

# Actuales tendencias en la mejora genética del ganado porcino

Antonio Muñoz Luna

Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.

Para realizar una definición práctica y coherente de lo que significan las técnicas de mejora genética animal es preciso definir previamente el concepto «calidad de vida» en la sociedad beneficiaria de los esfuerzos que en ganadería se puedan llevar a cabo.

Por ejemplo, no hace muchas décadas «calidad de vida» significaba «comer, o mejor dicho, disponer de proteínas de origen animal», lo que podemos traducir directamente al parámetro cantidad (de leche, carne, huevos, ...). Actualmente, y dependiendo del nivel cultural del país que analicemos, el concepto de calidad de vida se va transformando en otros parámetros, tales como:

- Cantidad de producto, pero barato.
- Calidad de producto.
- Bienestar de los animales.
- Otras posibles aplicaciones, ...

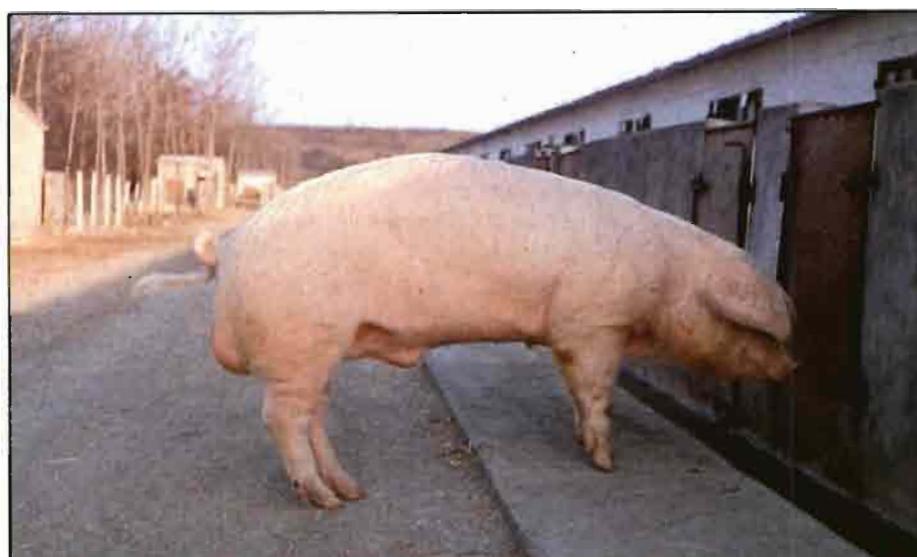
Pues bien, la mejora genética animal lo único que pretende en cada momento es satisfacer una demanda impuesta desde la sociedad a la que sirve.

En este trabajo analizaremos las últimas tendencias que aparecen en este campo de la investigación ganadera, concretamente en lo que se refiere a la producción.

## PROGRAMAS DE SELECCIÓN ACTUALES

Las empresas de selección porcina que dominan actualmente el mercado mundial de reproductores ofrecen a sus clientes un ganado reproductor con el que producir del modo más eficaz la carne de porcino que demande su mercado.

Un correcto programa de selección no optimiza la expresión de un carácter biológico en concreto, sino el sistema de producción en su conjunto. Es totalmente erróneo plantear la mejora de un solo carácter sin tener en cuenta las posibles relaciones que pueda guar-



Un correcto programa de selección optimiza el sistema de producción en su conjunto.

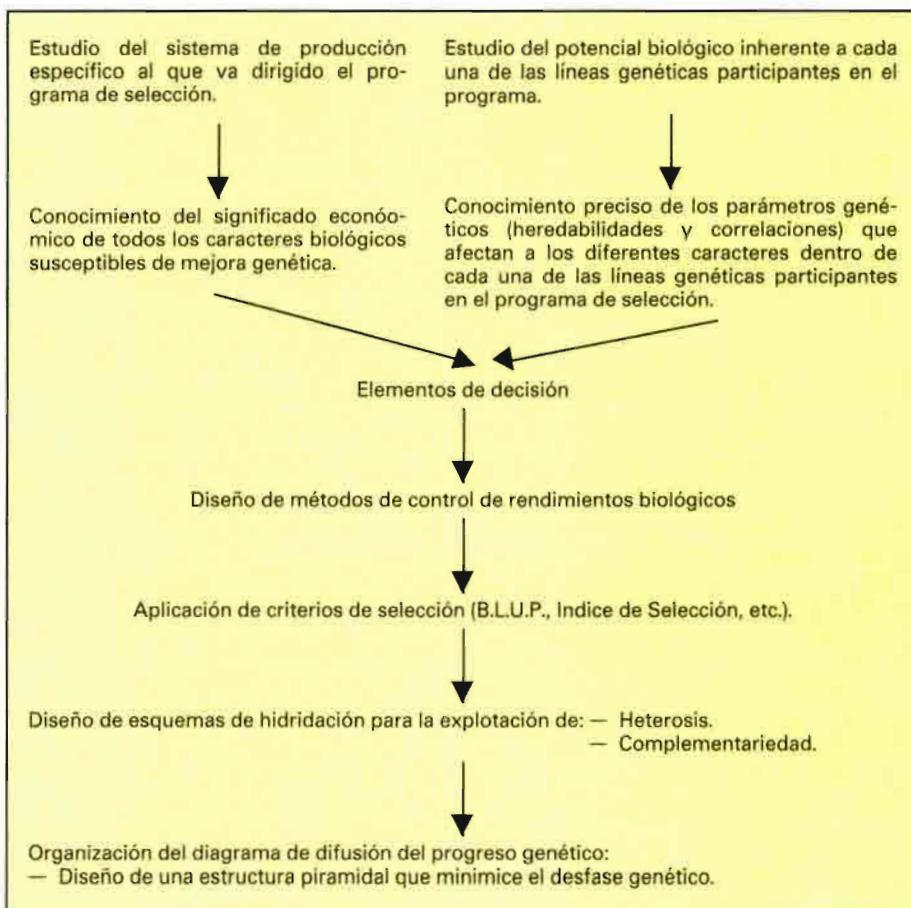


Fig. 1. Descripción general de un programa de mejora genética.

dar con otros caracteres biológicos que concurren en el animal y que tienen una trascendencia económica importante en el conjunto del sistema.

Por tanto, la dinámica a seguir en el desarrollo de un programa de selección comienza en una comprensión profunda del sistema de producción al que va dirigido, así como de un avanzado conocimiento sobre creación y distribución del progreso genético (fig. 1).

Una reflexión que no debemos eludir es la referente a las posibles extrapolaciones de programas de selección de un país a otro, en definitiva de un mercado a otro. Para analizar las posibles implicaciones que esta práctica, por cierto bastante habitual de las compañías multinacionales, es preciso distinguir entre líneas maternales y líneas paternales o finalizadoras.

En lo referente a líneas maternales, las variaciones en eficacia entre países

(cerdo chacinero graso), no tendrá sentido el utilizar indiscriminadamente finalizadores conformados o grasos procedentes de los más diversos programas de selección desarrollados en otros países.

Otro aspecto importante de los programas actuales de selección es la minimización del desfase genético, esto es, la mejora genética alcanzada debe ser transmitida en el menor espacio de tiempo posible a las granjas comerciales para justificar el esfuerzo realizado a nivel de las granjas núcleo. Las combinaciones de genes desarrolladas en las granjas núcleo deben multiplicarse a gran escala con el fin de proporcionar reproductores mejorados a los productores comerciales.

La pirámide de selección más eficiente es la que presenta sólo un nivel de multiplicación para hibridación, con un amplio vértice de núcleos genéticos

- Crecimiento de la progenie.
- Eficacia en la conversión del pienso.
- Rendimiento de la canal.
- Contenido en magro de la canal.

Otras consideraciones, como facilidad de manejo, longevidad y amortizaciones son importantes en la determinación precisa del coste por kilogramo de canal.

### EL PAPEL DE LA CALIDAD DE CARNE EN LOS PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA

Hemos querido hacer un apartado especial para comentar el creciente interés que va tomando el concepto «calidad de carne» en los programas de selección, y que responde directamente a la demanda formulada por el consumidor.

Una deficiencia en la calidad de carne determinada genéticamente es la conocida como carne P.S.E. (Pale, Soft and Exudative) en la que aparece la carne de un tono pálido, blanda al tacto y exudativa. El test del halotano (Eikeleboom and Minkema, 1974), hizo posible seleccionar contra la carne P.S.E., disminuyendo significativamente la frecuencia génica del gen halotano en las poblaciones seleccionadas. Actualmente, una vez descubierta la mutación que provoca el problema y diseñada la sonda genética capaz de identificarla (McLennan *et al.*, 1990), la selección contra portadores (heterozigotos) es posible y la frecuencia del gen podría reducirse prácticamente a cero. Sin embargo, incluso en poblaciones halotano-negativas, se detecta una gran variabilidad en las características que definen la calidad de carne (Cameron, 1990).

La explotación de la variación genética incluyendo la calidad de carne en el objetivo de selección de los programas de mejora del ganado porcino es una de las posibilidades más directas de mejorar la calidad de carne (Malforms *et al.*, 1980; Vestergaard, 1985).

La calidad de carne viene definida por una gran número de características que pueden dividirse en cuatro factores de calidad (Hofmann, 1987; Russo, 1988):

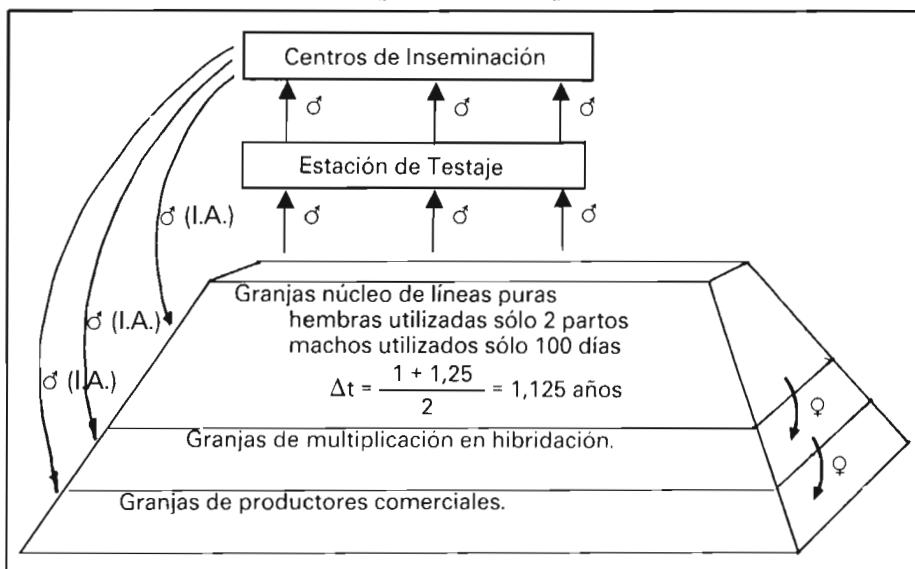


Fig. 2. Estructura óptima de difusión genética.

son sólo atribuibles a fenómenos de interacción genotipo-ambiente que traerán como consecuencia una expresión fenotípica de los caracteres reproductivos más o menos mermada.

Sin embargo, las líneas paternales sí guardan una estrecha relación con la adecuación del producto final al mercado, pudiendo ser en este caso que ocurran graves desfases entre lo producido y lo demandado. Si tomamos como ejemplo el mercado nacional, aún por definir, es probable que valga todo, pero en el momento en el que se demanden dos tipos diferenciados de producto: Producto A (cerdo conformado para carnicería) y producto B

en pureza. Esto implica un desfase mínimo de 2 años frente a los 3,5-4 años que se obtenían en estructuras más tradicionales. Otros dos elementos a explotar para minimizar el desfase genético son el uso masivo de la inseminación artificial y acortar al máximo los intervalos de generación en los diferentes niveles de la pirámide (fig. 2).

Como resumen podemos resaltar los grupos de caracteres que se seleccionan actualmente y que están basados en el concepto de optimizar la ecuación de beneficios que refleja el actual sistema de producción porcino:

- Prolificidad de las madres y viabilidad de la camada.

**Cuadro I**

**Indicación de los diferentes niveles de la cadena de producción de ganado porcino en los que se incurre en gastos (-) y niveles en que se generan beneficios (+) mediante la mejora de la calidad de carne por selección (cero si no existen costes ni beneficios)**

Niveles	Efectos	Costes/beneficios
Núcleo genético y multiplicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida de caracteres de calidad en vivo y en matadero.</li> <li>- Efectos correlacionados en el rebaño de selección y en los subproductos</li> </ul>	---
Producción de lechones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos correlacionados en caracteres reproductivos</li> </ul>	-/0
Recria y cebo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectos correlacionados en caracteres de producción</li> </ul>	--
Sacrificio y despiece	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de pago</li> <li>- Mejora de capacidad de retención de agua</li> <li>- Cambio en el contenido en magro de la canal</li> <li>- Medidas para clasificación y pago</li> </ul>	+
Industria de elaborados y detallista	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de la calidad de carne influyendo en la calidad tecnológica de la carne y capacidad de almacenamiento.</li> </ul>	++
Consumidor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de la calidad de carne de porcino</li> </ul>	+++

**I. Características organolépticas**

- Color.
- Pérdida por exudación.
- Veteado.
- Olor.
- Sabor.
- Textura.
- Jugosidad.
- Terneza.

- Actividad del agua.
- Potencial de reducción.
- Nitratos.
- Residuos de medicamentos.
- Residuos de agentes anabolizantes.
- Residuos de pesticidas.
- Residuos de metales pesados.

Debido a su importancia en la venta del producto, la calidad organoléptica está considerada como la parte más importante de la calidad de la carne y, por tanto, la más estudiada por los investigadores (Hofmann, 1987). Las características nutricionales y sanitarias así como algunos factores extrínsecos como el bienestar animal empiezan a cobrar cada día mayor importancia (Lister, 1990). Las características tecnológicas deben igualmente crecer en importancia, sobre todo en países con tradición en elaborados cárnicos.

Algunos de los caracteres citados anteriormente no pueden ser usados para seleccionar una mejor calidad de carne. Para mejorar la calidad de carne por selección, sólo pueden incluirse caracteres que sean heredables. La mejora de caracteres no heredables debe conseguirse mediante el control de la higiene en toda la cadena del porcino, desde el productor al consumidor, mejorando el proceso, o corrigiendo la concepción equivocada del consumidor y cambiando sus hábitos de consumo, adaptándose a la mentalidad de la demanda de los diferentes mercados (Sebranek, 1982; Russo, 1988).

Las características de mayor importancia en la selección de poblaciones para calidad de carne son fundamentalmente cinco:

- Color ( $h^2 = 0.30$ ).
- Contenido en grasa intramuscular ( $h^2 = 0.50$ ).
- Capacidad de retención de agua ( $h^2 = 0.20$ ).
- Terneza ( $h^2 = 0.30$ ).
- pH ( $h^2 = 0.20 - 0.30$ ).

En un reciente estudio realizado por Honevier (1993) se presentan las implicaciones consecuentes a incluir la calidad de carne en los programas de selección del ganado porcino (cuadro I).

Las conclusiones a las que llega este autor, tras simular diferentes situaciones que incluían mayor o menor número de características en los objetivos de selección, abren una nueva concepción de los programas de mejora que utilizan como medio la genética cuantitativa y que aún tendrán vigencia durante algunos años. Dependiendo de las medias de las características de calidad de carne en los productos finales, pueden aplicarse tres estrategias para mejorar la calidad de la carne:

- No cambiar el actual objetivo de selección ni el índice de selección aplicado y hacer uso de las respuestas correlacionadas de los caracteres de calidad de carne.
- Inclusión de los caracteres de calidad de carne sólo en el objetivo de selección.
- Inclusión de los caracteres de calidad de carne en el objetivo y en el índice de selección.

La inclusión de los caracteres de calidad de carne sólo en el objetivo, o en el objetivo y en el índice de selección dan como resultado una mejora

**II. Características tecnológicas**

- Contenido de agua.
- Capacidad de retención de agua.
- Contenido en tejido conectivo.
- pH.
- Capacidad de absorción de sal.
- Contenido en ácidos grasos insaturados.

**III. Características nutricionales**

- Contenido en proteínas.
- Valor calórico.
- Contenido en vitaminas.
- Contenido en minerales.
- Contenido en lípidos.
- Contenido en ácidos grasos saturados.
- Contenido en colesterol.
- Utilización.
- Digestibilidad.
- Valor biológico.

**IV. Características higiénicas**

- Carga bacteriana.
- Gérmenes patógenos.
- Valor de pH.

# Sólo se elimina la fasciola si se atacan sus tres fases.



## Fasinex®

(Triclabendazol)

### El único que elimina todas las fases de fasciola

Solamente combatiendo las tres fases de la fasciola se consigue su total eliminación.

Atacando sólo las adultas, no se impide que las inmaduras tempranas y las inmaduras, prosigan su evolución hasta convertirse también en adultas.

Este problema se resuelve de forma radical con FASINEX.

FASINEX elimina todas las fases de este parásito.

ciba

Para más información:  
CIBA-GEIGY, S.A. Sanidad Animal. Apt. 1628  
Tel. (93) 404 06 61 - 08080 BARCELONA

bastante baja de los caracteres productivos, mejora de los caracteres de calidad de carne y un incremento del beneficio final. Sin embargo, la conclusión más importante es que la inclusión de la calidad de carne en el objetivo de selección debe realizarse sólo si, *a priori*, se han realizado acuerdos entre los diferentes niveles de la cadena de producción sobre la distribución del beneficio que se genera al mejorar la calidad de la carne entre los diferentes niveles.

### EL FUTURO SE LLAMA BIOTECNOLOGÍA

Existe la convicción generalizada de que la btecnología revolucionará la medicina y la agricultura en el año 2000. Los científicos sueñan con la gloria y los inversores en los suculentos beneficios que generarán los nuevos medicamentos y pruebas de diagnóstico basados en la biología molecular.

El ganado porcino no escapa a estas aplicaciones, apareciendo unas perspectivas numerosas y variadas. Por ejemplo, desarrollo de medicamentos más específicos e inocuos para el tratamiento de enfermedades, mejora de los métodos diagnósticos, incremento de los rendimientos productivos, manejo de desechos mediante ingeniería microbiana, nuevas técnicas de mejora genética y eficacia reproductiva, incluso «granjas moleculares», es decir, la posibilidad de crear animales mediante ingeniería genética para producir compuestos proteicos utilizables en medicina humana, como el caso de cerdos transgénicos capaces de sintetizar hemoglobina humana (Knight, 1991). Otras aplicaciones a la medicina humana podrían incluir el desarrollo, mediante transgénesis porcina, de «modelos porcinos» para investigar enfermedades humanas e incluso cerdos transgénicos capaces de donar órganos que podrían no presentar rechazos «hipergudos» al trasplantar tejidos en pacientes humanos (Anónimo, 1990).

En definitiva, no nos sepáramos del concepto desarrollado al principio, la demanda actual es mucha y variada, y la genética servirá de vehículo para satisfacer estas necesidades.

Sin embargo, y para no salirnos del

ámbito ganadero que nos interesa, analizaremos a continuación las aplicaciones de la biotecnología a la mejora genética del ganado porcino (cuadro II).

Las posibles consecuencias que tendrán las biotecnologías realizadas o potenciales citadas en el cuadro II en los diferentes programas de selección han sido temas de gran debate en los últimos años (Ollivier, 1988; Robertson, 1986; Rothschild, 1990; Ruthledge y Seidel, 1983; Smith, 1988).

Aunque los avances en la mejora del ganado porcino estén profundamente arraigados en los principios de la genética cuantitativa, no debemos olvidar las contribuciones de otras ciencias como la estadística, informática, economía, fisiología, bioquímica y, más recientemente, de la electrónica, citogenética, embriología y genética molecular. Se han desarrollado técnicas para manipular cigotos, clonar genes, para conseguir nuevas combinaciones genéticas, para crear cerdos transgénicos, para sexar genes y clonar embriones y manipular genéticamente individuos en desarrollo.

Podemos concluir en que la ingeniería genética está madurando desde una ciencia experimental a una ciencia aplicada e indudablemente jugará cada vez más un importante papel en la cría y salud del ganado porcino. Los seleccionadores de ganado porcino, que actualmente utilizan sofisticados métodos estadísticos para tomar decisiones en la selección basada en datos fenotípicos, incrementarán el uso de la genética molecular para conseguir una más precisa identificación de genotipos.

Los métodos basados en la biotecnología no deben ser, sin embargo, tomados como alternativas a la selección basada en rendimientos fenotípicos, ya que las desviaciones derivadas del medio ambiente son una barrera infranqueable actualmente.

Por tanto, la cuestión está en dónde y cuántas de estas nuevas técnicas serán aplicadas en los programas de mejora del ganado porcino.

Muñoz (1992) ofrecía las siguientes predicciones:

- La sonda para el gen RYR (halotano) se utilizará inmediatamente para el control de la frecuencia del gen mutante en las diferentes líneas de porcino.



# ISAGRI

Informática y Servicios para la Agricultura  
LIDER EUROPEO EN SOFTWARE AGRARIO

ESPECIALISTAS EN PROGRAMAS  
INFORMATICOS PARA EL CAMPO,  
APORTAMOS SOLUCIONES DE  
GESTION TECNICA Y ECONOMICA

**ISAGRUP:**  
Premio FIMA '92

Análisis de agricultores en grupo.

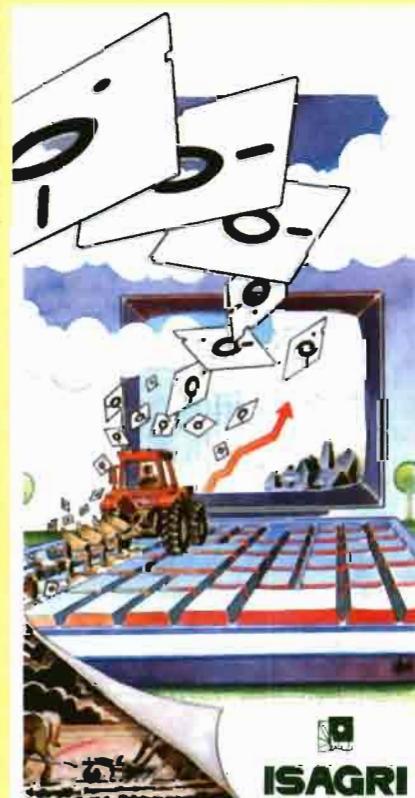
Banco de datos con análisis  
multicriterio de resultados (ensayos).

**ISALACT**

Gestión técnico-económica de  
explotaciones de vacuno lechero.

**ISACONTA:**

Contabilidad general y analítica.



**ISAGRI**

Deseo recibir información sobre sus soluciones para:

- |                                       |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> SAT-COOP     | <input type="checkbox"/> Ganadería     | <input type="checkbox"/> Asesor técnico |
| <input type="checkbox"/> Prescriptor  | <input type="checkbox"/> Investigación | <input type="checkbox"/> Forrajes       |
| <input type="checkbox"/> Fruticultura | <input type="checkbox"/> Hortalizas    | <input type="checkbox"/> Otros          |

Nombre:.....

Apellidos:.....

Dirección:.....

Prov./Cod.:..... Tel: ( ) .....

**Remitir, llamar o enviar Fax a:**

ISAGRI - Informática y Servicios para la AGRICULTURA  
Avda. V. Blasco Ibáñez, 194 - 46022 VALENCIA  
Tel: (96) 356 08 65 Fax: (96) 356 08 64

2. Un mapa genético de 20 cM (centimorgan) de discriminación del genoma porcino estará disponible en 1996 y los seleccionadores practicarán MAS (selección asistida por marcadores) antes del año 2000.
3. La utilización de implantes de pST (somatotropina porcina recombinante) en la producción de cerdos comerciales será una realidad hacia el año 2000.
4. El control de la expresión genética y la producción de cerdos transgénicos más productivos y sanos será posible pronto, con algunas líneas transgénicas disponibles al final de esta década.
5. La utilización de la inseminación artificial de manera directa desde seleccionadores a productores irá en aumento.
6. La transferencia de embriones no tendrá futuro hasta que no se consigan tecnologías de transferencia no cruentas y de congelación de embriones, y ésto no se estima antes del año 2000.

La implicaciones de todo esto no se

han hecho esperar, ya existen algunas empresas de selección que han establecido alianzas estratégicas con empresas de biotecnología. De este modo, contratan directamente la investigación y/u obtienen patentes de utilización exclusiva de los descubrimientos que realicen los laboratorios públicos o privados pertenecientes a las universidades o a las empresas de biotecnología respectivamente. Y, por último, asociada a la utilización de estas técnicas innovadoras por parte de los productores vendrá una demanda creciente de técnicos equipados con sofisticados medios para ayudar a proteger el capital invertido en producción y, en colaboración con las empresas de selección, conseguir alcanzar el nivel de manejo necesario para optimizar el potencial genético del rebaño mejorado.

## BIBLIOGRAFIA

ANÓNIMO. 1990. Organ transplants: Transgenics but kosher. *The Economist*. Dec 15:83. 1990.  
CAMERON, N. D. 1990. Genetic and phenotypic parameters for carcass traits, meat and eating

quality traits in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 26; 119-135.

EIKELENBOON, G. and D. MINKEMA, 1974. Prediction of pale, soft, exudative muscle with a non-lethal test for the halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome. *Tijdschrift Diergeneeskunde*, 99; 421-426.

GELDERMAN, H. 1990. Application of genome analysis in animal breeding. p. 291. In: Gelderman, H. and Ellendorff, F. (Eds.). *Genome analysis in Domestic Animals*. Weinheim, Germany 1990.

HOFMANN, K. 1987. Der Begriff Fleischqualität; Definition und Anwendung. *Fleischwirtschaft* 67; 44-49.

HONEVIER, R. 1993. Breeding for meat quality in pigs. Doctoral Thesis, Wageningen. The Netherlands.

KNIGHT, P. 1991. Transgenic pigs produce human hemoglobin. *J. Amer. Soc. Microb.* 57(10): 505.

LISTER, D. 1990. Meeting the market and consumer requirements for pig meat. 41st Ann. Meet. E.A.A.P., July 9-12, 1990, Toulouse, France.

MALFORMS, B., J. A. ERIKSSON and K. LUNDBERG. 1980. Effects of including meat quality in a selection index for pigs. *Acta Agric. Scand.* 30; 405-417.

MCLENNAN, D.H., C. DUFF, F. ZORZATO, J. FUJII, M. PHILIPS, R. G. KORNELUK, W. FRODIS, B. A. BRITT, R. G. WORTON. 1990. Ryanodine receptor gene is a candidate for predisposition to malignant hyperthermia. *Nature*, 343; 559-561.

OLLIVIER, L. 1988. Future breeding programmes in pigs. p. 90. In: Korver, S. et al. (Eds.). *Advances in Animal Breeding*. Proc. World Symp. Honor R. D. Politiek. Pudoc Wageningen, The Netherlands.

ROBERTSON, A. 1986. Molecular biology and animal improvement. Proc. 3rd World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. XII:32.

ROTHSCHILD, M. F. 1990. The role of biology in future pig breeding programmes. Proc. 4th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. XV: 415.

RUSSO, V. 1988. Carcass and pork quality: industrial and consumer requirements. In: Proc. of the Meet. «Pig carcass and Meat Quality», June 2-3, 1988, Reggio Emilia, Italy; 3-22.

RUTHLEDGE, J. J., G. E. SEIDEL. 1983. Genetic engineering and animal production. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 2): 265.

SEBRANEK, J. G. 1982. Pork quality: a research review. *World Review of Animal Production* 18; 7-28.

SMITH, C. 1988. Integration of transgenes in breeding programmes. p 17. In: *Animal Breeding Opportunities*. Occas. Publ. Br. Soc. Anim. Prod., N.º 12 BSAP, Edinburgh, U.K.

VESTERGAARD, T. 1985. Inclusion of meat quality in the aggregate genotype to prevent deterioration of meat quality in the Danish pig breeding programme. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Eds. P.V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin), Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands; 291-295.

## Cuadro II

### Aplicaciones de la biotecnología en la cría y salud del ganado porcino\*

Competencia de las técnicas	E j e m p l o s
Reproducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Inseminación artificial.</li> <li>— Superovulación.</li> <li>— Transferencia de embriones.</li> <li>— Fertilización <i>in vitro</i>.</li> </ul>
Citogenética	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Diagnóstico de cromosomas.</li> <li>— Mapeo de cromosomas.</li> <li>— Diagnóstico de sexo (sexaje).</li> <li>— Inducción de quimeras.</li> <li>— Combinación y transferencia de genomas, cromosomas o segmentos cromosómicos.</li> <li>— Análisis de productos genéticos y sus variantes.</li> </ul>
Genética bioquímica	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mapeo genético.</li> <li>— Control de identidad.</li> <li>— Parentesco, gemelos, etc.</li> <li>— Análisis de la estructura genética y su función.</li> <li>— Identificación de variantes genéticas.</li> </ul>
Genética molecular	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mapeo genético.</li> <li>— Conservación de genes.</li> <li>— Modificación de genes.</li> <li>— Transferencia de genes en microorganismos, células somáticas o células germinales.</li> </ul>

\* Adaptado de Gelderman (1990).