ITEA (1996), Vol. 92A N.º 3, 117-141

PROGRAMAS DE SELECCIÓN APLICADOS AL GANADO CAPRINO

A. Sánchez-Palma
J.M. Serradilla

Departamento de Producción Animal
Laboratorio de Fisiogenética
E.T.S.I.A.M , Universidad de Córdoba
C.P. 3048, 14080 Córdoba

RESUMEN

Se realiza una descripción de los censos de cabras presentes y controladas en España y en Andalucía, así como de los sistemas de producción más comunes en esta Comunidad. Se describe el sistema de control de producciones que se esta utilizando en la actualidad y los problemas derivados de los sistemas productivos que condicionan la fiabilidad de los controles. Se presenta el programa de selección de las razas Murciano-Granadina y Malagueña en cuanto a sus objetivos de selección, método de valoración genética de los reproductores y el esquema adoptado por las asociaciones de criadores de las razas mencionadas, analizando el grado de aplicación del programa y los factores que limitan su desarrollo. Finalmente se comentan algunos resultados de los trabajos que se están realizando en la actualidad en relación con los polimorfismos genéticos de las caseínas y su utilización como criterios de selección.

Palabras clave: Caprino, Control rendimientos, Valoración genética, Selección, Caseínas.

SUMMARY

Censuses of goat population in Spain and in Andalusia are given, together with a brief description of those systems of herd management prevailing in this region. Milk recording scheme is described and the influence of managerial conditions on record's reliability is discussed. The selection scheme adopted by the breeders Association of the Murciano-Granadina and the Malagueña breeds is presented in terms of the selection objectives, methods applied for predicting breeding values and organisation. Present constrains to the development of these selection programs are discussed. Finally, some results are presented of research being in progress on the genetic polymorphism of caseins and its use as selection criteria.

Key words: Goats, Milk recording, Breeding values, Selection, Caseins.

Censos y Sistemas de producción

Censos

Andalucía es la comunidad autónoma con mayor número de efectivos caprinos (Tabla 1). El número de animales de esta especie en cada provincia figura en la Tabla 2. La provincia con mayor número de efectivos es Málaga. Andalucía es también la región española con mayor producción de leche de cabra. Se producen más de 1.9 millones de litros de leche, destinada fundamentalmente a la fabricación de queso (MAPA, 1992). La mayor parte de la leche producida se procesa en fábrica (tabla 3).

Dos razas producen la mayor parte de la leche en Andalucía (Tabla 4). Se trata de la Malagueña y de la Murciano-Granadina. Estas son dos razas muy similares, presentan un peso adulto medio de 30 Kg. y 70 Kg. para las hembras y los machos, respectivamente, y una prolificidad media de 1.9 (FÁLAGAN, 1990; DÍAZ-CARILLO *et al.*, 1993). Sus producciones medias se recogen en la tabla 5. El número de hembras controladas, así como el número de hembras ordeñadas de cada raza en los 4 trimestres de los años 1993 y 1994, se describen en la tabla 6.

Sistemas de Producción

Los sistemas de producción más comunes de las ganaderías de caprino lechero de Andalucía se pueden clasificar en tres categorías: extensivos, semi-extensivos o en vías de intensificación e intensivos.

Sistemas de producción extensivos o tradicionales

Se trata de los sistemas típicos de la ganadería caprina de carne que aún persisten en algunas ganaderías de producción mixta (carne y leche) y de producción de leche. Las características principales de este sistema son:

– La alimentación del ganado se obtiene fundamentalmente del pastoreo y la suplementación es poco frecuente.

– El manejo reproductivo se realiza sin separación de machos. Sólo en explotaciones de gran base territorial se realiza esta separación.

– Se realiza el ordeño una vez al día y, normalmente, de forma manual.

– El amamantamiento de los cabritos es de forma natural y las parideras tienen lugar a lo largo del año sin responder a una planificación específica.

– Los rebaños son de tamaño medio.

– Las instalaciones son mínimas, las imprescindibles para el ordeño y la paridera. El rebaño pasa la mayor parte del año en el exterior, incluso por la noche.

Sistemas de producción en vías de intensificación o semi-extensivos

Estos sistemas han surgido como consecuencia del incremento en el precio de la leche y de los cabritos, de forma que las ganaderías tradicionalmente extensivas, adquieren un mayor grado de intensificación con un aumento de los insumos de la explotación. Las características principales de este sistema son:

– La alimentación es mixta entre pastoreo y alimentación en pesebre. La suplementación se realiza frecuentemente durante el ordeño o bien en las horas nocturnas.

– El manejo reproductivo se realiza con efecto macho y flushing en aquellas explo-

TABLA 1
DISTRIBUCIÓN POR COMUNIDADES DEL CENSO DE GANADO CAPRINO (BIAP,1995)

COMUNIDADES AUTONÓMAS	Nº TOTAL DE GANADOS	% RESPECTO DEL TOTAL DE ESPAÑA
Asturias	38.158	1,21
País Vasco	16.579	0,53
Navarra	13.241	0,42
La Rioja	16.570	0,52
Aragón	79.022	2,50
Cataluña	86.829	2,75
Baleares	20.790	0,66
Castilla-Leon	237.045	7,51
Madrid	37.213	1,18
Castilla-La Mancha	437.225	13,85
Valencia	102.026	3,23
Murcia	144.885	4,59
Extremadura	341.218	10,81
Andalucía	1.301.710	41,32
Canarias	193.242	6,12
Otras	88.721	2,81
España	3.157.477	100,00

TABLA 2
EFECTIVOS CAPRINOS EN ANDALUCÍA POR PROVINCIAS Y COMUNIDAD AUTÓNOMA (BIAP, 1995)

1994	Nº DE CAPRINOS TOTALES	% EN LA COMUNIDAD A
Almería	125.091	9,61
Cádiz	132.645	10,19
Córdoba	63.308	4,86
Granada	184.502	14,17
Huelva	61.698	4,74
Jaén	60.629	4,66
Málaga	428.721	32,94
Sevilla	245.116	18,83
Total	1.301.710	100,00

TABLA 3
DESTINO DE LA LECHE (L.) DE CABRA OBTENIDA EN ANDALUCÍA EN LOS DOS PRIMEROS TRIMESTRES DE 1995 (BIAP, 1995)

1995	ENERO-FEBRERO-MARZO	ABRIL-MAYO-JUNIO
Consumo directo en explot.	1.478	1.549
Fabricación artesanal de queso	964	1.237
Venta directa a consumidores	1.483	2.144
Entregada a centrales lecheras	50.953	52.994
Total leche obtenida	54.879	57.924

TABLA 4
Nº DE HEMBRAS ORDEÑADAS Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN LOS DOS PRIMEROS TRIMESTRES DE 1995 PARA LAS DIFERENTES RAZAS (BIAP, 1995)

	ENERO-FEBRERO-MARZO		ABRIL-MAYO-JUNIO	
RAZAS DE ORDEÑO	HEMBRAS ORDEÑADAS	TOTAL LECHE	HEMBRAS ORDEÑADAS	TOTAL LECHE
Murci.-Grana.	146.330	15.802,7	161.735	19.958
Malagueña	161.880	18.548,1	149.650	24.932
Otras razas	234.942	20.528,7	248.883	16.350
Total	543.152	54.879,5	560.268	61.240
% Censo	77,20		80,03	

TABLA 5
PRODUCCIONES MEDIAS DE LAS CABRAS DE RAZA MURCIANO-GRANADINA Y MALAGUEÑA EN CONTROL LECHERO EN ANDALUCÍA. DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE 14.000 Y 10.000 LACTACIONES RESPECTIVAMENTE

CONCEPTO	MALAGUEÑA	MUR.-GRAN.
Producción tipificada a 240 días (Kg.)	347	340
Duración de la lactación (días)	228	197
Producción media diaria(Kg.)	1,61	1,88
% grasa	4,52	4,57
% proteína	3,77	3,33
% Extracto seco	14,04	12,69

TABLA 6
Nº DE HEMBRAS ORDEÑADAS Y CONTROLADAS EN LOS 4 TRIMESTRES DE LOS AÑOS 1993 Y 1994 (BIAP Y DATOS PROPIOS)

	Raza MALAGUEÑA				MURCIANO-GRANADINA			
Año	1993		1994		1993		1994	
Tipo	Ordeña	Control	Ordeña	Control	Ordeña	Control	Ordeña	Control
1º Trim.	131.417	3.440	120.332	5.247	196.924	2.946	172.146	3.427
2º Trim.	109.262	4.298	130.271	6.454	200.350	3.053	155.282	3.700
3º Trim.	100.826	2.759	124.850	3.690	202.700	2.119	169.960	2.325
4º Trim.	46.051	2.721	127.959	3.719	177.559	2.547	161.901	2.034

taciones de mayor tamaño y más avanzadas. No obstante, es frecuente el uso del mandil como sistema de control de la monta, permaneciendo en este caso los machos con las hembras durante todo el año.

– La base territorial de las explotaciones que siguen este sistema de producción suele ser de media a grande (más de 50 Has.).

– Las parideras se planifican en ciertas épocas del año y los cabritos se amamantan de forma natural. En los últimos años se esta empezando a utilizar la lactancia artificial.

– El sistema de ordeño es manual o mecánico según las explotaciones y se realiza una o dos veces al día. Existen explotaciones que ordeñan 2 veces en la fase de lactación más productiva y una en la fase menos productiva.

– Existen en este caso explotaciones familiares y también explotaciones con asalariados.

– Los animales permanecen en las instalaciones durante la noche, durante el ordeño y en ciertas épocas del año (parte del invierno y durante las parideras).

Sistema de producción Intensivo

En los últimos años está surgiendo un sistema de explotación en el que los animales están totalmente estabulados y no salen a pastoreo. Este sistema trata de maximizar el potencial productivo de los animales a costa de incrementar el control y los insumos del sistema. Las características fundamentales de este sistema son:

– Los animales están totalmente estabulados y no salen a pastoreo.

– Se realiza la separación de machos, incluso en algunos casos, la monta dirigida.

– Suelen ser explotaciones de tamaño medio o grande (más de 150 animales).

– El ordeño se realiza de forma mecánica y durante dos veces al día.

– La lactancia de los cabritos suele ser artificial.

– Se trata de explotaciones familiares y en aquellas de gran tamaño (>1000 animales) tienen personal asalariado.

Control lechero

En la tabla 6 se describen los censos de cabras controladas de las dos razas. El número de ganaderías en control era de 60 de la raza Malagueña y 80 de la raza Murciano-Granadina en 1994.

En ganado caprino, el control lechero es la herramienta fundamental para poder aplicar la mejora genética, de modo que la precisión de las evaluaciones genéticas, depende básicamente de la calidad del control lechero. Paralelamente, los controles de producción suponen la introducción de sensibles mejoras en las ganaderías ya que contemplan el seguimiento genealógico de los animales del rebaño, la detección de las cabras improductivas y, sobre todo, un flujo de información al ganadero sobre el estado sanitario de sus reproductores, campañas de saneamiento, etc.

Los caracteres controlados son:

* Cantidad de leche producida medida en kilogramos o litros.

* Parámetros de calidad de la leche:

- Tasa (%) de proteína
- Tasa de grasa
- Extracto seco

El control lechero oficial es el denominado internacionalmente A4, que consiste en un registro de periodicidad mensual en el cual se pesa o mide volumétricamente la leche producida por cada cabra controlada en 24 horas. Así en las ganaderías de ordeño manual se pesa la leche producida individualmente por cada cabra mediante un dinamómetro de precisión. En las explotaciones donde esté instalado el ordeño mecánico, se adaptan unos medidores volumétricos a la ordeñadora, registrándose la producción en litros. Las lactaciones se calculan en kg., por lo que las producciones obtenidas en litros necesitan ser transformadas en kg. (1 litro equivale a 1033 gramos).

En las ganaderías con rutina de ordeño único diario, el controlador realiza una visita mensual (30 ± 3 días) donde registra la producción de cada reproductora en ese ordeño. En las explotaciones donde se ordeña al rebaño dos veces al día, se registran las producciones sólo uno de los dos ordeños y se estima la producción del ordeño no controlado. Estos métodos son conocidos como AM/PM y existen diversas variantes. En nuestro caso se utiliza el control alterno de mañana y tarde.

Cada cabra es susceptible de ser controlada desde diez días después del parto, hasta la fecha de secado. Oficialmente se considera seca a una cabra cuando en 24 horas produce menos de 500 gr.

Para los parámetros de calidad de la leche, se toma una muestra individual de leche el mismo día del control, se le añade un conservante que no altere las propiedades de la leche y se envía refrigerada al Laboratorio. El laboratorio realiza el análisis de la composición de la leche mediante el Milkoscan, obteniendo la información de las cantidades de materia grasa, proteína y extracto seco de cada muestra de leche. Estos datos se informatizan junto a las producciones obtenidas en el control, y se calculan las tasas proteicas y de materia grasa.

La función del controlador se sintetiza en los siguientes puntos:

- Identificar cada animal controlado con su tatuaje en oreja o placa de identificación.

- Anotar la fecha y tipo de parto de cada reproductora.

- Indicar si está amamantando o no y el número de cabritos en caso afirmativo.

– Registrar las posibles incidencias en el momento del control (animal enfermo, etc.).

– Medir la producción de cada animal.

– Tomar una muestra de leche para el posterior análisis de sus componentes.

La leche producida a largo de una lactación se estima mediante el método Fleischmann el cual está basado en los controles de producción. Dicho método estima la producción total por tramos. Ésta es la forma de obtener la producción bruta, o sea, la producción total de la cabra en un período determinado. Pero para poder comparar las lactaciones de diferentes animales, éstas deben estar referidas a un mismo período de duración. Es decir hay que tipificar las producciones a un número de días común. En la actualidad las lactaciones se tipifican a 240 días. Estos cálculos son similares para la cantidad de materia grasa y proteína.

Condicionantes y limitaciones derivadas de los sistemas de producción y del nivel de formación de los ganaderos que inciden en la fiabilidad de los Controles Lecheros

Falta de formación de los ganaderos

La baja formación media de los ganaderos unida a una falta de colaboración por parte de algunos de ellos se traduce en una falta de registros de información fiables en las explotaciones. No es frecuente que se registren todos los datos de parideras, cubriciones, etc.Suelen faltar, o ser inexactos, datos sobre - Fechas de parto, fechas de secado, muerte o venta de animales, número de orden de lactación, número de cabritos nacidos, etc.

Todo esto supone una dificultad añadida cuando se pretende disponer de toda la información necesaria para realizar las valoraciones genéticas. En este sentido surgen tambien dificultades en lo que se refiere a la información correspondiente a la identificación de las madres de los animales de reposición, ya que algunos ganaderos no están dispuestos a realizar la identificación al nacer los cabritos.

Sistema de amamantamiento de los cabritos

El sistema generalizado es el amamantamiento natural hasta aproximadamente los 30-45 días en que los cabritos alcanzan el peso de 8-10 Kg. y se venden para ser sacrificados. La reposición continua mamando hasta aproximadamente los 3 meses de edad. Este sistema plantea problemas a la hora de realizar los primeros controles (fundamentalmente el primero), ya que los cabritos se alimentan de la leche que suministran sus madres y si no es suficiente de las de otras hembras. Por tanto es difícil conocer exactamente cuantos cabritos están mamando de cada hembra. Esto quiere decir que cuando se realiza este primer control (debe realizarse entre los 10 y 45 días desde el parto), a la leche que produce la hembra hay que añadirle la leche consumida por los cabritos, que como ya dijimos, es difícil cuantificar debido a que no se conoce cuantos cabritos mamaron de cada hembra y además las funciones que estiman el consumo de leche del cabrito no son muy exactas. Este problema se solucionaría con la utilización de la lactancia artificial, que de momento no está muy extendida.

Si no se conoce con exactitud el primer control, es difícil estimar correctamente las lactaciones completas de cada hembra y por

tanto su producción. Esto supone un grave problema a la hora de valorar los animales. En un estudio reciente, realizado por nuestro grupo, con datos de ordeños, tomados 3 veces por semana, de cabras en granja experimental cuyos chivos fueron criados con lactancia artificial, se analizó cual podría ser el modelo de estimación de la producción por lactación más adecuado, suponiendo que se desconoce la producción del primer control y que ésta se estima por diferentes vías:

– Se prescinde del valor del primer control y se aplica Fleischmmann con el resto de controles (INC).

– Se estima la producción en el primer control a partir de una regresión realizada con los demás controles (RGTC).

– Se supone el primer control al día siguiente del parto y se le da un valor igual al termino independiente de la regresión (RGTI).

– Se clasifican los animales en estratos según el número de orden de lactación y el mes de parto, y a cada estrato se le ajusta una función de Wood. Se supone que el valor del primer control es el equivalente al valor de la función de Wood, en el estrato a que pertenece la hembra, para el día de realización de este primer control (WDTC).

– Se realiza el mismo procedimiento que el caso anterior pero se supone que el primer control se realiza el día correspondiente al máximo valor de la función de Wood ajustada (WDPI).

– Se supone que la producción en el primer control es equivalente a la leche consumida por tantos cabritos como parió la cabra, estimada con una función de la edad de los cabritos y de la riqueza en grasa de la leche en ese control (CRI30).

Para todos estos casos se comparó la clasificación de los animales que se obtenía con la producción estimada con la clasificación obtenida con las producciones reales registradas. Para ello se utilizo el siguiente estadístico:

donde : $\frac{\sum_{1}^{n} |u - u'|}{n}$

u = rango de producciones reales

u' = rango de producciones estimadas

n = n° de lactaciones.

En la tabla 7 se pueden observar los resultados

Esta misma comparación se realizó, no sólo con la clasificación obtenida con las producciones, sino tambien con la obtenidas con los valores BLUP predichos a partir de las producciones reales y de las producciones estimadas. Además se incluyó la clasifi-

TABLA 7
RESULTADOS DEL ESTADÍSTICO DE COMPARACIÓN DE LAS CLASIFICACIONES DE LOS ANIMALES OBTENIDAS CON LOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDIADOS CON LA CLASIFICACIÓN OBTENIDA CON LAS PRODUCCIONES REALES

TIPO DE ESTIMACIÓN	VALOR ESTADÍSTICO
INC	17,70
RGTC	20,51
WDTC	20,97
RGTI	21,05
WDPI	19,52
CRI30	25,84

Datos calculados a partir de 478 animales

TABLA 8
RESULTADOS DEL ESTADÍSTICO DE COMPARACIÓN DE LAS CLASIFICACIONES DE LOS ANIMALES, SEGÚN PREDICCIONES BLUP, OBTENIDAS CON LOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDIADOS CON LA CLASIFICACIÓN OBTENIDA CON LOS VALORES BLUP CORRESPONDIENTES A LAS PRODUCCIONES REALES

TIPO DEL ESTIMACIÓN	VALOR ESTADÍSTICO
INC	16,33
RGTC	18,68
WDTC	19,15
RGTI	19,56
WDPI	17,99
CRI30	18,30
LLACTA	17,58

Datos calculados a partir de 331 lactaciones

cación que se obtuvo al utilizar la producción calculada desde los 45 días en adelante (LLACTA). Los resultados de los resultados se recogen en la tabla 8.

De los resultados podemos concluir que, en tanto en cuanto no se puedan conocer con exactitud el número de cabritos amamantados por cada animal y la leche consumida por cada cabrito o se generalice el uso de la lactancia artificial, la mejor aproximación es prescindir del dato del primer control y calcular la lactación con el resto de controles.

Número de ordeños diarios

El factor número de ordeños es un factor significativo en cuanto a la producción de leche se refiere. El sistema de un ordeño o de dos ordeños diarios no plantea problemas para la mejora ya que este factor se puede incluir como un factor fijo en el modelo de valoración. El problema surge en aquellas ganaderías en las que se utilizan simultáneamente ambos sistemas a lo largo de la lactación de cada cabra, ya que no se pueden clasificar dentro de una de estas dos categorías de número de ordeño. Para corregir este problema habría que introducir una nueva clase que sería la de ordeño mixto. Pero el tiempo de aplicación del doble ordeño no es el mismo en todos los años ni incluso en todos los animales lo que dificulta el sistema.

Variabilidad de los sistema productivos

La gran variabilidad de sistemas productivos da lugar a que exista gran variabilidad en las formas de la curva de lactación entre los animales. De esta manera el pico de lactación es muy variable tanto en magnitud como en su localización en el tiempo. La persistencia de la curva de lactación también es muy variable y cambia con los años para un mismo animal. Así, el momento en el que se realice el primer control válido influye más o menos en la precisión según estas características de la curva de lactación. Esto nos plantea la conveniencia de incluir en el modelo de valoración un factor con niveles clasificados según el tiempo transcurrido desde el parto al primer control utilizado en el cálculo de la lactación. La dificultad estriba en definir los niveles más adecuados de este factor.

Programa de mejora genética

El programa de mejora genética adoptado por las asociaciones de criadores de las

razas Murciano-Granadina y Malagueña se basa en la selección en raza pura. Sus características son las siguientes:

Objetivos de selección

La definición del objetivo de selección plantea los problemas que se derivan del mercado y del sistema de pago de la leche. En la actualidad los ganaderos venden la leche a la centrales lecheras y la fabricación artesanal de queso no es una práctica habitual. El sistema de pago se basa en la cantidad de leche, con una bonificación por tasa de grasa. De este sistema de pago se derivan unos criterios de selección que no son los óptimos para la fabricación de queso, ya que el principal factor limitante del rendimiento quesero de la leche es el contenido de proteína coagulable. Esta forma de pago es una consecuencia del predominio de la forma de pago de las centrales de procesado de leche de vaca, ya que la mayor parte de la leche de cabra se destina a complementar la de vaca en la fabricación de quesos de leche mezclada. En otros países, como Francia, la formula de pago de la leche de cabra considera el contenido de proteína y, es de suponer, que en un futuro próximo el mercado español establecerá sistemas similares de pago. Así pues, desde el punto de vista del ganadero, actualmente, los criterios de selección deben ser la cantidad de leche y el contenido graso, mientras que desde el punto de vista de las industrias queseras y, probablemente en un futuro también desde el punto de vista de los ganaderos, los criterios de selección tendrán que considerar el carácter contenido de proteína de la leche.

Como consecuencia, en la actualidad se deja la decisión relativa a los criterios de selección en manos del ganadero. A éste se le proporcionan valoraciones genéticas independientes para cada uno de los caracteres: cantidad de leche, cantidad de grasa y cantidad de proteína producida por lactación normalizada a 240 días y contenido (%) medio de grasa y proteína, para que él utilice la información que más le convenga para hacer la selección. No obstante, los ganaderos reciben unas indicaciones en el sentido de que utilicen siempre como criterio una combinación de cantidad y contenido y, nunca una de estas dos categorías sola.

Consideramos que sería deseable poder tener en cuenta un criterio morfológico relacionado con la longevidad productiva de las cabras (fundamentalmente características de morfología de ubre muy correlacionadas con dicha longevidad y con ausencia de patologías mamarias). Sin embargo, la calificación morfológica no está lo suficientemente extendida y estandarizada como para poder utilizar dicha información. Cada ganadero utiliza pues criterios subjetivos propios en este sentido.

Valoración genética de los reproductores

El método de valoración genética utilizado actualmente es el BLUP, modelo animal, con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = RAE_j + NI_k + TP_l + NO_m + u_i + pi + e_{ijklm}$$

Donde:

Y Es el valor del carácter medido en el animal evaluado.

RAE Es el efecto rebaño-año estación, con un número variable de niveles en cada caso.

NL Es el efecto del número de lactación, con un número variable de niveles en cada caso (un nivel para cada lactación desde la 1ª

lactación hasta aquella que tenga un número suficiente de datos y a este último nivel se le añaden el resto de las lactaciones con pocos datos).

TP Es el tipo de parto o número de cabritos nacidos, con dos o tres niveles: según exista un número de datos suficiente correspondientes a partos triples o superiores.

NO Es el número de ordeños diarios con dos niveles: un ordeño diario y dos ordeños diarios. (Los pro lemas asociados a este factor ya se han discutido en un apartado anterior).

u Es el valor genético aditivo del carácter en el individuo valorado.

p Es el valor del efecto permanente.

e Es el error residual.

Se está estudiando la posibilidad de incorporar un factor más, el intervalo de tiempo entre el parto y el primer control considerado para estimar la producción. Su uso plantea cuestiones sobre las que se está investigando, tal y como se ha discutido en el apartado anterior.

Los resultados de las valoraciones se presentan en dos tipos de listados: Un catálogo de valores genéticos de machos, cuya información puede ser utilizada por los ganaderos en los concursos-exposición de sementales y una lista de las hembras de cada explotación, clasificadas en cinco grupos por sus valores genéticos. A cada una de las hembras se les asigna un símbolo en función del grupo en que se encuentra (cuatro, tres, dos una o ninguna estrella). La clasificación se hace en base al valor genético aditivo predicho, sin tener en cuenta el error de la predicción (si bien con la estructura de información disponible en la actualidad, casi todas las predicciones tienen la misma precisión).

Los parámetros genéticos utilizados en la valoración genética de los reproductores son los estimados por Analla y colaboradores para la raza Murciano-Granadina (Tabla 9). Se puede apreciar que las heredabilidadess obtenida en la población en la que se hizo el estudio son sensiblemente inferiores a los valores obtenidos por otros autores para otras razas (ANALLA *et al.* 1996).

Se está estudiando cual es el modelo de valoración más eficiente en diferentes situaciones relativas al nivel de información genealógica, conexión entre rebaños, y otras características de la población. Se analizan,

TABLA 9
HEREDABILIDAD, REPETIBILIDAD Y VARIANZA FENOTÍPICA (σ^2) DE CANTIDAD DE LECHE, CONTENIDO PROTEICO Y CONTENIDO GRASO, PARA LA RAZA MURCIANO-GRANADINA, OBTENIDO CON UN MODELO UNICARÁCTER (ANALLA *et al.*, 1996)

Carácter	h^2	SE	r	SE	σ^2
Cantidad de leche	0,18	0,04	0,39	0,08	10.887.711 (Kg.)^2
Contenido de grasa	0,16	0.04	0,36	0,05	0,697 (g./100g.)^2
Contenido de proteína	0,25	0,05	0,47	0,07	0,135 (g./100g.)^2

TABLA 10
SESGO (B, KG.) Y VARIANZA DEL ERROR DE PERDICIÓN (PEV) DE LOS VALORES DE MEJORA PREDICHOS EN EL CASO DE GANADERÍAS NO CONECTADAS (ANALLA *et al.*, 1995)

	Sel = 0%		Sel = 30%		Sel = 100%	
	B	PEV	B	PEV	B	PEV
SG+EG	-1,96	6543,12	21,30	8714,58	128,86	8417,05
SG-EG	-1,83	5895,10	21,39	7710,30	129,15	7181,58
CG+EG	0,33	5633,42	14,10	6536,51	96,66	6797,10
CG-EG	0,18	5654,22	14,10	6473,06	97,01	6297,59

+ EG, se incluye el efecto ganadería en el modelo
- EG, no se incluye el efecto ganadería en el modelo
Sel, % de granjas bajo selección
SG, sin genealogía
CG, con genealogía

TABLA 11
SESGO (B, KG.) Y VARIANZA DEL ERROR DE PERDICIÓN (PEV) DE LOS VALORES DE MEJORA PREDICHOS EN EL CASO DE GANADERÍAS CONECTADAS (ANALLA *et al.*, 1995)

	C32,S0		C100,S0		C32,S100		C100,S100	
	B	PEV	B	PEV	B	PEV	B	PEV
SG+EG	53,33	8567,85	129,75	3879,30	161,73	7509,13	251,45	3588,40
SG-EG	43,52	7515,87	129,79	4411,68	161,72	6634,11	251,29	4002,41
CG+EG	27,93	6568,49	112,75	3522,31	148,16	6265,15	223,88	3285,54
CG+EG	27,12	6172,48	125,55	5063,94	149,66	5903,68	241,64	4515,33

+ EG, se incluye el efecto ganadería en el modelo
- EG, no se incluye el efecto ganadería en el modelo
C, % de granjas conectadas
S, % de granjas bajo selección
SG, sin genealogía
CG, con genealogía

mediante simulación, diferentes modelos de valoración en diferentes situaciones respecto a los aspectos antes mencionados y se comparan los resultados de la clasificación de los animales obtenida con cada uno de ellos con la clasificación en función del verdadero valor genético.

Los primeros resultados indican que, cuando disponemos de ganaderías totalmente desconectadas y poca información genealógica (solo materna), no se debe incluir el efecto rebaño en el modelo de valoración (ANALLA *et al.* 1995) (Tablas 10 y 11).

TABLA 12
NÚMERO Y PORCENTAJE DE GANADERÍAS DE LA RAZA MURCIANO-GRANADINA ENCUESTADAS EN LAS QUE SE PRODUCEN LOS DIFERENTES TIPOS DE MOVIMIENTOS DE MACHOS (TAMAÑO MUESTRAL: 146. FECHA DE REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA: 1993)

	GRANADA	ALMERIA
Compran	12 (16,0%)	45 (68,1%)
Venden	11 (14,7%)	11 (16,7%)
Ni compran ni venden	55 (73,3%)	21 (31,8%)
Compran y venden	3 (4,0%)	11 (16,7%)
Intercambian	39 (52,0%)	12 (18,2%)

TABLA 13
ÍNDICE DE IMPORTANCIA (1) DADA POR LOS GANADEROS DE LA RAZA MURCIANO-GRANADINA ENCUESTADOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS MACHOS DE REPOSICIÓN (TAMAÑO MUESTRAL: 146. FECHA DE REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA: 1993)

	GRANADA	ALMERIA
Tener mamellas	70	7
Nacidos acornes	67	20
Hijos de madre con la mejor producción	57	49
Morfología del cabrito	53	42
Estándar racial	53	29
Hijos de hembras con cualidades maternas	49	2
Nacidos de parto doble	39	
Hijos de padres con buena morfología	38	7
Hijos de padres que han tenido buenas hijas	36	7
Morfología de testículos y escroto	34	
Sexo de los hermanos mellizos	9	11
Época del año en que nace	9	18

(1) Índice que tiene en cuenta la frecuencia con que se cita el criterio y el orden que ocupa en la relación de criterios

Esquema de selección

En la actualidad, con el sistema de reproducción basado en la M.N. y, como consecuencia, sin posibilidades de disponer de control de paternidades, la única selección posible es la selección intra-rebaño. La información disponible para hacer la valoración genética de los machos es la de sus antepasados hembras (normalmente la madre), toda vez que la elección de los machos de reposición se hace durante su primer mes de vida y, normalmente, una vez elegidos permanecen en la ganadería un período comprendido entre 4 y 5 años. La información correspondiente a las hembras es la producción propia y la de todas sus parientes. La autoreposición de hembras es total y la de machos es bastante elevada en la raza Malagueña (apreciación subjetiva) y algo menos en la raza Murciano-Granadina (Tabla 12).

En estas circunstancias la valoración genética de los reproductores debería hacerse también intra-rebaño. Sin embargo, teniendo en cuenta que no ha existido una selección planificada, a excepción de la realizada por los ganaderos, que frecuentemente se basa en criterios diferentes de los considerados en el programa de selección propuesto (Tabla 13), no cabe esperar que existan grandes diferencias de nivel genético entre las ganaderías. Así pues, la valoración genética se hace con el conjunto de los datos de todas las ganaderías en control y la elección de los sementales

Para poder hacer un mejor uso de los mejores machos seleccionados, las asociaciones de criadores de las dos razas propusieron el establecimiento de sistemas de recría colectiva de los cabritos. Éstos se recogerían en las ganaderías después del destete (entre los 45 y 60 días de vida), se llevarían a una explotación o centro de recría, donde se les haría un seguimiento de crecimiento y, en la pubertad, de características seminales. De estos centros (uno por cada raza), los machos jóvenes se redistribuirían entre las diferentes ganaderías evitando aquella donde nacieron.

En la figura 1 se puede ver el programa de selección que han adoptado las asociaciones de criadores de las dos razas.

Donde:

S1 = Selección de hembras élite (Madres de machos de recría).

S2 = Selección de hembras para madres de reposición solo de hembras (para completar necesidades de reposición de hembras).

S3 = Selección de machos de recría para cubrir necesidades de reposición de machos en el núcleo de selección.

C1 = Cubrición con los machos de recría, con los mejores índices genéticos.

C2 = Cubrición con cualquier tipo de machos de la propia ganadería.

Se han llevado a cabo ensayos aislados de introducción de la I.A. en algunas de las ganaderías en control. Los resultados no han sido muy esperanzadores hasta el momento, fundamentalmente por no haberse abordado el problema con una metodología adecuada. No obstante, tanto las asociaciones de criadores como los técnicos de la Administración implicados en los trabajos de control lechero y selección de las dos razas, están convencidos de la necesidad de utilizar la I.A. como instrumento de la selección.

En trabajos de simulación realizados por nuestro equipo se ha encontrado que la respuesta a la selección del carácter cantidad de leche producida aumenta alrededor de un

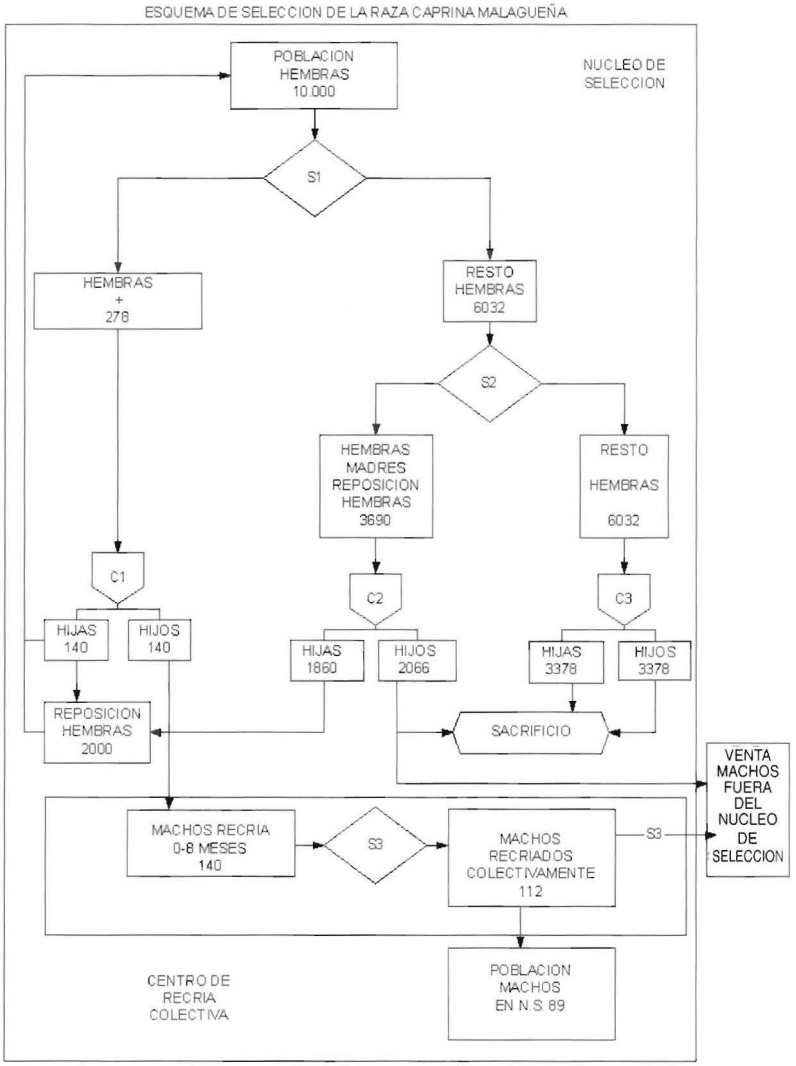


Figura 1. Esquema de selección con Monta Natural

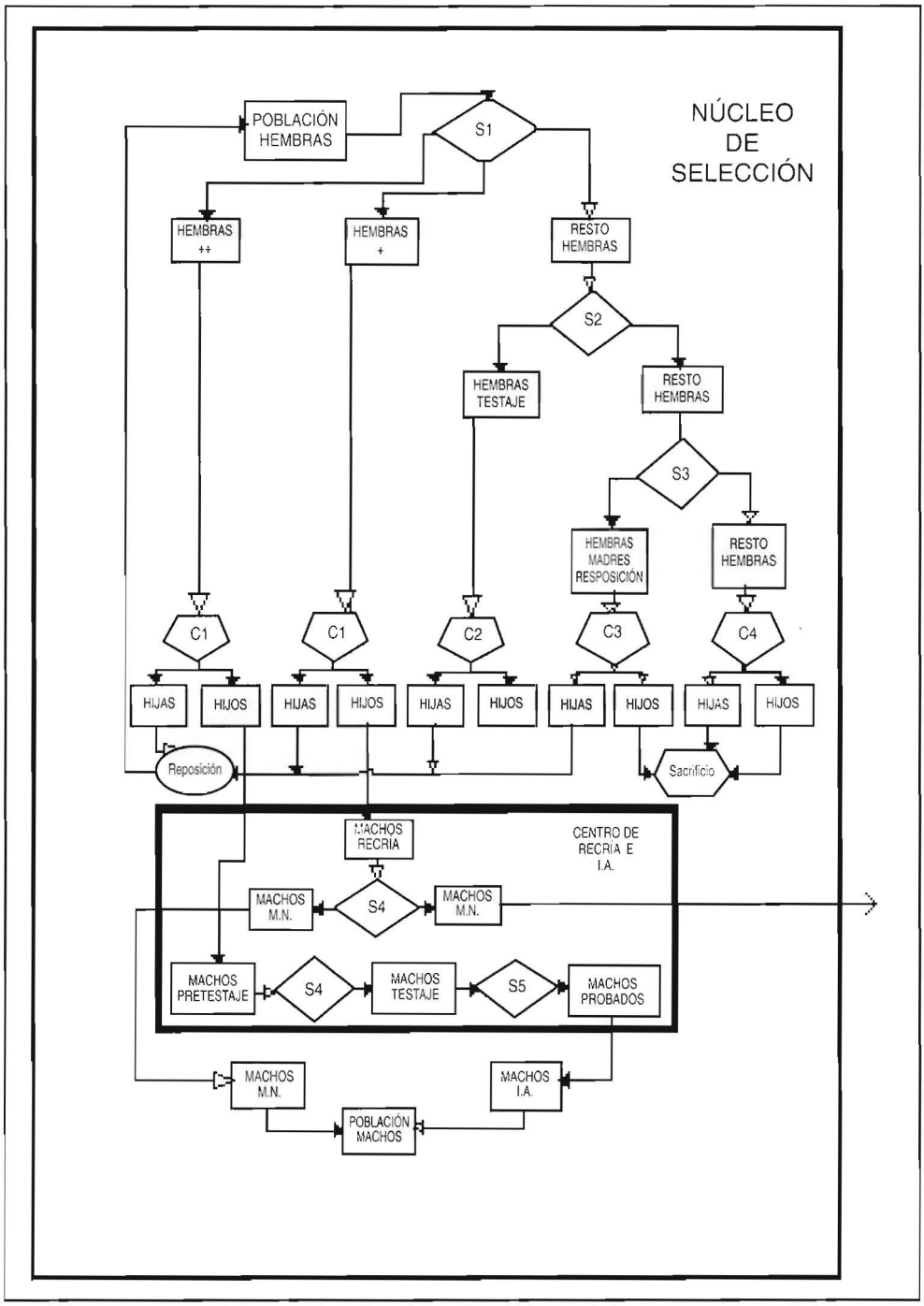


Figura 2. Esquema de selección con Inseminación Artificial

40% al utilizar la I.A. Las correspondientes respuestas para los caracteres contenido, (%) de grasa y de proteína, aumentan alrededor de un 43%

Teniendo en cuenta que es difícil pensar que la I.A. se generalice en el ganado caprino como método casi exclusivo de reproducción, como lo está en el ganado vacuno, se ha planteado la posibilidad de que en un futuro próximo se pueda llevar a cabo un esquema de selección como el de la Figura 2, en el que la reposición de machos se obtenga mediante un sistema mixto de I. A. con machos en prueba de descendencia y machos probados y machos para M.N., hijos de éstos últimos.

Donde:

S1 = Selección de hembras élite.

S2 = Selección de hembras para su inseminación con machos en testaje.

S3 = Selección de hembras para madres de reposición solo de hembras (para completar las necesidades de reposición de hembras).

S4 = Selección de machos de recría y testaje para M.N.

S5 = Selección de machos en testaje.

C1 = Cubrición mediante I.A. con semen de machos probados.

C2 = Cubrición mediante I.A. con semen de machos en prueba.

C3 = Cubrición mediante M.N. con los machos de la propia ganadería que procedan de la recría colectiva.

C4 = Cubrición con cualquier tipo de machos de la propia ganadería.

En la actualidad nuestro grupo esta tratando cuantificar, mediante simulación, cual es la ganancia genética esperada, si se plantea un esquema basado en la monta natural y la selección intra-rebaño como el que se aplica actualmente y si se aplica un sistema basado en la inseminación artificial únicamente. También se evalúa la incidencia de aspectos como la conexión de las ganaderías, el nivel de información genealógica o el nivel genético medio de las ganaderías de la población inicial.

Grado de aplicación y factores que limitan el desarrollo del programa de mejora

Grado de aplicación del Programa

El programa de mejora comenzó en el año 1991, con una reestructuración de los controles lecheros. Es en este año cuando la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía estableció, mediante convenio con la Universidad de Córdoba, la infraestrutura para el procesamiento informático de los controles. Posteriormente, en el año 92, dicha Consejería creó los laboratorios de Control Lechero de Málaga (para la raza Malagueña) y de Granada y Almería (para la raza Murciano-Granadina). Por otra parte, las asociaciones de criadores de las dos razas, después de una reestructuración, asumieron la gestión del Libro Genealógico y pusieron en marcha una serie de programas de asistencia sanitaria, complementarios de sus actuaciones relacionadas con la mejora de la raza.

La fiabilidad de los controles ha mejorado considerablemente en los últimos cinco años, se ha pasado de más de un 50% de datos no válidos a algo menos de un 25%. Su disponibilidad, en forma de bases de datos, y su accesibilidad para los ganaderos y técnicos es prácticamente total.

La fiabilidad del Libro Genealógico sigue siendo escasa. Las paternidades son en su casi totalidad falsas y las maternidades lo son también en un porcentaje no determinado, pero que se estima elevado, como consecuencia de las circunstancias ligadas a los sistemas de manejo que se mencionaron anteriormente. Por lo que la información del Libro Genealógico de que disponen las asociaciones de criadores es prácticamente inutilizable en el Programa de Mejora.

Finalmente, el grado de utilización por parte de los ganaderos de los listados de valoraciones genéticas que se les entregan, aunque ha mejorado en los dos últimos años, como consecuencia de un decreto de ayudas a la reposición de cabras bien valoradas de la Consejería de Agricultura, sigue siendo insuficiente. Muchos ganaderos siguen teniendo dificultades para comprender el uso de valores no directamente evidentes, como las producciones o aspectos morfológicos directamente visibles, como criterios de selección. Además, los ganaderos están más interesados, normalmente, en la asistencia que reciben de las asociaciones de criadores en materia de sanidad que en el Programa de Mejora.

A todo esto hay que añadir que todo el programa depende en su totalidad de la financiación pública (fundamentalmente ayudas a través de convenios con la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía, subvenciones del Ministerio de Agricultura y Pesca para la gestión del Libro Genealógico y para el Control Lechero), por lo que cuando los pagos se retrasan o las ayudas se ven recortadas, como ocurre en la actualidad, todo el Programa se resiente.

Factores que limitan el desarrollo del Programa

Existen una serie de factores que se derivan de la estructura de los sistemas producción, de los sistemas de manejo del ganado y de la escasa formación e interés de los ganaderos que inciden negativamente en los procesos de valoración y selección. En orden ascendente de importancia son:

– El sistema de lactancia natural de los cabritos hace que el control que se realiza durante dicha fase no sea indicativo de la producción de la cabra y sea necesario estimar la producción de la primera fase de la lactación con el segundo control, tal y como se ha discutido en la primera parte de este trabajo. El segundo control tiene lugar un número de días después del parto que puede variar entre 45 y 65 (en algunos casos más). Esto incide en la cantidad de leche estimada. En trabajos experimentales realizados con controles semanales (HERNÁNDEZ, 1991), se ha observado que considerando el intervalo entre el parto y el primer control válido como un factor fijo, éste resulta significativo. El problema estriba en la adecuada definición de los niveles de este factor, ya que la incidencia de dicho intervalo en la estimación de la producción depende de cuando se produce el pico de la lactación y esto, según los datos de que se dispone (HERNÁNDEZ, 1991; DÍAZ, 1993) es muy variable.

– La frecuencia diaria de ordeños no es siempre constante a lo largo de toda la lactación. Existen ganaderos que practican el doble ordeño durante la fase más productiva de la lactación y el ordeño simple en el resto. El momento del cambio varía de unos ganaderos a otros y, aún para un mismo ganadero, de unas cabras a otras. Por lo tanto, la definición de los niveles del factor número de ordeños (ordeño simple y doble) no responde exactamente a la realidad.

– El sistema de lactancia natural de los cabritos que se dejan como reposición es tal que éstos están mamando tanto de la madre como de cualquier otra cabra (frecuentemente el propio ganadero o pastor arrima a dichos cabritos a las cabras más productoras). Esto puede dar lugar a una subestimación de las producciones de las cabras mejores y, por tanto, a una infravaloración de éstas.

– La ausencia de fiabilidad en las maternidades introduce un sesgo importante en las valoraciones. Actualmente este sesgo no es muy elevado, porque aún no se dispone de series prolongadas de controles y muchos animales resultan evaluados sólo por su propio rendimiento. Sin embargo, a medida de que se disponga de más datos históricos, la incidencia de las ascendencias y descendencias erróneas en la valoración será mayor.

– La ausencia de genealogías paternas da lugar a una menor fiabilidad y precisión de las valoraciones, pero sobretodo, da lugar a un desconocimiento de las conexiones entre rebaños, si éstas existen. Esto plantea el problema de la validez de llevar a cabo una valoración conjunta de todos los animales de todos los rebaños, que ya se ha discutido anteriormente, y el problema de la corrección del efecto rebaño. Esta corrección implica tanto a las diferencias de índole ambiental como genéticas entre los rebaños. Las diferencias genéticas entre rebaños solamente pueden ser corregidas cuando están genealógicamente conectados. Este tema se tratará en el siguiente apartado.

– Aún en las mejores circunstancias, incluso suponiendo posible el control de paternidad, la M.N. como método reproductivo impone serias limitaciones al progreso genético esperable con el programa de selección. Solamente el uso de la I.A. permitiría superar estas limitaciones.

– La poca conexión entre rebaños, dificulta la corrección del efecto rebaño a la hora de realizar las valoraciones genéticas y contribuye a que la única selección realizable en la práctica sea la selección intra-rebaño.

– El censo de cabras controlado en cada una de las dos razas no supera, en el mejor de los casos, el 4% del censo, si se tiene en cuenta además que no todas las cabras tienen datos válidos, el porcentaje de cabras con controles efectivos para la selección se reduce. Los núcleos de selección son de un tamaño demasiado reducido para tener una incidencia significativa en el conjunto de la raza.

– Existe una gran diversidad de sistemas de producción y condiciones ambientales, tal y como se describió en la primera parte de este trabajo. Morfológicamente, se han encontrado diferencias significativas entre las variedades o ecotipos denominadas "de vega" y las "de montaña" en la raza Murciano-Granadina. Cualquier ganadero de la raza Malagueña conoce las diferencias que existen en la morfología y aptitudes productivas entre la variedad de esta raza denominada "de costa" (correspondiente a zonas con estabulación casi permanente y sistemas intensivos) y el resto. En el caso, más que probable, de que existan interacciones genotipo-ambientales para los caracteres productivos y morfológicos, es cuestionable que deba hacerse la valoración genética y la selección conjuntamente para todas estas variedades.

– El tamaño reducido de las explotaciones de caprino lechero en Andalucía es otra limitante. Hay que tener en cuenta que el 50% de las explotaciones de caprino en Andalucía son de menos de 50 cabras, cons-

tituyendo el 14% del total de l censo (Tabla 14). Esto supone que existe un gran número de ganaderías de tamaño pequeño que dificulta la puesta en marcha de un programa de mejora, sobretodo si se tiene en cuenta que la única selección posible en la actualidad es la selección intra-rebaño.

Investigaciones sobre el desarrollo de nuevos criterios de selección basados en los polimorfismos de las caseínas

Dado que el principal destino de la leche de cabra es su transformación en queso, el objetivo de la selección debe de estar orientado a incrementar la producción de este producto, tal y como se ha mencionado en un apartado anterior. Todos los tipos de queso tienen como factor limitante del rendimiento leche-queso el contenido de proteínas coagulables (caseínas) de la leche y, por tanto, éste debe de ser el principal criterio utilizado en la selección. Sin embargo, el contenido de caseínas de la leche ha sido hasta hace poco un carácter difícil de medir, por lo que se ha sustituido por el contenido de proteínas totales, que está genética y positivamente correlacionado con él, pero que se puede medir en aparatos automáticos. En la actualidad se está tratando de resolver este problema por dos vías: La primera consiste en la utilización de sistemas de análisis del contenido de caseínas en la leche mediante espectrofotómetros en el infrarrojo medio y cercano que permiten el análisis rutinario de un gran número de muestras en poco tiempo, de una manera similar a como se analizan la grasa y la proteína. La segunda vía se basa en la utilización de las diferencias existentes en el contenido de caseínas en la leche procedente de animales con distintos genotipos de los genes que codifican la síntesis de estas proteínas.

En relación con la primera vía, nuestro equipo ha calibrado un espectrofotómetro que trabaja con radiación en el infrarrojo cercano (NIR Systems 6500), empleando la información espectral de 750 valores de longitud de onda, para la predicción de los contenidos de grasa, lactosa, proteína total, caseínas totales y de cada una de las tres fracciones caseínicas: caseína as, caseína b, caseína k. Los parámetros correspondientes a estas calibraciones quedan reflejados en la tabla 15.

Las proteínas de la leche se pueden dividir en dos grandes grupos: las proteínas del suero (α-lactoalbúmina y β-lactoglobulina) y las caseínas (α_{s1}, α_{s2}, β y κ). En la caseína as1 caprina se han descubierto una serie de formas alélicas, las más frecuentes de las

TABLA 14
DISTRIBUCIÓN SEGÚN ESTRATOS DE TAMAÑO DE REBAÑO DEL NÚMERO Y PORCENTAJE DE GANADERÍAS Y CABRAS (BIAP, 1992)

N° de cabras	1-29	30-49	50-99	100-199	200-399	>400
Ganaderías	4.485	1.961	3.012	2.224	834	193
(%)	35	15	24	18	7	1
Cabras	59.112	74.471	209.922	294.890	216.345	114.395
(%)	6	8	22	30	22	12

TABLA 15
DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS DE LAS CALIBRACIONES Y VALIDACIONES DEL NIR PARA LAS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA LECHE DE CABRA

	Calibración					Validación					
	N	Media	CV	R2	SEC	N	Media	CV	R2	Sesgo	SEP
Proteína	50	3,42	3,5	0,92	0,12	42	3,4	4,39	0,92	0	0,15
Caseína	50	2,45	7,9	0,93	0,19	42	2,38	12,0	0,87	-0,05	0,29
Grasa	50	4,00	4,5	0,92	0,178	42	3,93	6,5	0,91	0,03	0,26
Lactosa	50	4,98	1,0	0,98	0,005	44	4,97	1,8	0,92	00	0,09
Cas-as	48	0,77	4,9	0,90	0,04	33	0,80	7,4	0,86	0,091	0,06
Cas-b	48	1,13	3,7	0,94	0,04	29	1,11	5,5	0,92	-0,012	0,06
Cas-k	48	0,39	5,4	0,92	0,02	28	0,34	13,5	0,86	-0,010	0,05

SEC:Error típico de la estimación en la calibración. SEP: Error típico de la predicción en la validación
Fuente: DIAZ-CARRILLO y cols. (1993)

cuales se denominan A, B, C, D, E, F y 0 (alelo nulo), En cabras en estación experimental de las razas Alpina y Saanen francesas, se ha encontrado una relación entre estas formas alélicas y las tasas de síntesis de las caseínas, tal y como se describe en la tabla 16. Trabajos experimentales más recientes llevados a cabo en el mismo rebaño confirman el efecto favorable del alelo A sobre la cantidad de proteína y sobretodo sobre el contenido (%) de proteína en la leche, en relación a la influencia desfavorable del alelo F, si bien las magnitudes de esta influencia son algo diferentes de las reseñadas anteriormente (BARBIERI y cols., 1995). En este mismo trabajo se indica que cuando se estima la heredabilidad de los caracteres de producción y contenido de proteína con un modelo mixto, que incluye los efectos poligénicos y los efectos del gen de la caseína α_{s1}, la heredabilidad y la correlación genética entre estos caracteres tienen una magnitud menor.

Los trabajos preliminares realizados con las razas españolas indican también la existencia de una relación entre los genotipos de la caseína α_{s1}, y la tasa de proteína y de caseína en la leche (Tabla 17). No obstante, estos resultados no pueden considerarse definitivos, por estar basados en un tamaño muestral pequeño y con datos procedentes de tres razas distintas mezclados. En un trabajo realizado con datos de una sola raza, la cabra Payoya, se observó que el polimorfismo de la caseína α_{s1} solamente influía sobre la tasa de caseína total, la de caseína α_{s1} y sobre la tasa de caseína β. (DIAZ CARRILLO (1993). En la actualidad se están realizando estudios con un mayor número de animales de genotipo conocido para las caseínas en las razas españolas, principalmente la Malagueña.

Aunque no está plenamente demostrado, se han observado algunas evidencias de que puede existir un polimorfismo genético de la caseína k con dos formas alélicas (DI LUCIA y cols., 1990; ANGULO y cols., 1994).

TABLA 16
CLASIFICACIÓN DE LOS ALELOS DE LA CASEÍNA α_{S1} SEGÚN EL NIVEL DE SÍNTESIS DE CASEÍNA

Contenido de caseína de la leche	Alelo α_{S1}	Tasa media caseína
Alto	A, B y C	3,6 g./l.
Medio	E	1,6 g./l.
Bajo	F y D	0,6 g./l.
Nulo	O	Ausencia α

Fuente: Grosclaude y cols. (1987)

TABLA 17
MEDIAS MÍNIMO CUADRÁTICAS DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS INFLUIDAS POR EL GENOTIPO DE LA CASEÍNA α_{S1}

Genotipos	N	% caseína total	% caseína α_{s1}	% caseína β
AE	9	2,73 b	1,01 a	1,34 b
BB	22	2.85 a	0,97 a	1,45 a
BE	18	2,74 b	0,92 b	1,44 a
EE	15	2,81 b	0,97 a	1,43 a

(Valores con letras distintas son significativamente diferentes con $p<0,05$
Fuente: DÍAZ-CARRILLO y cols. (1995)

El efecto de este polimorfismo ha sido estudiado en la raza Payoya. Los resultados relativos a las cantidades de leche, caseína total y caseína α_{s1}, producidos por lactación, que son los que resultaron significativos en el análisis, se muestran en la Tabla 18.

En la tabla 19 se describen las frecuencias con que se encuentran estos alelos en varias razas francesas y españolas. Como puede verse en dicha tabla, en las razas francesas predominan los alelos con una tasa media y baja de caseína, mientras que en las españolas, particularmente en la raza Canaria, predominan los alelos con una tasa de caseínas media y alta.

Este polimorfismo de la caseína α_{s1} lleva asociadas también diferencias en las propiedades de la leche en el proceso de su transformación en queso. Las diferencias de rendimiento en queso fresco de la leche entre el alelo A y el E y entre el A y el F son del 8,2% y 17,7% respectivamente. Los quesos producidos con leche procedente de animales con genotipos con los alelos de alto contenido en caseínas son menos grasos, menos firmes y con menor sabor típico a cabra que los quesos procedentes de los alelos asociados a tasas de síntesis de caseína media y baja (VASSAL y cols., 1994).

En las razas españolas no existen datos sobre una relación directa entre el genotipo

TABLA 18
MEDIAS MÍNIMO CUADRÁTICAS DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS DE LA RAZA PAYOYA QUE RESULTARON AFECTADAS SIGNIFICATIVAMENTE POR EL POSIBLE POLIMORFISMO DE LA CASEÍNA K

Genotipo	N	Producción leche	Producción caseína	Producción caseína α_{s1}
AA	19	319 b	9,12 b	2,9 b
AB	12	301 b	8,11 b	2,7 b
BB	3	593 b	15,32 a	5,4 a

Medias con letras diferentes son significativamene distintas con P<0,05
Fuente: ANGULO y cols. (1994)

TABLA 19
FRECUENCIAS ALÉLICAS DE LA CASEÍNA α_{s1} EN VARIAS RAZAS DE CABRAS

(N)	Saanen (159)	Alpina (213)	Murc-Gran (109)	Malagueña (373)	Payoya (111)	Canaria (74)
A	0,07	0,14	0,08	0,09	0,05	0,28
B	0,06	0,05	0,23	0,09	0,19	0,32
C		0,01				
D+0	0,03	0,05	0,02	0,13		0,20
E	0,41	0,34	0,59	0,65	0,76	0,20
F	0,43	0,41	0,08	0,04		

Fuente: JORDANA Y cols. (1996)

de la caseína α_{s1} y las características tecnológicas y el rendimiento de la leche en su transformación en queso. En la actualidad se está desarrollando un trabajo en este sentido, en el que se está haciendo un seguimiento de la leche ordeñada de cabras de genotipo conocido. Con la leche individual se hacen quesos de aproximadamente medio kilo. Sucesivas muestras de leche recogidas a lo largo de la lactación de cada animal se están analizando con un tromboelastógrafo. Simultáneamente, para poder analizar un mayor número de muestras, se está poniendo a punto la calibración con el NIRS de varios parámetros reológicos: pH, tiempo de coagulación (TC), firmeza de corte a los 20 minutos (K20,), firmeza de cuajada a los 30 y 60 minutos (a_{30} y a_{60}) y rendimiento total (RT). Resultados preliminares de dicha calibración pueden verse en la tabla 20.

La información existente hasta el momento, en relación con las variantes genéticas de las caseínas y de las relaciones existentes entre éstas y las propiedades tecnológicas de la leche y el rendimiento en su transformación en queso, ha permitido que se plantee la posibilidad de establecer nuevos criterios de selección del ganado caprino, basados en la elección como reproduc-

TABLA 20
ESTADÍSTICOS DE LA CALIBRACIÓN-VALIDACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LA LECHE DE CABRA CON EL NIRS

	N	Media	R^2	SEC	SECV
pH	212	6,353	0,675	0,108	0,120
TY	212	18,404	0,665	2,863	3,012
CT	199	26,803	0,345	6,177	6,336
K20	190	7,847	0,221	2,676	2,843
a_{30}	221	15,606	0,166	13,990	13,849
a_{60}	209	36,301	0,314	9,726	10,003

SEC: Error típico de la calibración. SECV: Error típico de la validación
Fuente: ANGULO y cols. (1995)

tores de animales portadores de los alelos favorables de los genes mayores de las caseínas. La ventaja de este tipo de selección sería que solamente requiere un control (la determinación del genotipo del animal) y además se podría hacer en una edad muy temprana en las hembras, aún antes de entrar en producción por primera vez, y también en los machos, en ambos casos mediante la ampliación y análisis del ADN extraído de los leucocitos de la sangre. Sin embargo, al existir una influencia no solamente monogénica (de los genes de la caseína), sino también poligénica sobre la síntesis de caseína, las distribuciones de valores de los distintos genotipos se solapan, por lo que seleccionando solamente por las variantes del gen mayor de la caseína as1 por ejemplo, se perderían posiblemente variantes favorables de los demás poligenes.

MANFREDI y cols. (1995) estudiaron el efecto que ha tenido la selección llevada a cabo hasta el momento en las razas Alpina y Saanen en Francia sobre la frecuencia de los diferentes genotipos de las caseínas de los machos de I.A. seleccionados. Observaron que, en relación con el gen de la caseína α_{s1} el 49% son de genotipo AA, el 30% son de genotipo AE y 28% AF.

BARBIERI (1995) ha estudiado, mediante un modelo determinístico de simulación, el efecto de combinar la selección basada en los poligenes y la del gen mayor de la caseína α_{s1}. Los resultados demuestran que si se lleva a cabo una preselección de los machos jóvenes portadores de los alelos de elevada síntesis de caseínas, la respuesta, en términos de contenido de proteína en la leche, que se obtiene es de un 7% a un 12% superior a la del esquema tradicional de selección.

En nuestro equipo se está estudiando con un modelo de simulación dinámico, en el que partiendo de una población base, generada con los mismos parámetros fenotípicos, genéticos y ambientales que la población real de cabras de raza Malagueña en control, se establece un determinado sistema de selección y se van generando todas las generaciones que se deseen. Se están contrastando dos modelos de valoración genética: incluyendo o no el genotipo de la caseína α_{s1} como efecto fijo, y dos sistemas de selección: 1) Considerando primero las predicción BLUP del valor genético de los

padres y seleccionando después los hijos de los padres que tienen los mejores índices, que son portadores de los alelos favorables de la caseína α_{s1}. 2) Seleccionando primero los hijos que son portadores de los alelos favorables de la caseína α_{s1} y, entre éstos, aquéllos cuyos padres tienen los mejores índices. Además de comparar los niveles genéticos medios alcanzados en la población con cada sistema de selección al cabo de una serie de años, se hace un seguimiento de la evolución, en cada caso de las frecuencias de los diferentes genotipos.

Referencias

ANALLA, M.; JIMÉNEZ-GAMERO, I.: MUÑOZ-SERRANO, A.: SERRADILLA, J.M.: FALAGÁN A. 1996. "Estimation of Genetic Parameters for Milk Yield and Fat and Protein Contents in Murciano-Granadina" Goats. *Journal of Dairy Science*. En prensa.

ANALLA, M.; SÁNCHEZ-PALMA, A.: MUÑOZ-SERRANO, A.; SERRADILLA, J.M. 1995. "Simulation analysis with BLUP methodology of different dat structures in goat selection in Spain". *Small Ruminant Research* 17,51-52.

ANGULO, C.; ANALLA, M.; JIMÉNEZ, I.: MUÑOZ, A.; MORAGA, A.: SERRADILLA, J.M. 1995. "Nir analysis of cheese-making properties of goat's milk. 7th International". *Conference on Near Infrared Spectroscopy*. Agosto 1995. Montreal. Canada

ANGULO, C.; DIAZ-CARRILLO, E.; MUÑOZ, A.; ALONSO, A.; JIMÉNEZ, I.; SERRADILLA, J.M. 1993. "Effect of electroforetic goat's k-casein polymorphism on milk yield and manin componets yield". *Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Vol 19, 333-336.

B.I.A.P. Boletín de Información Agraria y Pesquera 1995,1994,1992. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

BARBIERI, M.E. 1995. "Polymorphism de la caséine α_{s1}. Effets des genotypes sur des performances zootechniques et utilisation en selection caprine". *Tésis Doctoral. Institute National Agronomique*. Paris-Grignon.

BARBIERI, M.E.; MANFREDI, E.; ELSEN, J.M.; RICORDEAU, G.; BOUILLON, J.; GROSCALUDE, F.; MAHÉ, M.F., BIBÉ, B. 1995. "Influence du locus de la caséine α_{s1} sur les performances laitières et les paramètres génétiques des chèvres de race Alpine". *Genet. Sel. Evol.* 27, 437-450.

DI LUCIA, A.; MAURIELLO, R.; CHIANESE, L.; MOIO, L.; ADDEO, F. 1990. "k-casein polymorphism in caprine milk". *Scienza e tecnica latiero-casearia* 41, 305-314.

DIAZ CARRILLO, E. 1993. "Análisis de los contenidos y producción total de las fracciones caseínicas en la leche de tres razas de cabras españolas. Factores de variación y relaciones con otros componentes lácteos". *Tésis Doctoral. Universidad de Córdoba.*

DIAZ CARRILLO, E.; ANGULO-HERAS, C.; JIMÉNEZ-GAMERO, I.; ALONSO-MORAGA, A.; MUÑOZ-SERRANO, A.; SERRADILLA-MANRIQUE J.M. 1995. "Polimorfismos bioquímicos de las caseínas α_{s1}, α_{s2} y k en tres razas caprinas españolas: estudio preliminar de la relación entre las variantes eletroforéticas y diferentes parámetros productivos". *ITEA* 16(1), 251-253

DÍAZ-CARRILLO, E. 1993. "Análisis de los contenidos y producción total de las fracciones caseínicas en la leche de tres razas de cabras españolas. Factores de variación y relaciones con otros componentes lácteos". *Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.*

DIAZ-CARRILLO, E.; ALONSO-MORAGA, A.; MUÑOZ-SERRANO, A.; SERRADILLA, J.M.; BAENA F. 1993. "Factores de variación ambientales de las caseínas de la leche de cabra". *V Jornadas sobre Producción Animal*. Vol. extra, 12,284-286.

FALAGAN, A. 1990. "Agrupaciones caprinas españolas. Aptitudes y sistemas de producción". *Mundo Ganadero*, 9,20-27

HERNADEZ, D. 1991. "Bases de un Programa de Selección de Ganado Caprino. Controles de Producción". *Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.*

M.A.P.A. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1992. *Anuario de Estadística Agraria* n.os 398,468 : y 473.

VASSAL, L.; DELACROIX-BUCHET, A.; BOUILLON J. 1994. "Influence des génotypes AA, EE et FF de la caséine as1 caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles de fromages traditionels: premières observations". *Lait* 74, 89-103.