la Piel, dando una clasificación que va desde 0 (sin ninguna manifestación) a 28 puntos (máxima expresión de la hipertrofia).

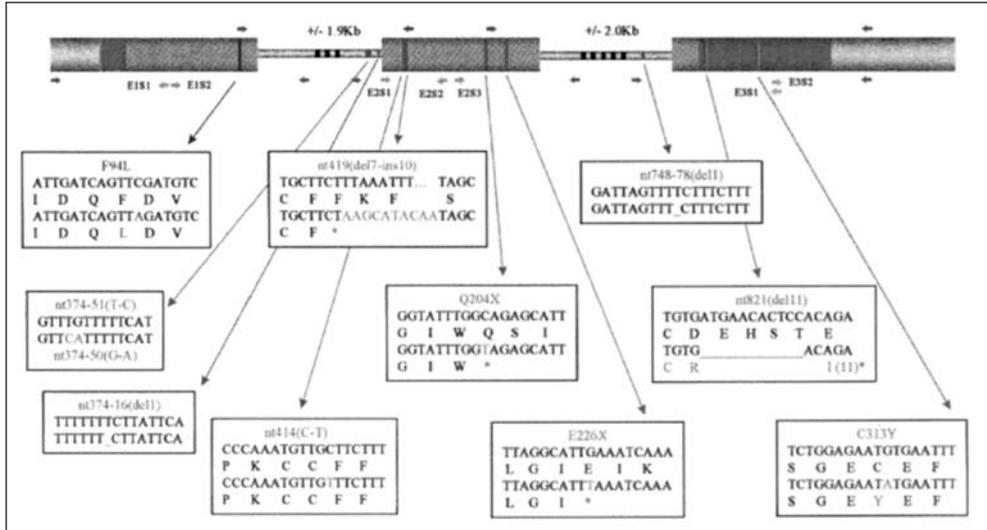


Figura 5. Principales mutaciones encontradas en el gen de la miostatina bovina (Adaptado de Grobet et al., 1998).

Además de presentar cierta asociación con la raza (y el tipo de mutación), el grado de expresión también varía en un mismo individuo a lo largo de su vida, observando que hay caracteres que aparecen en el nacimiento o en las primeras semanas de vida y que después se hacen imperceptibles, como ocurre con la macroglosia descrita en los terneros. En general, la hipertrofia tiende a hacerse menos evidente en la vida adulta, llegando en algunos casos a desaparecer, como ocurre en las razas Rubia de Aquitania o Asturiana de los Valles (Miranda *et al*, 2002). También los factores externos relacionados con el manejo influyen en gran medida, evidenciándose más en sistemas de producción intensiva (Miranda *et al*, 2002).

2. GEN DEL SÍNDROME DEL ESTRÉS PORCINO (HIPERTERMIA MALIGNA)

El síndrome de Hipertermia Maligna, conocido como *Porcine Stress Syndrome (PSS)* se caracteriza por una respuesta anormal del animal ante determinados estímulos externos. Los síntomas de este síndrome son temblores y rigidez muscular, respiración dificultosa, piel rojiza y caliente, fiebre etc., pudiendo llegar a un estado de rigidez muscular generalizada que provoca el colapso cardiorrespiratorio y la muerte del animal cuando el individuo es sometido a una situación de estrés (Christian y Lundstrom, 1992).

Este síndrome está ligado a una hipertrofia muscular asociada al gen “del halotano”. La manifestación de este gen se caracteriza por el aumento del número de fibras musculares del tipo IIb. Estas fibras presentan un metabolismo glucolítico propio que, junto con el sobreestímulo de la contracción muscular deriva en la aparición de carnes PSE (*pale, soft and exudative*). Los cerdos que presentan este gen producen con una frecuencia que puede llegar al 30% canales pálidas, blandas y exudativas por lo que a pesar de las claras ventajas sobre el desarrollo muscular, en las últimas décadas ha existido una selección en contra de este gen (Renand *et al.*, 2003).

El gen que provoca este síndrome, HAL-1843 (RYR1 ó MH), ha sido secuenciado y tiene una herencia mendeliana simple recesiva (Christian y Kuhlens, 1981). Ya se conoce la causa que lo provoca (Fujii *et al.*, 1991; Rempel *et al.*, 1993), se debe a una mutación del gen receptor de la rianodina, proteína que regula el transporte del calcio a través de la membrana de la célula muscular (provocando una excesiva liberación de iones Ca^{2+} desde los retículos sarcoplásmicos ante determinados estímulos).

El hecho de que esta mutación se encuentre asociada con una hipertrofia muscular del animal y con un aumento del magro de la canal ha hecho que al seleccionar genéticamente las poblaciones hacia crecimiento magro, indirectamente se estuviese seleccionando animales portadores de esta mutación. Esto ha determinado que, a pesar de ser un fenotipo recesivo, se haya presentado de forma mayoritaria en algunas razas como el cerdo Landrace Belga (50-95%), el Landrace Alemán (70%) ó el Pietrain (68-95%). Las pérdidas por este síndrome (hasta el 10% de muertes post destete, hasta un 37% de canales PSE) llegó a ser tan elevada que, desde hace años, sistemáticamente se genotipan a todos los sementales mediante un test comercial (ADN Hal1843tm, *Innovations Foundation* ©), existiendo ya líneas comerciales libres del gen (homocigotos dominantes) a pesar de que se reconoce que en cruzamiento, los heterocigotos siguen presentando claras ventajas (un porcentaje superior de magro) sin prácticamente inconvenientes (Leach *et al.*, 1996; Renand *et al.*, 2003).

Además de las pérdidas por muerte y por depreciación de la canal, los animales con los alelos mutados presentan un crecimiento y un índice de transformación ligeramente menores. Sin embargo, presentan un porcentaje de magro en la canal superior (en torno al 5%), un espesor de tocino dorsal menor (un 2,5%) y un área del lomo ligeramente superior (Webb *et al.*, 1983). En cuanto a las características de la carne, prácticamente existe consenso en que la calidad de la misma se ve claramente afectada, incluso para algunos autores en el caso de los heterocigotos (Leach *et al.*, 1996).

3. GEN DE LA HIPERTROFIA MUSCULAR OVINA (GEN CALLYPIGE)

La Hipertrofia muscular ovina fue descubierta en EE.UU. en 1983 en un carnero Dorset (*Solid Gold*). Curiosamente el nombre que se le dio a esta alteración hace referencia a la traducción del nombre de la Diosa griega Aphrodite Kallipygos que significaba “muslos bonitos” (Figura 6).

Este es el único caso conocido en animales domésticos que presenta un tipo de herencia denominada *Sobredominancia Polar* (Freking *et al.*, 2002) en la que sólo se manifiesta el fenotipo de hipertrofia muscular en el heterocigoto cuando el alelo mutante proviene del padre (*Expresión o Impronta Paterna*).

Se han postulado varias hipótesis para este tipo de herencia sin que aún se haya podido confirmar. Lo que sí parece haberse determinado es la localización del gen (MEG3) en el cromosoma 18 (Pariset *et al.*, 2006) y la mutación que causa este carácter (un cambio simple en una base del gen [Freking *et al.*, 2002]).



Figura 6. Imagen de la estatua de la Diosa griega Aphrodite Kallipygos, Museo Arqueológico Nacional de Nápoles, Italia.

La mutación actúa provocando hipertrofia en vez de hiperplasia presentando los músculos hipertrofiados un elevado porcentaje de fibras musculares glicolíticas y bajo de oxidativas (Carpenter, 1996). Fenotípicamente se observa un mayor desarrollo muscular, especialmente en los lomos y en el tercio posterior del animal, un incremento del rendimiento de la canal, unas canales más compactas con una mayor proporción de músculo y menor contenido de grasa y, finalmente una mejora de la eficacia alimenticia (Cockett *et al.*, 2005). Los corderos nacen con una apariencia normal, pero a los 1-2 meses empieza a hacerse patente la hipertrofia.

Los aspectos negativos de la manifestación de este gen hacen referencia a la calidad de la carne, que se caracteriza por una menor infiltración de grasa intramuscular (menor jugosidad y flavor; Shackelford *et al.*, 1997) y una mayor dureza especialmente observada en los lomos. La diferencia con la carne de los corderos normales se va haciendo más patente conforme avanza la maduración de la misma debido al incremento de la actividad *postmortem* de la calpastatina (Geesink y Koohmaraie, 1999). También la actividad de la m-calpaína se ve afectada (Koohmaraie *et al.*, 1995).

5. La valoración morfológica en los esquemas de selección

El sistema de VML, creado para maximizar la correlación entre la morfología y la funcionalidad, ha permitido hacer una estimación en vivo de las propiedades carniceras de los animales.

En el vacuno de carne los índices de DM y DE se vienen utilizando en la valoración genética de rutina desde al menos dos décadas. En concreto, en Francia, el INRA junto con el Institut de l'Élevage, vienen realizando valoraciones genéticas para ambos caracteres de forma rutinaria en todas las fases del esquema de selección (Journaux *et al.*, 1994) como se detalla en la Tabla 12.

De la misma forma, el sistema se ha impuesto en aquellos países que realizan valoraciones genéticas para caracteres morfológicos en vivo, como son España, Italia, Alemania, Bélgica y otros.

En la publicación *ICAR Technical Series - No 6* (ICAR, 2001) se pueden consultar los controles en vivo y en matadero que se están llevando a cabo en la mayoría de los esquemas del vacuno de carne a nivel mundial.

Tabla 12. Sistema de valoración genética para morfología y funcionalidad en el ganado bovino de carne empleado en Francia (INRA e Institut de l'Élevage, 2005)

Fase	Lugar	Sexo	Edad
Control predestete	Finca	Ambos	6-10 meses
Control individual	Centro de testaje	Machos	15 meses
Prueba de descendencia aptitudes maternales	Estación de prueba	Crías hembras	18 meses
Prueba de descendencia aptitudes carniceras	Estación de prueba	Crías machos	Antes del sacrificio
Calificación para Libro Genealógico	Finca	Vaca	Adulta

Los resultados de una encuesta a 40 esquemas de selección de 19 países muestran que los principales objetivos de selección siguen siendo el crecimiento del ternero y los caracteres relacionados con la aptitud reproductiva. No obstante, el 63% de los esquemas presentan como criterio de selección algún carácter relacionado con la calidad de la canal y sólo el 26% con caracteres relacionados con la calidad de la carne. En cuanto a la estimación en vivo de la aptitud carnicera, un 52% de los esquemas realizan valoraciones para el índice de VML para el DM y el 26% para el DE (un número menor presentan valoración para al algún rasgo individual) y en el 31% de los esquemas realiza el control en vivo mediante las sondas de ultrasonidos. Finalmente para los caracteres de la canal, el 37% de los esquemas realizan valoraciones para la conformación o el peso de la canal y solamente el 21% incluyen otros caracteres como el color de la carne o la grasa o el rendimiento en piezas comerciales.

En la mayoría de países de nuestro entorno económico se vienen realizando valoraciones genéticas para caracteres morfológicos relacionados con la aptitud carnicera. En cambio, en los países del ámbito anglosajón (EE.UU., Australia y Nueva Zelanda principalmente) se han decantado hace bastantes años por la estimación en vivo de esta aptitud basada en las sondas de ultrasonidos. En la tabla 13 se resumen los caracteres valorados en los esquemas de selección de los principales países productores de vacuno de carne.

En esta tabla se puede observar el retraso en cuanto a caracteres valorados genéticamente de los países europeos con respecto a los grandes productores del ámbito anglosajón del resto del mundo (Australia, Nueva Zelanda y EEUU).

Tabla 13. Caracteres relacionados con las características de la canal valorados en los principales países productores de vacuno de carne

Medida	País	Sistemática	Valoración genética
% grasa interna	EE.UU.	Canal	≈
	Australia	Canal	≈
	Australia	Vivo	√
Area del <i>longissimus dorsi</i>	EE.UU.	Canal	√
	Gran Bretaña	Vivo	≈
	Nueva Zelanda	Canal	√
Color de la carne	Australia	Canal	≈
	EE.UU.	Canal	≈
	Francia	Canal	√
Color de la grasa	Nueva Zelanda	Canal	√
	Australia	Canal	≈
	EE.UU.	Canal	≈
Conformación canal	Francia	Canal	√
Conformación muscular	Gran Bretaña	Vivo	√
	Australia	Canal	≈
	EE.UU.	Canal	√
Espesor de grasa subcutánea	Nueva Zelanda	Canal	√
	Australia	Vivo	√
	Gran Bretaña	Vivo	√
Estado de engrasamiento	Francia	Canal	√
Firmeza	EE.UU.	Canal	≈
	Nueva Zelanda	Canal	√
Grasa intramuscular	Australia	Canal	≈
	Nueva Zelanda	Canal	√
Longitud del corvejón-Sífnisis	Francia	Canal	√
Longitud total de la canal	Francia	Canal	√
Medidas de espesor muslo	Francia	Canal	√
Peso canal frío	Francia	Canal	√
	Australia	Canal	≈
Peso de canal caliente	EE.UU.	Canal	√
	Nueva Zelanda	Canal	√
pH	Nueva Zelanda	Canal	√
Rendimiento cárnico	EE.UU.	Canal	√
Rendimiento de canal	Nueva Zelanda	Canal	√
Textura (valoración)	EE.UU.	Canal	≈
	Nueva Zelanda	Canal	√

(√: Valoración de rutina; ≈: Valoración experimental)

Más alarmante es la situación de los esquemas en España, donde solamente las razas Asturiana de los Valles y Rubia Gallega realizan valoraciones genéticas para caracteres relacionados con la aptitud carnífera en vivo (VML) y sólo las razas Avileña y Pirenaica para caracteres de la canal.

En la especie ovina de aptitud cárnica, prácticamente no se incluyen en las valoraciones caracteres relacionados con la morfología. Solamente en Dinamarca (Pedersen y Lauridsen, 2003) se incluyen 4 caracteres obtenidos mediante valoración morfológica lineal en las valoraciones genéticas de rutina del ovino de carne. No ocurre lo mismo con la estimación de la aptitud mediante ultrasonidos, donde todas las razas valoradas dentro del esquema del Lambplan (que recoge las razas ovinas de Nueva Zelanda, Australia, y algunas razas de EE.UU., Argentina, Uruguay y Sudáfrica) incluyen en las valoraciones diversos caracteres relacionados con la estimación de características carníferas (principalmente estado de engrasamiento y área de los lomos) mediante escáner de ultrasonidos (Lambplan, 2006).

La situación en España es aún peor para el caso de la especie ovina, ya que aunque algunas razas como la Merina (Valera *et al.*, 2001) o la Navarra (Castillo, 1998) incluyen caracteres morfológicos en el control de los corderos, las valoraciones genéticas únicamente se realizan para caracteres relacionados con el crecimiento y/o la prolificidad (Altarriba, 2002). Así, en las razas españolas de ovino de carne, los criterios de selección relacionados con la morfología no se suelen incluir en los esquemas.

En la especie porcina tampoco se incluyen aspectos morfológicos del animal en vivo en los esquemas de selección (cruzamiento) del cerdo (Tibau, 2002), aunque si están muy avanzados los sistemas de estimación de la calidad de la canal en vivo mediante sondas de ultrasonidos.

Bibliografía

Albertí, P.; Lahoz, F.; Tena, R.; Jaime, S.; Sañudo, C.; Olleta, J.L.; Campo, M.M.; Panea, B. y Pardos, J.J. (2001): "Producción y rendimiento carnífero de siete razas bovinas españolas faenadas a distintos pesos". *Informaciones Técnicas de la Dirección General de Tecnología Agraria*, Ed. DGA, 101, 15.

Altarriba, J. (2002): *Estado y demandas actuales de los planes de mejora de la Producción ovina de carne*. XI Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Pamplona.

Anabic (1994): *Morphological valuation linear scoring system of the italian beef cattle: General overview and regulations to fill in the scoring card*. European Meeting for the Presentation of the Linear Scoring Systems on Breed Cattle Breeds. Paris.

ASEAVA (2006): *Propuesta definitiva de Sistema de Calificación Lineal de ganado de la Raza Asturiana de la Valles*. Informe Aseava.

Barendse, W.; Bunch, R.; Thomas, M.; Armitage, S.M.; Baud, S. y Donaldson, N. (2004): "The TG5 thyroglobulin gene test for a marbling quantitative trait loci evaluated in feedlot cattle". *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44: 669-674.

Bèche, J.M. y Chavatte, P. (1995): "Pointage au sevrage des bovins de race á viande. Institut de l'élevage. Département génétique et contrôle des performances. Manuel Pratique". *Compte Rendu* nº 2306.

Bereskin, B. (1979): "Genetic aspects of feet and legs soundness in swine". *Journal of Animal Science* 48: 1322-1328.

Biagini, D. y Lazzaroni, C. (2005): "Carcass dissection and commercial meat yield in Piemontese and Belgian Blue double-muscled young bulls". *Livestock Production Science*, 98: 199-204

Boccard, R. y Dumont, B.L. (1974): "Consequences de l'hipertrophy musculaire héréditaire des bovins sur la musculature". *Annals. Génétiques. Sélection des Animaux*, 6: 177-186.

Boyajeau, D.; Ménissier, F. y Valls Ortiz, J.M. (1971): *Document de travail sur le caractère culard chez les bovins*. 38. (Citado en Royo, 2003).

Burke, B. y Funk, D. (1993): "Relationship of Linear Type Traits and Herd Life Under Different Management Systems". *Journal Dairy Science*, 76: 2773-2782.

Calonge, E.; Pérez, R. y Dunner, S. (2006): *Activación de rutas metabólicas alternativas en individuos de la especie bovina con hipertrofia muscular*. En: *Segundo Congreso Nacional de Carne de Vacuno*. Gijón.

Cameron, N.D.; Nute, G.R.; Brown, S.N.; Enser, M. y Wood, J.D. (1999): "Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate". *Animal Science*, 68 (1): 115-127.

Carpenter, C.E.; Rice, O.D.; Cockett, N.E. y Snowden, G.D. (1996): "Histology and composition of muscles from normal and callipyge lambs". *Journal of Animal Science*, 74(2): 388-93.

Casas, E.; Keele, J.W.; Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Sonstegard, T.S.; Smith, T.P.L.; Kappes, S.M. y Stone, R.T. (1998): "Association of the muscle hypertrophy locus with carcass traits in beef cattle". *Journal of Animal Science*, 76: 468- 473.

Casas, E.; White, S.N.; Wheeler, T. L.; Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Riley, D.G.; Chase, C.C. Jr.; Johnson, D.D. y Smith, T.P.L. (2006): "Effects of calpastatin and u-calpain markers in beef cattle on tenderness traits". *Journal of Animal Science*, 84: 520-525.

Castillo, R. (1999): *Manual de calificación morfológica de ovino de carne de raza Navarra*. Instituto Técnico y de Gestión Ganadero del Gobierno de Navarra.

Christian, L.L. y Lundstrom, K. (1992): *Porcine stress syndrome*. In: *Diseases of swine*, ed. Leman A.D., Straw B.E., Mengeling W.L. 7th ed., 763-771. Iowa State University Press, Ames, USA.

Christian, L.L. y Kuhlers, D.L. (1981): "Inheritance of porcine stress syndrome". *Journal of Heredability*, 72: 429-430.

Cisneros, F.; Ellis, M.; Miller, K.D.; Novakofski, J.; Wilson, E.R. y McKeith, F.K. (1996): "Comparison of traverse and longitudinal real-time ultrasound scan for prediction of lean cut yield and fat-free lean content in live pigs". *Journal of Animal Science*, 74: 2566-2582.

Cockett, N.E.; Smit, M.A.; Bidwell, C.A.; Segers, K.; Hadfield, T.L.; Snowden, G.D.; Georges, M. y Charlier, C. (2005): "The callipyge mutation and other genes that affect muscle hypertrophy in sheep". *Genetic Selection Evolution*, 37(1): S65-81.

Delfa, R.; Gonzalez, C.; Vijil, E.; Teixeira, A.; Tor, M. y Gosalvez, L. (1996): *Ultrasonic measurements for predicting carcass quality and body fat depots in ternasco of Aragon-Spain*. In *Proceedings EAAP, Sheep and Goat Production* (pp3). Lillehammer. Session V. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers.

Delfa, R.; Teixeira, A.; González, C. y Blasco, I. (1995): "Ultrasonic estimates of fat thickness and longissimus dorsi muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs". *Small Ruminant Research*, 16: 159-164.

Díaz, C. y Quintanilla, R. (2002): *Estado y nuevas demandas de los programas de mejora en vacuno de carne*. XI Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Pamplona.

Díez, J.; Goyache, F.; Alonso, J.; del Coz, J.J.; Quevedo, J.R.; López, S., Fernández, I.; Luaces, O. y Bahamonde, A. (2002): "Técnicas de Inteligencia Artificial en la clasificación de canales bovinas". *Nuestra Cabaña*, 12-18.

Díez, J.; Bahamonde, A.; Alonso, J.; López, S.; del Coz, J.J.; Quevedo, J.R.; Ranilla, J.; Luaces, O.; Álvarez, I.; Royo, L.J. y Goyache, F. (2003): "Artificial intelligence techniques point out differences in classification performance between light and standard bovine carcasses". *Meat Science*, 64: 249-258.

Dourmad, J.Y.; Etienne, M. y Noblet, J. (2001): "Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires". *Production Animal*, 14: 41-50.

Espejo, M.; García, S.; López, M.M.; Izquierdo, M.; Robles, A. y Costela, A. (2000): *Morfología de la canal bovina*. En: *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Coord. Cañeque, V. y Sañudo, C. Ed. INIA, Ministerio de Ciencia y Tecnología, 65-80.

Estany, J.; Villalba, D.; Tor, M.; Cubiló, D. y Noguera, J.L. (2002): "Correlated response to selection for litter size in pigs: II carcass, meat and fat quality traits". *Journal of Animal Science*, 80: 2566-2573.

Fernández, G.; Valera, M. y Molina, A. (1998): "La valoración morfológica lineal en el Caballo de Pura Raza Española". *Ayma*, 38: 7-10.

Filippini, F.; Petrini, A.; Forabosco, F.; Panella, R. y Pieramati, C. (2005): *Heritability and genetic indexes of carcass daily gain and weight in Chianina, Marchigiana and Romagnola breeds*. 4th World Italian beef cattle congress. Italia.

Forabosco, F.; Groen, A.; Bozzi, R.; van Arendonk, J.; Filippini, F.; Boettcher, P. y Bijma, P. (2005): *Longevity, type traits and production in Chianina beef cattle*. 4th World Italian beef cattle congress. Italia

Forrest, J.C.; Kuei, C.H.; Orcutt, M.W.; Schinckel, A.P.; Stouffer, J.R. y Judge, M.D. (1989): "A review of potential new method of on-line pork carcass evaluation". *Journal of Animal Science*, 67: 2164-2170.

Freking, B.; Murphy, S.; Wylie, A.; Rhodes, S.; Keele, J.; Leymaster, K.; Jirtle, R. y Smith, T. (2002): "Identification of the single base change causing the callipyge muscle hypertrophy, the only known example of polar overdominance in mammals". *Genome Research*, 12: 1496-1506.

Fujii, J.; Otsu, K.; Zorzato, F.; DeLeon, S.; Khanna, V.; Weiler, J.; O'Brien, P. y MacLennan, D. (1991): "Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia". *Science*, 23: 448-451.

García-Atanese, A.; Royo, J.L. y Dunner, S. (1998): "Hipertrofia muscular en la especie bovina". *Feagas*, 13: 42-45.

Geesink, G.H. y Koohmaraie, M. (1999): "Postmortem proteolysis and calpain/calpastatin activity in callipyge and normal lamb biceps femoris during extended postmortem storage". *Journal Animal Science*, 77: 1490-1501.

Gonzalvo, S.; Venegas, O.; González, A.M.; Vitón, D.; Martínez, O.; Medero, C.M. y O Novo, O. (2004): "Rasgos de canal y calidad de carne en cerdos alimentados con mieles de caña de azúcar. Efecto de la inclusión de aceite de soya en la dieta". *Revista computerizada de Producción Porcina*, 11 (3): 104-110.

Goyache, F.; Villa, A.; Baro, J. A. y Alonso, L. (1999): "Aplicación de un sistema de calificación morfológica continua en la raza Asturiana de los Valles". *Feagas*, 16: 54-68.

Goyache, F.; del Coz, J.J.; Quevedo, J.R.; López, S.; Alonso, J.; Ramilla, J.; Luaces, O.; Alvarez, I. y Bahamonde, A. (2001): "Using artificial intelligence to design and implement a morphological assessment system in beef cattle". *Animal Science*, 73: 49-60.

Gresham, J.D. (1996): *Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 scanner quality indexing program: An automated system for estimating quality grade of beef animals*. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment: Tequesta, 10.

Gresham, J.D.; McPeake, S.R.; Bernard, J.K. y Henderson, H.H. (1992): "Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements". *Journal of Animal Science*, 70: 631-639.

Grobet, L.; Poncelet, D.; Royo Martin, L.J.; Brouwers, B.; Pirottin, D.; Michaux, C.; Menissier, F.; Zanotti, M.; Dunner, S. y Georges, M. (1998): "Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle". *Mammalian Genome*, 9: 210-213.

Grondalen, T. (1974): "Leg weakness in pigs. Incidence and relationship to skeletal lesions, feed level, protein and mineral supply, exercise and exterior conformation". *Acta veterinaria Scandinavica*, 15: 555-573.

Gutiérrez, J. P. y Goyache, F. (2002): "Estimation of genetic parameters of type traits in Asturiana de los Valles beef cattle breed". *Journal of Animal Breed Genetic*, 119: 93-100.

Hamoen, A. (1994): *Standard classification report: beef cattle Herd-books. European Meeting for the Presentation of the Linear Scoring Systems on Breed Cattle Breeds*. Paris. Marzo.

Hanset, R. y Michaux, C. (1982): *Creatine and creatinine levels in plasma red cells and muscles as characteristics of double-muscled cattle. Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production*. Eds. J.W.B. King and F. Ménissier, Martinus Nijhoff Publishers: The Hague, 237-256.

Holmes, J.H. y Robinson, D.W. (1970): "Hereditary muscular hypertrophy in the bovine: metabolic response to nutritional stress". *Journal Animal Science*, 31: 776-80.

Icar (2005): *International Agreement of Recording Practices*. Guidelines approved by the last General Assembly. International Committee for Animal Recording.

Icar (2001): *Beef recording guidelines: A synthesis of an Icar Survey*. Icar Technical Series 6. Ed. Simianer H.-H. Tauber, K. Küttner.

Journaux, L.B.; Rehben, E.; Bonnet, J.N.; Menissier F. y Laloe, D. (1994): *Description et evaluation genetique de la morphologie des bovines allaitants en France*. In: *Performance recording of animals: State of the art*. EAAP Publication.

Journaux, L.B.; Wickham, E. y Pabiou, T. (2006): "Development of routine international genetic evaluation services for beef cattle as an extension of Interbull's services". *Interbull Bulletin 35. Proceedings of the 2006 Interbull Meeting Kuopio, Finland*, 146-152.

Kluyts, J.F. (2004): *The development of economic selection indices for the Simmentaler breed in South Africa*. Tesis doctoral. University of the Free State. Bloemfontein. South Africa.

Koohmaraie, M.; Shackelford, S. D.; Wheeler, T. L.; Lonergan, S. M. y Doumit, M. E. (1995): "A Muscle Hypertrophy Condition in Lamb (Callipyge): Characterization of Effects on Muscle Growth and Meat Quality Traits". *Journal of Animal Science*, 73: 3596-3607.

Lambplan, (2006): *Genetic improvement for a sustainable and profitable Australian sheep industry facilitated by the world's best sheep genetic evaluation system*. Sheep Genetic Australia. <http://www.sheepgenetics.org.au/lambplan>.

Leach, L.; Ellis, M.; Sutton, D.; McKeith, F. y Wilson, E. (1996): "The growt performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs". *Journal of Animal Science*, 74: 934-943.

López, S.; Goyache, F.; Quevedo, J.R.; Alonso, J.; Ranilla, J.; Luaces, O.; Bahamonde, A. y del Coz, J.J. (2000): "Un sistema inteligente para calificar morfológico a bovinos de la raza Asturiana de los Valles". *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 10: 5-17.

Lukefahr, S.D. y Ozimba, O. (1991): "Prediction of carcass merit from live body measurements in rabbits of four breed-types". *Livestok Production Science*, 29 (4): 323-334.

Marshall, W.; Collantes, M.; Corchado, A.; Bertot, J.A.; Uña, F.; Torres, V. y Zarduy, L. (2001): "Predicción de la canal, composición tisular y rasgos regionales en corderos Pelibuey suplementadoscon gallinaza. I. Estimación de la canal". *Revista de Producción Animal*, 13 (2): 31-36.

McLaren, D.G.; McKeith, F.K. y Novakofski, J. (1989): "Predictions of carcass characteristics and marked weight from serial real-time ultrasound measures of back fat and loin area in the growing pig". *Journal of Animal Science*, 67: 1657-1667.

Mendizábal, J.A.; Delfa, R.; Arana, A.; Eguinoa, P.; González, C. y Treacher, T. (2003): "Estimating fat reserves in Rasa Aragonesa ewes: a composition of different methods". *Canadian Journal of Animal Science*, 83: 695-701.

Ménissier, F. (1982): "Present state of knowledge about the genetic determination of muscular hypertrophy or the double muscled trait in cattle". *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, 16: 387-428.

Mineau, B. (1992): *Variabilité génétique de l'aptitude maternelle au vêlage en race Limousine*. ENITA de Burdeos. (Citado en Journeaus, et al., 1994).

Miranda, M.E.; Vallejo, M.; Dunner, S. y Cañon, J. (2002): “Efecto del genotipo de la miostatina sobre la expresión de la hipertrofia muscular en razas bovinas europeas”. *Feagas*, 22: 36-43.

Moeller, S.J. y Christian, L.L. (1998): “Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple stationary analysis procedures”. *Journal of Animal Science*, 76: 2503-2514.

Nguyen, H.N.; McPhee, C.P. y Wade C.M. (2005): “Genetic selection strategies for efficient lean growth in pigs”. *Animal Science Reviews*, 20: 149-163.

Oksbjerg, N.; Petersen, J.S.; Sorensen, I.L.; Henckel, P.; Vestergaard, M.; Ertbjerg, P.; Moller, A.J.; Bejerholm, C. y Stoier, S. (2000): “Long-term changes in performance and meat quality of Danish Landrace pigs: a study on a current compared with an unimproved genotype”. *Animal Science*, 71: 81-92.

Page, B.T.; Casas, E.; Quaas, R.L.; Thallman, R.M.; Wheeler, T.L.; Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; White, S.N.; Bennett, G.L.; Keele, J.W.; Dikeman, M.E. y Smith, T.P.L. (2004): “Association of markers in the bovine capn1 gene with meat tenderness in large crossbred populations that sample influential industry sires”. *Journal of Animal Science*, 82: 3474-3481.

Pariset, L.; Cappuccio, I.; Joost, S.; D’Andrea, M.S.; Marletta, D.; Ajmone Marsan, P.; Valentini A. y Econogene Consortium (2006): “Characterization of single nucleotide polymorphisms in sheep and their variation as an evidence of selection”. *Animal Genetics*, 37: 290-292.

Pedersen, J. y Lauridsen, J. (2003): *Estimation of breeding values in Danish sheep breeding*. Danish Agricultural Advisory Centre, National Centre. Denmark.

Quaas, R.L.; Li, J.; Thallman, R.M.; Van Eenennaam, A.L.; Fernando, R.L. y Gill, C. (2006): “Validation of commercial dna tests for quantitative beef traits”. *8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Belo Horizonte, MG, Brasil.

Raoult J. y Rehben E. (1983): *Etude comparative de diferentes méthodes d’appréciation en vif des caractéristiques bouchères*. Itéb. Comptes Rendus, 83177.

Rehben, E. (1992): *Morphology evaluation for beef performance recording*. 43rd annual meeting of EAAP, Madrid. España.

Revén, E.; Malafosse, A. y Lewis, H. (1994): *Linear scoring of beef cattle*. Milk and beef recording: *State of the art. 29th biennial session of ICAR*. Ottawa (Canada).

Rempel, W.E.; Lu, M.; Kandelgy, S.E.; Kennedy, C.F.H.; Irvin, L.R.; Mickelson, J.R. y Louis, C.F. (1993): “Relative accuracy of the halotane challenge test and a molecular genetic test in detecting the gene for porcine stress syndrome”. *Journal of Animal Science*, 71: 1395-1399.

Renand, G.; Gaillard, J. y Ménissier, F. (1986): *Genetic parameters for growth and slaughter traits of pure breed Blonde d'Aquitaine young bulls*. 43rd annual meeting of EAAP, Madrid. España.

Renand, G.; Larzul, C.; Le Bihan-Duval, E. y Le Roy, P. (2003): "L'amélioration génétique de la viande dans les diferentes espèces: situation actuelle et perspectives à court et moyen terme". *Production Animal*, 16: 159-173.

Reverter, A.; Johnston, D.J.; Graser, H.U.; Wolcott, M.L. y Upton, W. H. (2000): "Genetic analysis of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle". *Journal of Animal Science*, 78: 1786-1795.

Rothschild, M. F. (2000): *Advances in pig molecular genetics, gene mapping, and genomics*. X Reunión Nacional de Mejora Genética Animal, Caldes de Montbui, June 8-9.

Rothschild, M.F.; Christian, L.L. y Jung, Y.C. (1988): "Genetic control of front leg weakness in Duroc Swine. II. Correlated response in growth rate, backfat, and reproduction from five generations of divergent selection". *Livestock Production Science*, 19: 473-485.

Royo, L.J. (2003): *Secuenciación y análisis del gen de la miostatina bovina*. Tesis Doctoral de la Universidad Complutense de Madrid.

Sabec, D.; Zagozen, F.; Urbas, J. y Subelj, J. (1980): *Locomotory disturbances in testing boards*. Proc. of the 6th International Pig Veterinary Society Congress. Copenhagen Alemania.

Salako, A. E. (2006): "Application of Morphological Indices in the Assessment of Type and Function in Sheep". *International Journal of Morphology*, 24(1): 13-18.

Sarti, F.M. y Panella, F. (1999): *Study of the most suitable traits to use in linear morphological evaluation of Merinizzata Italiana sheep*. Proceedings of the A.S.P.A. XIII Congress, Piacenza, 206-208.

Sarti, F.M.; Pieramati, C.; Forabosco, F.; Berti, C.; Lasagna, E. y Panella, F. (2005): *Relationship between linear morphological evaluation and SEUROP grid for the selection of Chianina bulls*. 4th World Italian beef cattle congress. Italia.

Sather, A.P.; Bailey, D.R.C. y Jones, S.D.M. (1996): "Real time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality". *Canadian Journal of Animal Science*, 76: 55-62.

Schenkel, F.S.; Miller, S.P.; Jiang, Z.; Mandell, I.B.; Ye, X.; Li, H. y Wilton, J.W. (2006): "Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin (CAST) gene with carcass and meat quality traits of beef cattle". *Journal of Animal Science*, 84: 291-299.

Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L. y Koohmaraie, M. (1997): "Effect of the Callipyge Phenotype and Cooking Method on Tenderness of Several Major Lamb Muscles". *Journal of Animal Science*, 75: 2100-2105.

Shi, M.; Laloe, D. y Ménéssier, F. (1992): *Estimation of (co)variance componentes for maternally influenced traits in French Limousin beef cattle*. 43rd annual meeting of EAAP, Madrid. España.

Silva, S.A.; Gomes, M.J.; Dias-da-Silva, A.; Gil, L.F. y Azevedo, J.M.T. (2005): "Estimation en vivo of body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography". *Journal of Animal Science*, 83: 350-357.

Slack, J.M.W. (1997): "Growth control: action mouse". *Current Biology*, 7: R467-R469.

Smith, B.S.; Jones, W.R.; Houg, J.D.; Huffman, D.L.; Mikel, W.B. y Mulvaney, D.R. (1992): "Prediction of carcass characteristics by real-time ultrasound in Barrow And Gilts Slaughtered at three weights". *Journal of Animal Science*, 66: 591-598.

Smith, C. (1966): "A note on the heritability of the leg weakness scores in pigs". *Animal Production*, 8: 345-348.

Teixeira, A.; Matos, S.; Rodríguez, S.; Delfa, R. y Cadavez, V. (2006): "In vivo estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography". *Meat Science*, 74(2): 289-295.

Teixeira, A. y Delfa, R. (1997): "The use ultrasonic measurements assessed with two probes in live lambs for prediction the carcass composition". In *Proceedings of the 48th annual meeting of the European association for animal production* (No 3: 295). Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers.

Tibau, J. (2002): *Estado y demandas actuales de los programas de mejora del porcino*. XI Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Pamplona.

Torres, A. (2002): *Predicción de la composición de la carcasa en ganado de carne usando ultrasonido*. Asociación Nacional de Jueces de Ganado Cebú (Colombia).

Torres, A. (2003): "Resultado de la tercera prueba de ganancia de peso en Pastoreo en la dorada: Medidas biométricas y ultrasonido". *El Cebu*, 331: 17.

Turlington, L.M. (1990) *Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics*. (M.S. Thesis). Kansas State University: Manhattan, 1990, 211 pp.

Uytterhaegen, L.; Claeys, E.; Demeyer, D.; Lippens, M.; Fiems, L.O.; Boucqué, C.Y.; Van de Voorde, G. y Bastiaens, A. (1994): "Effects of double-muscling on carcass quality, beef tenderness and myofibrillar protein degradation in Belgian Blue White bulls". *Meat Science*, 38: 255-267.

Valera, M.; Rodero, A.; Molina, A.; Cámara, M.; Barajas, F.; Miguelez, J.J.; Álvarez, J. (2001): "Situación actual y evolución del esquema de selección del merino autóctono". *Feagas*, 20: 103-108.

Vallejo, M.; Gutiérrez, J.P.; Cima, M.; Cañón, J.; Alonso, L.; Revuelta, J.R. y Goyache, F. (1992): "Características de las canales de las razas bovinas asturianas. III.- Valoración

cuantitativa y predicción de la composición tisular de canales en la raza Asturiana de los valles”. *Archivos de zootecnia*, 42: 29-40.

Van Steenbergen, E.J. (1989): “Description and evaluation of a linear scoring system for exterior traits in pigs. Livestock”. *Production Science*, 23: 163-181.

Van Steenbergen, E.J.; Kanis, E. y Van Der Steen, H.A.M (1990): “Genetic parameters of fattening performance and exterior traits of boars tested in central stations”. *Livestock Production Science*, 24: 65-82.

Velázquez, J.C. y Álvarez, L.A. (2004): “Relación de medidas biometricas y de composición corporal en vivo con el peso de la canal en novillo Brahman en el valle del Sinú”. *Acta Agronómica*, 53 (3).

Wallace, M.A.; Stouffer, J.R. y Westervelt, R.G. (1977): “Relationships of ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle”. *Livestock Production Science*, 4 (2): 153-164.

Webb, A.J.; Russel, W.S. y Sales, D.I.: “Genetics of leg weakness in performance-tested boars”. *Animal Production*, 36: 117-130.

West, R.L. (1976): “Red to white fibre ratios as an index of double muscling in beef cattle”. *Journal of Animal Science*, 38: 1165-1175.

White, S.N.; Casas, E.; Wheeler, T.L.; Shackelford, S.D.; Koohmaraie, M.; Riley, D.G.; Chase, C.C. Jr.; Johnson, D.D.; Keele, J.W. y Smith, T.P.L. (2005): “A new snp in capn1 extends the current tenderness marker test to include cattle of bos indicus, bos taurus, and crossbred descent”. *Journal Animal Science*, 83: 2001-2008.

Wolf, B.T.; Jones, D.A. y Owen, M.G. (2006): *En vivo prediction of carcass composition and muscularity in purebred Texel lambs*. Meat Science. En prensa.

Woltmann, M.D.; Clutter, A.C. y Buchanan, D.S. (1995): “Effect of divergent selection for postweaning average daily gain on front-end soundness of market-weight pigs”. *Journal Animal Science*, 73 (7): 1940-1947.

Youssao, A.K.I.; Verleyen, V. y Leroy, P.L. (2002): “Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc”. *Annales de Medicine Veterinaire*, 146: 19-29.