

Mejora de la eficiencia productiva en ganado vacuno

Javier Cañón. Susana Dunner
Dpto. Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Madrid

En el trabajo anterior sobre eficiencia productiva del vacuno de carne (Cañón, 1991) se comentaron aspectos generales sobre eficiencia productiva, condiciones de máximo beneficio en el contexto de la mejora genética, cálculo de la importancia económica relativa de los caracteres que se incluyen como objetivo de selección, etc. El tratamiento que se hizo es también aplicable a esta segunda parte que tratará sobre la eficiencia productiva del vacuno lechero.

Aunque el objetivo productivo en esta especie puede parecer sencillo a la vista de la generalizada práctica de aumentar la producción de leche como casi única meta, no lo es tanto si recordamos lo que aparecía en el número 9 MG. Un aumento de la cantidad de leche producida como consecuencia de la aplicación de un programa de mejora genética puede, bajo ciertas condiciones de mercado o circunstancias ambientales, provocar incrementos negativos de los ingresos netos.

La eficiencia productiva del vacuno lechero depende de un elevado número de caracteres relacionados, unos con inputs y con outputs otros (cuadro I). Existen correlaciones entre estos caracteres de forma que la modificación de la media de algún carácter induce modificaciones en todos los caracteres que, de una forma positiva o negativa, estén correlacionados con aquél.

En los objetivos de selección de casi todos los países se incluyen caracteres de algunos o todos los grupos siguientes:

1. Grupo de caracteres relacionados con la producción de leche y su composición: cantidad de leche, proteína, grasa.
2. Grupo de caracteres relacionados con la producción de carne: velocidad de crecimiento hasta una edad fija, peso a una edad fija, conformación carnífera, características de la canal, etc.



La mejora genética para eficiencia productiva supone lograr un progreso genético favorable para una función de varias variables.

3. Grupo de caracteres relacionados con la resistencia o susceptibilidad a procesos patológicos: mamitis, timpanismo, desplazamiento de abomaso, cetonemia, dificultad al parto, etc.
4. Grupo de caracteres de conformación o de tipo: carácter lechero, estatura, profundidad corporal, disposición de extremidades, caracteres de la ubre (inserción, anchura, profundidad, posición de pezones, ligamento suspensor, etc.).
5. Grupo de caracteres relacionados con la reproducción: porcentaje de no retorno, número de insemina-

ciones por gestación, número de días vacía, intervalo entre partos, etc.

6. Otros caracteres secundarios: velocidad de ordeño, supervivencia hasta una edad determinada (longevidad), etc.

MEDIDA DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA

La medida de la eficiencia productiva se basa en dos tareas fundamentales: a) la identificación de las variables que contribuyen económicamente al proceso productivo, suponiendo que

Cuadro I Relación de inputs y outputs más importantes	
Inputs	Outputs
<ul style="list-style-type: none"> — Alimentación. — Mano de obra. — Edificios. — Gastos veterinarios. — Gastos de reproducción. 	<ul style="list-style-type: none"> — Cantidad de leche. — Grasa. — Proteína. — Carne. — Estiércol.

estamos interesados en transformar a términos económicos la función de producción en la que basaríamos la eficiencia productiva y, b) la forma en que esas variables combinan.

Teóricamente se deben considerar todos los inputs y outputs, y ser medidos, bien durante toda la vida productiva de cada animal, o bien durante un ciclo productivo completo.

Frecuentemente la eficiencia productiva ha sido medida mediante índices sencillos que combinan linealmente predicciones de caracteres ponderados por su importancia económica relativa, considerada ésta como el precio de venta, como es el caso de los índices USDA llamados Priced Difference Dollars (PD\$) y Cow Index Dollars (CI\$). En otras ocasiones estos pesos económicos son completamente arbitrarios y reflejarían las prioridades que se marcan por el organismo relacionado con los programas de mejora, este es el caso, por ejemplo, del índice llamado Total Performance Index (TPI) que establece la Holstein Association de EEUU y que combina, por ejemplo, caracteres productivos: leche y porcentaje de grasa, y caracteres de conformación: puntuación por tipo, a los que se asigna unos pesos respectivamente de 3:1:1 (datos de 1985).

La media de la eficiencia productiva sobre una base individual es compleja y costosa, por estas razones los objetivos de una gran mayoría de los programas de mejora genética han sido «cantidades» en lugar de «eficiencias».

Selección para eficiencia

El establecimiento de una función económica que refleje la totalidad de la actividad económica del vacuno lechero, y su utilidad desde el punto de vista de aplicación en programas de mejora han sido objeto frecuente de estudio.

La mejora genética para eficiencia productiva supone lograr un progreso genético favorable para una función (eficiencia productiva) de varias variables. La forma más generalizada de realizar esta selección consiste en calcular para cada candidato a la selección un índice que incluya medidas realizadas en el propio animal y/o en sus parientes. Estas fuentes de información están adecuadamente ponderadas por unos coeficientes que tienen en cuenta las relaciones que existen entre esos caracteres, las relaciones genéticas entre esas medidas y los caracteres económicamente importantes que se incluyeron en la función que definía la eficiencia productiva y, la importancia económica relativa de estos caracteres incluidos en la eficiencia. Actualmente, con los procedimientos de predicción del mérito genético que se utilizan, métodos genericamente denominados BLUP, se puede predecir el mérito genético para cada uno de los caracteres que se incluyen en la función objetivo, siempre que se registre como tal carácter, de forma que se tiene en cuenta las correlaciones que existen entre ellos. Una vez conocidas estas predicciones se multiplicaría cada mérito genético por la importancia económica relativa.

La importancia económica relativa de cada carácter incluido en el objetivo de selección se calcula siguiendo el procedimiento comentado en el número 9 de MG (Cañón, 1991), de forma que resulte independientemente de la perspectiva (nacional, regional, empresarial) y de la base de evaluación que se utilice (unidad de producto, animal, explotación).

Una alternativa de selección para eficiencia podría consistir en el cálculo para cada vaca de la eficiencia productiva y utilizar esta medida como la variable a seleccionar, como criterio de selección. Lin y Allaire (1977) con el fin de lograr un aumento del beneficio hasta los 72 meses de edad encontraron más eficiente utilizar como criterio de selección el beneficio que produce la vaca hasta la edad de 41 meses en lugar de un índice de selección que incluía 5 caracteres de producción medidos al finalizar la primera lactación. Estos mismos autores probaron también un sistema de selección que resultó menos eficiente y que denominaban índice de regresión. Este índice de regresión, a diferencia de los índices de selección donde se incluyen las relaciones genéticas entre los caracteres que se incluyen en el índice y los que se incluyen en el objetivo, en este caso son las relaciones fenotípicas las que se consideran.

Wilton y Van Veck (1968) propusieron un índice de selección cuadrático para reflejar más adecuadamente el precio de la leche ajustado al porcentaje de grasa. Este índice, para algunos autores, no parecía tener justifica-

Cuadro II

Ingresos netos en ECUs por 1.000 kg de leche ajustada a un 4% de grasa en función de diferentes genotipos productivos

Concepto	Tipo de vaca			
	Aptitud mixta		Aptitud leche	
Producción de leche vaca/año	6.500	7.500	8.500	9.500
Caracteres cárnicos	++++	+++	++	+ a b
Ingresos por 1.000 kg leche	33	29	24	17 36
Supuestos:				
— SFU*/vaca y año	5.166	5.799	6.467	7.167
— Eficiencia alimentaria (%)	90	87	84	81 84
— N.º terneros vendidos/vaca, año	1,16	1,13	1,10	1,09 1,16
— Calidad de canal (relativo)	100	93	86	80 90
— Valor terneros (ECUs/1.000 kg leche)	45	32	23	16 30
— Sanidad (n.º tratamiento/vaca, año)	0,85	0,93	1,01	1,10 0,85

* Unidad escandinava de medida alimentaria.



La media de la eficiencia productiva sobre una base individual es compleja y costosa.

ción en este caso en el que ambos caracteres, leche y grasa, pueden presentarse separadamente y, sin embargo, el coste de cálculo de estos índices puede ser superior.

En el cuadro II se presentan los ingresos netos por kg de leche para diferentes potenciales o aptitudes genéticas, que oscilan entre animales muy especializados en la producción de leche y los de aptitud mixta, en las condiciones de mercado y precios de Dinamarca (Ostergaard *et al.*, 1990).

Es importante señalar que el genotipo correspondiente a la aptitud mixta supera en ingresos netos al genotipo de aptitud leche (columna a), 33 vs. 17, como consecuencia de la disminución en los valores relacionados con la eficiencia alimentaria, calidad de canal y eficiencia reproductiva y sanidad. Sin embargo, si estos caracteres aumentan sus valores hasta los niveles del genotipo mixto (columna b) los ingresos totales del genotipo lechero superan ligeramente a los del genotipo mixto, 36 vs 33.

CARACTERES EN EL OBJETIVO DE SELECCION

Trataremos a continuación de comentar los caracteres más importantes que se suelen considerar en los objetivos de selección en los diversos países desarrollados. Intentaremos hacer esta revisión siguiendo, siempre que se pueda, la clasificación por grupos de los caracteres que se hizo en la introducción. Se comentarán las variables

más importantes, los parámetros genéticos de interés y los caracteres que se suelen utilizar como medida de estas variables en los criterios de selección.

Leche y sus componentes

En los países de nuestro entorno la casi totalidad de la leche es procesada antes de que llegue al consumidor. Casi todas las transformaciones tienen como objetivo el consumo humano: leche, mantequilla, queso, nata, yogur, etc. El valor, por lo tanto, de la leche para la industria será cada vez más dependiente de sus componentes y los sistemas de pagos o precios deberán, cada vez más, tender a pagar aquellos en lugar del volumen que representaría un coste añadido.

En estos momentos, en nuestro país, el pago de la leche es por volumen y se añade una cantidad por diferencial sobre 3,5 de porcentaje de grasa.

Los caracteres de composición de la leche, fundamentalmente grasa, proteína y lactosa pueden ser contemplados como cantidades producidas, por ejem-

plo, kg de grasa, proteína, etc., o bien como porcentaje sobre el volumen constante, por ejemplo, % de grasa, proteína, etc.

Los principales parámetros genéticos, heredabilidades y correlaciones genéticas, tanto de la cantidad de leche como de sus componentes, se presentan en el cuadro III.

Todos los caracteres presentan heredabilidades entre moderadas y elevadas, siendo las correlaciones genéticas entre los caracteres

expresados en cantidad elevadas, mientras que, en general, las correlaciones entre estos caracteres y los expresados en porcentaje son negativas o próximas a cero. Estos valores indicarían que la modificación de los componentes de la leche mediante selección es una tarea factible y relativamente rápida.

La inclusión de leche y cantidad ó % de grasa en los índices de selección ha sido una práctica constante en casi todos los países de nuestro entorno. El problema difícil de decidir es la combinación óptima, lo cual implica tanto los caracteres a incluir, como el peso que se debe dar a cada uno de ellos. Por ejemplo, si en España no se paga el contenido proteico, éste no debería tener ningún valor en un hipotético objetivo de selección. Los diversos países desarrollados tienen diferentes sistemas de pago lo que repercute sobre el peso de los caracteres en el objetivo. Es necesario, en definitiva, ser conscientes de que la estructura de los costes influye decididamente sobre las funciones objetivo. En el cuadro IV se presentan los diferenciales de precios que serían necesarios para justificar el

Cuadro III							
Parámetros genéticos de la leche y sus componentes							
	L	G	P	La	g	p	l
Leche (L)	<u>0,27</u>	0,82	0,87	0,96	-0,27	-0,18	0,01
Grasa (G)		<u>0,24</u>	0,86	0,67	0,26	-0,11	0,20
Proteína (P)			<u>0,27</u>	0,81	0,04	0,22	0,00
Lactosa (La)				<u>0,25</u>	-0,36	-0,29	0,29
% Grasa (g)					<u>0,47</u>	0,55	0,22
% Proteína (p)						<u>0,48</u>	0,02
% Lactosa (l)							<u>0,28</u>

En la diagonal, subrayado, se presenta la heredabilidad.

incremento de una unidad porcentual en grasa o proteína de forma que se compense el precio base de la leche (3,5% de grasa y 3,2% de proteína) utilizando la unidad de energía alimentaria como base (ver apéndice de Allaire y Thraen, 1985, para las fórmulas de cálculo).

De acuerdo con el cuadro IV, el diferencial mínimo para la grasa es de 0,139 veces el precio base de la leche y de 0,075 veces para la proteína. No parece justificado que se realice gran presión de selección sobre dichos componentes si los mínimos que se presentan en el cuadro IV no son pagados por la industria.

Los índices de selección que influyen sobre los componentes de la leche, bien en cantidad o en porcentaje, parecen tener elevadas correlaciones (cuadro III), es decir, llevarían a resultados similares.

Más importante parece la tarea de calcular el valor económico relativo que cada componente debiera tener en la función objetivo. En general, los índices que se han utilizado han sido obtenidos con pesos económicos criticables por diversas razones: 1) no se han tenido en cuenta la mayoría de los costes; 2) en muchas ocasiones se calcularon basándose en los sistemas de pago en vigor sin tener en cuenta la estabili-

dad a largo plazo; 3) en lugar de utilizar costes e ingresos marginales se utilizaron valores medios; 4) en ningún momento se contemplaron técnicas de ajuste para la escala con el fin de corregir el efecto de que parte de los incrementos en output, por ejemplo, pueden lograrse mediante un cambio de escala de la empresa sin necesidad de mejorar la eficiencia productiva.

Siguiendo la metodología propuesta por Smith, James y Brascamp (1987) y comentada brevemente en el n.º 9 de MG (Cañón, 1991), Gibson (1990) calculó los pesos económicos de los diferentes componentes de la leche para las condiciones de Canadá y diversos sistemas de pago (cuadro V).

Cuando la cantidad de output es fija, los pesos económicos de los componentes no se ve afectada pero sí se reduce la importancia del líquido (segunda y sexta línea del cuadro V versus tercera y séptima). Ajustando a unos ingresos fijos, los pesos económicos reflejan sólo el incremento en eficiencia económica (segunda y sexta línea versus cuarta y octava).

En el cuadro VI se incluyen los pesos económicos expresados en libras por unidad de desviación típica para los mismos componentes en las condi-

Cuadro IV		
Diferenciales de precios necesarios para compensar el precio base de la leche y el incremento en los % de grasa o proteína. Estos diferenciales son independientes del coste de la energía		
Precio base de la leche	Diferencial	
	Grasa	Proteína
35	4,86	2,64
37	5,14	2,68
39	5,42	2,83
41	5,70	2,97
43	5,98	3,12
45	6,26	3,26

Cuadro V				
Pesos económicos (\$) por unidad de desviación típica fenotípica) para volumen, grasa, proteína y lactosa (1)				
Método de cálculo (2)	Volumen (3)	Grasa	Proteína	Lactosa
PM	161	260	3,7	5,8
(PM - A - M)	130	217	-14,9	-15,2
(PM - A - M) OF	35	213	-18,4	-20,7
(PM - A - M) IF	88	151	-15,9	-16,7
VMM	0	224	180,0	10,9
(VMM - A - M - P)	-45	168	154,4	-15,7
(VMM - A - M - P) OF	-96	165	153,0	-18,6
(VMM - A - M - P) IF	-45	136	129,0	-17,2

(1) Las desviaciones típicas fenotípicas para el volumen, grasa, proteína y lactosa, respectivamente fueron: 939; 40,2; 34,2 y 54,0 kg.

(2) PM: precios; A, M y P indican que los costes de alimentación, manejo y procesado respectivamente han sido tenidos en cuenta; OF y IF indican que los outputs o los ingresos han sido considerados fijos; VMM: valor medio.

(3) Incluye agua y minerales.

Cuadro VI				
Pesos económicos (libras por desviación típica fenotípica) para volumen, grasa, proteína y lactosa (1)				
	Volumen	Grasa	Proteína	Lactosa
Sin cuotas	-5,5	38,6	37,4	2,4
Cuota sobre volumen	-29,4	38,6	37,4	2,4
Cuota sobre exceso grasa	-12,3	21,9	37,4	2,4
Cuota sobre cantidad grasa	-5,5	15,2	37,4	2,4

(1) Las desviaciones típicas fenotípicas para el volumen, grasa, proteína y lactosa, respectivamente fueron: 736; 28,6; 22,0 y 33,6.

ciones del Reino Unido a precios del año 1986 e incluyendo sistemas de cuotas a la producción (Gibson, 1989).

Caracteres relacionados con la salud

La presión de selección que sobre ciertos caracteres productivos se ha realizado en el vacuno lechero podría llevar a un aumento considerable de algunos procesos patológicos. Por ejemplo, se puede pensar que animales grandes productores de leche son más susceptibles de padecer problemas de mastitis, o problemas de la esfera reproductiva.

Los costes que pueden ser originados por algunos procesos patológicos deben ser considerados en el objetivo económico y algunos como el coste por mastitis son predictores significativos de caracteres relacionados con la vida productiva del animal.

Desde hace aproximadamente 15 años se han comenzado a realizar experiencias de campo para registrar procesos patológicos con el objetivo de disminuir su incidencia utilizando procedimientos de selección genética. En Suecia la primera experiencia se llevó a cabo en 1971, y a partir de 1983 este control se extiende al 25% de la población de vacuno lechero.

Los procesos patológicos que tienen mayor incidencia se pueden agrupar en 5 categorías: reproductivos, mamarios, digestivos, locomotores, respiratorios.

Son caracteres con heredabilidades bajas (0,05 para los reproductivos, 0,25 para los relacionados con el sistema digestivo) pero con variabilidad genética suficiente para ser utilizada por selección.

En los cuadros VII y VIII se presentan las correlaciones genéticas entre

los caracteres patológicos y los caracteres productivos.

Curiosamente se observa, tanto en el cuadro VII como en el VIII, que a medida que aumenta la producción de leche y grasa disminuyen los problemas de la esfera reproductiva, con la excepción del número de inseminaciones que aumenta con el incremento de la producción de leche y grasa. El resto de los caracteres y, cuando se consideran todos juntos, tienen una correlación moderadamente positiva con los

caracteres de producción, aunque en algún caso existe una diferencia de comportamiento si se trata de leche o grasa. Esta correlación positiva indica que un incremento de la producción de leche por selección acarreará un aumento correlacionado de la incidencia de esos procesos patológicos.

En el cuadro IX los parámetros genéticos para estos caracteres patológicos.

Uno de los procesos patológicos de mayor trascendencia es la incidencia

Cuadro VII
Correlaciones genéticas entre los caracteres patológicos más importantes y la cantidad de leche y grasa producida por animal adulto (Lyons, Freeman y Kuck, 1991)

Carácter	Producción leche	Producción grasa
Aborto	-0,33	-0,40
Ovarios quísticos	-0,01	0,24
Retención placenta	-0,43	-0,57
Infeción uterina	-0,17	-0,21
Mamitis	0,18	0,00
Trauma mamario	0,30	0,04
Fiebre vitularia	0,33	-0,01
Cetosis	0,26	-0,14
Desplazamiento abomaso	-0,15	-0,28
Problemas extremidades	0,32	0,21
Problemas pezuñas	0,31	0,27
Neumonía	-0,21	-0,08
Número inseminaciones	0,16	0,38

Cuadro VIII
Correlaciones entre categorías de caracteres patológicos y los caracteres productivos leche y grasa (Lyons, Freeman y Kuck, 1991)

Categoría	Producción leche	Producción grasa
Reproductivos	-0,27	0,25
Mamarios	0,18	-0,06
Digestivos	0,44	-0,06
Locomotores	0,48	0,45
Respiratorios	0,02	-0,39
Media ponderada	0,31	-0,06

Cuadro IX
Parámetros genéticos: correlaciones genéticas (por encima de la diagonal), fenotípicas (por debajo de la diagonal) y heredabilidades (en la diagonal) para las diferentes categorías de caracteres patológicos (Lyons, Freeman, Kuck, 1991)

	Reproductivos	Mamarios	Digestivos	Locomotores	Respiratorios
Reproductivos	0,02	-0,11	0,38	0,02	-0,23
Mamarios	-0,03	0,17	0,52	0,84	0,34
Digestivos	0,04	0,05	0,17	0,87	0,76
Locomotores	0,01	0,09	0,12	0,08	0,74
Respiratorios	0,03	-0,01	0,08	0,01	0,01

de mamitis, y por ello se ha tratado de disminuir mediante selección. Varios son los problemas que presenta este carácter. En primer lugar su baja heredabilidad <0,20 y la dificultad para encontrar una forma factible, desde el punto de vista económico, que permita su registro en todas las vacas sometidas a control lechero y que, al mismo tiempo, sea una medida suficientemente precisa, de forma que refleje exactamente el proceso patológico.

Se han propuesto medidas directas, como pueden ser la inflamación de la ubre o el estado bacteriológico de la glándula. Esta última medida, que puede ser considerada como la más eficaz desde el punto de vista de precisión, no cumple el primer requisito para ser utilizado como prueba de campo, de empleo masivo.

Otra medida directa es la presencia del síntoma clínico, por ejemplo, el n.º de tratamientos realizados por lactación. Este carácter, n.º de tratamientos por lactación, se registra en Noruega desde hace 15 años.

Las heredabilidades para las pruebas bacteriológicas o para el n.º de tratamientos es aproximadamente de 0,12.

Es, sin embargo, una medida indirecta, el n.º de células somáticas en la leche, la más utilizada en todos los

programas de control lechero. Esta variable detectaría la presentación de mamitis ya que se ha comprobado que, tanto las mamitis clínicas como subclínicas provocan, dentro de las 24 horas desde su aparición, un significativo aumento del número de células somáticas. No obstante, la interpretación del papel que juega esta variable en la lucha contra la mamitis no es sencilla. Por ejemplo, se sabe que vacas con un número más elevado de células somáticas presentan ventajas para resistir a la mamitis. También se han observado correlaciones genéticas positivas entre el número de células y la producción de leche (cuadro X). Todos estos datos hace que se deba diferenciar entre los animales que tienen valores superiores a la media por causas inherentes de las que lo tienen como consecuencia de procesos patológicos mamarios.

La facilidad y bajo coste de la medida de esta variable, junto con una heredabilidad doble que la de los caracteres anteriormente citados ha hecho que, durante casi 25 años, sea el carácter más utilizado para tratar de reducir la incidencia de mamitis por selección.

Parece clara la negativa relación que existe para las vacas de primer parto entre su nivel de producción y la susceptibilidad a la mamitis. Esta relación

negativa cambia en la segunda y tercera lactación, de forma que el nivel de producción y el NCS en leche parecen variables genéticamente independientes.

La heredabilidad del NCS tiende a ser más baja en la primera lactación (0,05-0,09), aumentando ligeramente con el número de lactación (0,10).

Las correlaciones genéticas entre el NCS y la incidencia de mamitis suele superar el 0,05, llegando en muchos estudios a valores de 0,8, lo que, junto con la evidencia de la variabilidad genética que se encuentra para este criterio indirecto de mamitis, puede permitir su utilización en el criterio de selección de reducir la incidencia de mamitis (cuadro XI).

Otro aspecto de interés que se puede señalar es que la correlación genética entre NCS de lactaciones contiguas oscila alrededor de 0,5, lo que indica que pueden ser consideradas como caracteres diferentes, de forma que una mejora del carácter en la primera lactación no tiene por qué ser muy eficaz para la mejora de dicho carácter en la segunda lactación.

En cuanto a la relación entre el NCS y caracteres morfológicos o de tipo, tan sólo las correlaciones genéticas entre profundidad e inserción de la ubre y disposición de los pezones manifiestan valores significativos con NCS.

Caracteres de conformación o de tipo

Resulta difícil de entender cómo estos caracteres pueden incluirse en el objetivo de selección cuando su contribución económica es difícil de interpretar. Es cierto que cuando una parte de la actividad económica de una ganadería está constituida por la venta de

Cuadro X			
Correlación entre el número de células somáticas (NCS) durante la lactación y caracteres productivos en función del número de lactación (Monardes y Hayes, 1985)			
	Número de lactación		
	Primera	Segunda	Tercera
Producción de leche	0,48	-0,07	0,07
Producción de grasa	0,37	-0,20	0,00
Producción de proteína	0,54	-0,01	0,19
% de grasa	-0,05	-0,17	0,00
% de proteína	0,07	0,15	0,17

Cuadro XI				
Incidencia de la mamitis en hijas (90.000) de toros probados mediante prueba de descendencia, después de utilizar la I.A. durante un año (Ostergaard et al., 1990)				
	Correlaciones genéticas mamitis-producción de leche			
	0,1	0,2	0,3	0,4
Aumento del número de mamitis al seleccionar sólo para leche	540	1.170	1.710	2.340
Efecto de la selección contra la mamitis	-850	-850	-850	-850
Efecto total de la selección	-1.390	-2.020	-2.560	-3.190

reproductores, y esta venta depende, en gran medida, de la morfología, estos caracteres tendrían una contribución económica en la función de beneficios. En el cuadro XII se puede comprobar este hecho, observando cómo la importancia económica relativa de los caracteres de tipo aumenta considerablemente desde un valor despreciable frente al carácter cantidad de leche (1 vs. 33,4) cuando no existe venta de reproductores hasta valores próximos a los que se dan a los caracteres productivos (1 vs. 1,4 o 1,2).

Ha sido frecuente la confusión entre el objetivo de selección y el criterio de selección. En el objetivo de selección deben aparecer los caracteres relacionados directamente con la función económica de beneficios y a los que, por lo tanto, puede asignarse una importancia económica relativa. Sin embargo, en el criterio de selección se incluyen medidas de carácter que pue-

dan tener relación con uno o varios caracteres que aparecen en el objetivo de selección.

En relación con estos argumentos, con frecuencia se ha justificado la medida de numerosos caracteres de conformación (que deberían incluirse en el criterio de selección) por tener capacidad de predicción para caracteres como la longevidad o tiempo de permanencia de una vaca en el rebaño, caracteres estos que tienen importancia económica y por lo tanto se debe considerar o incluir en el objetivo de selección. Esta relación, sin embargo, no parece muy evidente (cuadro XIII), y tan sólo algunos caracteres de la ubre (profundidad, desarrollo y posición de pezones) parecen que podrían ser utilizados como criterios para seleccionar, de forma que se limitara el porcentaje de eliminación involuntaria (involuntary culling o involuntary disposition).

Otra cuestión de interés a considerar para justificar la medida de caracteres de conformación o de tipo es su posible correlación con caracteres productivos. En el cuadro XIV se presentan algunas de las correlaciones más importantes. Puede observarse que las correlaciones fenotípicas son generalmente más bajas que las genéticas, más próximas a 0. En cuanto a las correlaciones genéticas, al margen de algún comportamiento poco consistente, sí parece clara la negativa correlación entre el carácter profundidad de la ubre y los caracteres productivos, leche y sus componentes. Sólo la variable carácter lechero presenta correlaciones positivas superiores a 0,3.

Como se ha señalado con cierta frecuencia, tal vez debiera reconsiderarse el aparentemente excesivo número de caracteres de conformación y tipo que se registran si se compara con el número de caracteres productivos, y todo

Cuadro XII

Importancia económica relativa del tipo frente a caracteres productivos en función del porcentaje de animales vendidos como reproductores (Cañón, 1987)

% animales vendidos como productores	Valores económicos			Valores relativos		
	Leche	% Grasa	Tipo	Leche	% Grasa	Tipo
0	46,8	25,8	1,4	33,4	18,4	1
5	50,6	29,9	5,8	8,7	5,2	1
10	54,4	34,0	10,2	5,3	3,3	1
100	122,5	108,2	89,1	1,4	1,2	1

Cuadro XIII

Correlaciones entre caracteres de tipo y de longevidad o supervivencia (Cañón, 1990)

Media longevidad	Carácter de tipo	Correlación		
		Fenotípica	Entre méritos genéticos de toros	Genética
Supervivencia-36*	Puntuación final		-0,01	-0,01
Supervivencia-48	Puntuación final		0,08	0,14
Supervivencia-60	Puntuación final		0,03	0,05
Supervivencia-72	Puntuación final		0,03	0,05
Supervivencia-48	Evaluación tipo	-0,04		-0,05
Supervivencia-72	Evaluación tipo	-0,06		-0,08
Supervivencia-36	Evaluación tipo		-0,11	
Supervivencia-48	Evaluación tipo		-0,14	
Supervivencia-60	Evaluación tipo		-0,15	
Supervivencia-72	Evaluación tipo		-0,11	
Supervivencia-84	Evaluación tipo		-0,09	
Supervivprod-17**	Puntuación final	0,30	0,23	-0,13
Supervivprod-30	Puntuación final	0,34	0,22	-0,12
Supervivprod-43	Puntuación final	0,41	0,19	-0,04
Supervivprod-55	Puntuación final	0,42	0,14	0,01

* Supervivencia-x, indica la probabilidad de sobrevivir hasta la edad de x meses.

** Supervivprod-x, indica la probabilidad de sobrevivir después de x meses de vida productiva.

DOSSIER

ello sin estar muy clara su utilidad como criterio de selección, ni cómo se deben incorporar en el objetivo de selección.

Caracteres reproductivos

Un efecto negativo similar al comentado en el caso de los caracteres patológicos es previsible para este conjunto de caracteres cuando se selecciona intensamente para producción de leche. En términos generales los caracteres relacionados con la reproducción también lo están con la eficiencia biológica, y ésta disminuye cuando la selección artificial para algún carácter productivo avanza. Lógicamente la depresión de estos caracteres será mayor a medida que mayor relación tengan con la eficiencia biológica.

Muchos son los caracteres que podrían ser incluidos en este apartado, los más frecuentemente utilizados son: porcentaje de no retorno al celo; intervalo entre partos; número de días vacía (intervalo parto-nueva gestación); nú-

mero de inseminaciones para lograr la gestación; incidencia de partos difíciles; edad al primer celo; etc.

Todos son caracteres con una heredabilidad muy baja $< 0,05$ y con correlaciones genéticas elevadas con caracteres productivos. Las correlaciones genéticas entre cantidad de leche ajustada a un % constante de grasa y edad al primer celo, días vacía, número de inseminaciones por gestación o probabilidad de gestación a la primera inseminación, toman valores respectivamente de 0,27, 0,80, 0,62 y $-0,30$. Lo que indica que vacas más productoras tienen el primer celo más tardíamente, están más tiempo vacías, necesitan un número mayor de inseminaciones para quedar gestantes y la probabilidad de quedar gestantes después de una inseminación es menor.

La dificultad al parto es un carácter que puede ser considerado como un efecto directo del ternero que nace, o bien como un efecto materno. En ambos casos las heredabilidades oscilan alrededor del 0,1. Las correlaciones genéticas entre este carácter y caracteres

productivos son próximas a 0 y con los caracteres de conformación o tipo las correlaciones suelen ser negativas ($-0,23$ a $-0,30$), indicando que una selección para conformación puede dar lugar a un incremento correlacionado de la dificultad al parto.

El carácter porcentaje de no retorno al celo tiene una correlación genética con la producción de leche de $-0,1$, lo que permite esperar una reducción en el número de retornos al seleccionar sólo para producción de leche (cuadro XV).

Longevidad o supervivencia

La longevidad pretende reflejar la duración del período de vida de un animal o la capacidad de una vaca para permanecer en la explotación (stayability). Estos conceptos están lógicamente relacionados con la capacidad de un animal para resistir a la eliminación, y ésta puede ser involuntaria cuando se refiere a la eliminación por causas que no dependen del ganadero (un proce-

Cuadro XIV
Correlaciones entre caracteres de tipo y caracteres productivos (Cañón, 1990)

Caracteres de tipo	Caracteres productivos									
	Correlaciones genéticas					Correlaciones fenotípicas				
	L	G	P	PG	PP	L	G	P	PG	PP
Carácter lechero	0,56	0,31	—	—	—	0,30	0,27	—	—	—
Estatura	-0,09	-0,06	-0,05	0,01	0,05	0,09	0,11	0,11	0,02	0,03
Profundidad corporal	-0,02	-0,11	-0,10	-0,10	-0,14	0,06	0,07	0,08	0,02	0,05
Vista lateral extremidades posteriores	0,05	-0,03	0,11	-0,09	0,13	0,01	0,00	0,01	-0,02	0,03
Visto posterior extremidades posteriores	-0,05	-0,01	-0,10	0,04	-0,10	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Inserción delantera de la ubre	-0,37	-0,14	-0,29	0,29	0,25	-0,18	-0,12	-0,17	0,11	0,08
Profundidad de ubre	-0,52	-0,23	-0,39	0,32	0,27	-0,27	-0,22	-0,26	0,09	0,10
Anchura de cadera	-0,35	-0,28	-0,29	0,06	0,14	-0,05	-0,03	-0,02	0,04	0,11
Anchura cuarterones posteriores	0,11	0,07	0,02	0,00	-0,09	0,10	0,11	0,11	0,00	-0,01
Posición pezones	-0,07	0,09	—	—	—	-0,01	0,01	—	—	—
Ligamento suspensor	0,01	0,23	—	—	—	0,02	0,03	—	—	—

L: Producción de leche; G: Cantidad de grasa; P: Cantidad de proteína; PG: Porcentaje de grasa; PP: Porcentaje de proteína.

Cuadro XV
Cambios esperados en el número de retornos en las hijas (90.000) de toros probados y utilizados mediante I.A. durante un año (Ostergaard et al., 1990)

	Correlaciones genéticas no retorno-producción de leche			
	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4
Aumento del número de retornos al seleccionar sólo para leche	900	1.800	3.600	4.500
Efecto de la selección para fertilidad	-1.800	-1.800	-1.800	-1.800
Efecto total de la selección	-2.700	-3.600	-5.400	-6.300

¡Su sala de ordeño sólo está anticuada y carente de mantenimiento!



Por ello no puede
Vd. aprovechar toda
la capacidad productora
de sus vacas.

- SAG, el Servicio de Atención Ganadera, que prestan los distribuidores oficiales de Westfalia Separator le ofrece y garantiza un buen servicio a cualquier hora y a cualquier tipo de sala de ordeño.
- SAG es un almacén bien surtido de recambios originales a la puerta de su casa.
- Un contrato de Control y Mantenimiento cuesta mucho menos de lo que Vd. piensa y los beneficios que puede reportarle, tales como pago de leche estable, aumento de producción y sanidad del rebaño son incalculables.
- No lo dude más y consulte al Distribuidor más cercano.

**WESTFALIA
SEPARATOR**

Westfalia Separator Ibérica, S.A.

Apartado Nr. 187 • E-08400 Granollers
Teléf.: (93) 849 42 11 • Fax: (93) 849 44 47 • Telex: 52190

Cuadro XVI

Correlación entre medidas de longevidad o supervivencia y medidas de beneficio (Ducrocq, 1987)

Medida del beneficio	Medida de longevidad	Correlación
Ingresos netos por día	Duración de vida productiva	0,47
Beneficio por día de vida productiva	Días entre el primero y el último parto	0,63
Beneficio por día	Duración vida productiva	0,17
Ingresos esperados por lactación	Supervivencia hasta los 39 meses de edad	0,80
Ingresos netos por día de vida productiva	Duración vida productiva	0,63
	Producción de leche vida productiva	0,69

so patológico grave), o puede ser voluntaria cuando depende de decisiones del ganadero (bajo nivel productivo).

Las ventajas de aumentar la longevidad vienen por tres vías:

- Disminuirán los costes por reposición.
- Al aumentar la edad aumenta la proporción de vacas en lactaciones de mayor media de producción.

- Al disminuir el número de vacas que se eliminan involuntariamente se puede incrementar el número de animales que se eliminan voluntariamente, lo que producirá por un lado un aumento de la media del rebaño y, por otro, un incremento de la tendencia genética del rebaño.

Estas vías constituyen además las causas de la elevada correlación que se

ha comprobado entre medidas de supervivencia y medidas de beneficio económico (cuadro XVI).

En el cuadro XVII se presentan otras correlaciones de interés entre caracteres de longevidad o supervivencia a diversas edades con producción de leche.

Caracteres relacionados con la aptitud carnífera

Con frecuencia la simple mención de los caracteres carníferos predispone a la idea de estar hablando del ganado vacuno de doble aptitud. Parece algo no muy acorde con la especialización del ganado vacuno lechero. Es conocida la estrategia de las líneas especializadas que permite, bajo determinadas condiciones, optimizar estrategias de mejora genética. Sin embargo, no parece ser ésta una de las situaciones típicas que aconsejarían esta estrategia de líneas de selección.

Es también importante recordar que la utilización de sementales de razas especializadas en la producción de carne para practicar el cruce industrial con hembras de vacuno lechero buscando la revalorización del ternero, posiblemente no podría superar el 30% de las hembras del rebaño lechero. Es decir, aproximadamente un 50% de terneros/as, suponiendo una reposición del 20%, van a ser vendidos para cebo y pertenecen a la raza lechera.

Sería lógico pensar, por lo tanto, que los ingresos por la venta de terneros para cebo supone una fuente de ingresos no despreciable que debe ser considerada y, en la medida de lo posible, mejorada. Esto quiere decir que la rentabilidad vendrá, no sólo por la mejora genética de la producción lechera, sino que la mejora genética de caracteres cárnicos puede suponer un aspecto importante. El énfasis que se debe dar

Cuadro XVII

Correlaciones entre longevidad o supervivencia y producción de leche (Ducrocq, 1987)

Media longevidad	Correlación		
	Fenotípica	Entre méritos genéticos de toros	Genética
Supervivencia-36		0,57	0,88
Supervivencia-48		0,64	1,00
Supervivencia-60		0,59	0,94
Supervivencia-72		0,55	0,90
Supervivencia-36		0,27	
Supervivencia-48		0,41	
Supervivencia-60		0,55	
Supervivencia-72		0,51	
Supervivencia-84		0,51	0,47
Supervivencia-36	0,17		0,42
Supervivencia-48	0,13		0,17-0,64

Cuadro XVIII

Pesos económicos relativos con y sin cuotas lecheras (Niebel, 1986)

Carácter	Sin cuotas		Con cuotas	
	a	aV _a (%)	a	aV _a (%)
Leche		28		14
- Producción lechera	0,25		0,14	
Carne		45		63
- Índice de conversión	-16,5		-17,0	
- Ganancia diaria	0,87		2,15	
- Capacidad de desarrollo	0,30		0,07	
- Contenido muscular	6,75		6,00	
Caracteres secundarios:		27		23
- Velocidad de ordeño	90		60	
- Dificultad al parto	-80		-80	
- Intervalo entre partos	-0,84		-0,77	

a estos caracteres dependerá, entre otros factores, del precio de la leche, de la carne y del concentrado. Fewson (1983) señala como factores importantes que influyen en la importancia relativa de los caracteres de la leche y de la carne los siguientes:

- Los precios de la leche y de la carne.
- Los precios de los concentrados y del forraje.
- La posibilidad de realizar transferencia y sexaje de embriones.

- La existencia o no de cuotas a la producción lechera.

En el cuadro XVIII se presentan los pesos económicos para caracteres lecheros, de aptitud cárnica, y caracteres secundarios cuando existe o no cuotas lecheras. Los pesos económicos están expresados en marcos daneses (primera columna) y en % de unidades de desviación típica genética. Los precios considerados para el cálculo de los pesos económicos fueron los de 1985.

Tal vez lo más importante a señalar

sea la caída que se produce en la importancia económica relativa de la producción lechera, del 28 al 14%, cuando se establecen cuotas a la producción lechera y, por el contrario, la importancia económica del conjunto de caracteres relacionados con la aptitud cárnica pasa del 45 al 63% con el sistema de cuotas. Los caracteres secundarios prácticamente no modifican su importancia relativa.

En el cuadro XIX se presentaron el efecto que sobre la ganancia genética

Cuadro XIX

Efecto de la existencia o no de cuotas lecheras y del método de evaluación para carne sobre la respuesta genética (Niebel, 1986)

Método de evaluación para carne	Carácter	Sin cuotas	Con cuotas
Sin evaluación para carne	Ganancia genética relativa (%)		
	- Leche	98	90
	- Índice de conversión	58	58
	- Ganancia diaria	54	55
	- Capacidad de desarrollo	116	113
	- Contenido muscular	-136	-131
	Beneficio relativo (%)	43	15
	Aporte de la aptitud cárnica a la ganancia genética total (%)	8	52
Evaluación individual de toros y vacas	Ganancia genética relativa (%)		
	- Leche	77	37
	- Índice de conversión	125	133
	- Ganancia diaria	125	141
	- Capacidad de desarrollo	94	78
	- Contenido muscular	-33	11
	Beneficio relativo (%)	57	74
	Aporte de la aptitud cárnica a la ganancia genética total (%)	39	84
Evaluación individual de toros y vacas + evaluación por descendencia de los toros	Ganancia genética relativa (%)		
	- Leche	70	33
	- Índice de conversión	158	175
	- Ganancia diaria	169	191
	- Capacidad de desarrollo	101	87
	- Contenido muscular	-11	39
	Beneficio relativo (%)	65	96
	Aporte de la aptitud cárnica a la ganancia genética total (%)	50	89
Relación beneficio/costes		4,6	1,6
Relación beneficio/costes de la evaluación para carne		5,6	2,6
Relación beneficio/costes		5,8	7,5
Relación beneficio/costes de la evaluación para carne		24,6	95,7
Relación beneficio/costes		6,5	9,6
Relación beneficio/costes de la evaluación para carne		56,0	154,1

Cuadro XX

Evaluación de sementales incorporando el coste de la energía alimentaria necesaria para producir la grasa y proteína de la leche (1)

Toro	Méritos genéticos				Ingresos sobre coste marginal de la energía	PD\$ por unidad de coste marginal de energía
	Leche	Grasa	Proteína	PD\$		
A	+468	+10,9	+12,2	100	88	8,9
B	+171	+20,9	+4,5	100	85	6,6

(1) Para las expresiones y cálculos que dan lugar a las cifras de las dos últimas columnas consultar el trabajo de Allaire y Thraen (1985).

tienen diferentes situaciones de mercado (con o sin cuotas) y diferentes posibilidades de evaluación de los animales para caracteres relacionados con la aptitud carnicera.

Eficiencia alimentaria

Un carácter que no había sido considerado hasta ahora por no haberse contemplado en ninguno de los grupos de caracteres citados al comienzo de estas notas es la eficiencia para transformar alimentos en leche. Es evidente la importancia económica de este carácter que, a su vez, se puede considerar como resultado de una serie de inputs y outputs.

A pesar de que caracteres de eficiencia alimentaria como la relación entre energía de los productos (leche, crecimiento, gestación, mantenimiento) y la energía ingerida tienen heredabilidades elevadas, 0,4-0,6, lo que podría resultar una garantía para una respuesta rápida a la selección, no han sido incluidos en ningún programa nacional de mejora por dos razones: la primera es el elevado coste que supondría la medida, con ciertas garantías, de este carácter en todos los individuos de la población bajo selección; la segunda es la elevada correlación genética entre cantidad de leche y eficiencia alimentaria, 0,9, lo que supone, en la práctica, que una selección para aumentar la producción de leche provoca un aumento indirecto de la eficiencia.

Otra medida relacionada con la alimentación es la ingestión voluntaria, carácter importante para unos animales con enormes potenciales productivos que necesitan un gran nivel energético a partir de raciones a base de forrajes y concentrados. La correlación genética entre este carácter y cantidad de leche es también elevada >0,8 y la correlación con la eficiencia alimentaria >0,6.

De todas formas y aunque no se registren caracteres de eficiencia alimentaria, sería interesante incorporar en la evaluación de reproductores el coste de alimentación adicional que se necesita para producir los diferentes componentes de la leche. En el cuadro XX, tomado de Allaire y Thraen

(1985), se presenta un ejemplo de cómo podría ser incorporada esta información. En dicho cuadro se presentan los méritos genéticos para dos toros y tres caracteres: leche, grasa y proteína. Utilizando los pesos para leche, grasa y proteína de 0,02525, 3,77 y 2,78, respectivamente, se calcula el mérito genético agregado denominado Predicted Difference Dollars (PD\$). De acuerdo con esta información ambos toros tendrían el mismo valor. Las dos últimas columnas reflejan una superioridad del toro A, tanto si utiliza como criterio los ingresos sobre el coste marginal de la energía, como si se utiliza como criterio de eficiencia las unidades de PD\$ por unidad monetaria de coste marginal de la energía.

CONCLUSIONES

El establecimiento de una función que refleje totalmente la actividad del vacuno lechero, así como su utilidad y aplicación en programas de mejora han sido, con frecuencia, objeto de estudio. Como resumen de algunas de las conclusiones comunes a muchos trabajos se puede citar las siguientes:

1. La necesidad de definir claramente tanto el término eficiencia como el sistema de producción.
2. La necesidad de modelizar el sistema de producción del vacuno lechero con el fin de conocer qué caracteres contribuirán de forma más importante a la eficiencia económica.
3. La necesidad de un mayor conocimiento de la eficiencia biológica individual: funcionamiento del rumen, utilización de la energía digestible y metabolizante, partición de energía entre leche y tejidos corporales.
4. La necesidad de un mayor conocimiento de aspectos relacionados con la eficiencia económica. Minimización de los costes totales por unidad de producto.
5. La selección genética para aumentar la capacidad de las vacas para producir leche tiene un efecto negativo sobre la eficiencia alimenta-

ria, producción de carne, caracteres reproductivos y de la salud.

6. Es necesario ir incluyendo otros caracteres en los programas de mejora, para lo que resulta imprescindible registrarlos en todos los animales de la población sometida a selección. No obstante, debe tenerse en cuenta el elevado coste de obtener información adicional, por lo que debería, en primer lugar, considerarse su registro en rebaños que tengan una mayor contribución genética en la población.

BIBLIOGRAFIA

ALLAIRE, F.R., THRAEN, C.S. 1985. Prospectives for genetic improvement in the economic efficiency of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 68: 3110-3123.

CAÑÓN, J. 1987. Objetivos de selección en el ganado vacuno de leche. *Frisona Española*. 37: 104-109.

CAÑÓN, J. 1990. Caracteres de conformación y de tipo en el ganado vacuno de leche. *Frisona Española*, 55: 94-97.

CAÑÓN, J. 1991. Mejora de la eficiencia productiva en ganado vacuno. I. Ganado vacuno de carne. *Mundo Ganadero*, 9: 59-65.

DUCROCQ, V.P. 1987. An analysis of length of productive life in dairy cattle. Thesis.

GIBSON, J.P. 1989. Selection on the major components of milk. Alternative methods of deriving economic weights. *J. Dairy Sci.*, 72: 3176.

GIBSON, J.P. 1989. Economic weights and index selection of milk production traits when multiple production quotas apply. *Anim. Prod.*, 49: 171-181.

LIN, C.Y., ALLAIRE, F.R. 1977. Relative efficiency of selection methods for profit in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 60: 1970-1978.

LYONS, D.T., FREEMAN, A.E., KUCK, A.L. 1991. Genetic of health traits in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 74: 1092-1100.

MONARDES, H.G., HAYES, J.F. 1985. Genetic and phenotypic relationships between lactation cell counts and milk yield and composition of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 68: 1250-1256.

NIEBEL, E. 1986. Economic evaluation of breeding for milk and beef production in temperate zones. *Proc. 3rd. World Cong. Genet. Appl. Liv. Prod.*, Vol. IX, págs. 18-32.

OSTERGAARD, V., KORVER, S., SOLBU, H., ANDEERSEN, B.B., OLDHAM, J., WIKTORSSON, H. 1990. Efficiency in the dairy cow. *Livest. Prod. Sci.* 24:287-304.

SMITH, C. JAMES, J.W., BRASCAMP, F.W. 1987. On the derivation of economic weights in livestock improvement. *Anim. Prod.*, 43: 545-551.

WILTON, J. W., VAN VLECK, L.D. 1968. Selection of dairy cows for economic merit. *J. Dairy Sci.*, 51: 1680-1688.