

Juan M. Serradilla
Departamento de Producción Animal
Universidad de Córdoba



Asociación Española de Criadores
de la Cabra Malagueña

Últimos avances en el estudio del gen de la caseína α_{s1} para su empleo en el esquema de selección de la raza *Caprina Malagueña*

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la línea de trabajo sobre la genética de las proteínas lácteas caprinas que se viene desarrollando desde hace varios años en el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, la Asociación Española de Criadores de la Cabra Malagueña ha colaborado activamente en varios proyectos de investigación, financiados a través de convocatorias del Plan nacional de I+D, dos de cuyos objetivos han sido obtener un conocimiento del efecto del gen de la caseína (α_{s1}) sobre la composición proteica y la calidad tecnológica de la leche de las cabras de la raza Malagueña y diseñar estrategias para su utilización en el programa de selección de dicha raza.

Lo que sigue a continuación resume algunos de los principales resultados obtenidos hasta el momento y.

II. LA SELECCIÓN DE LAS CABRAS LECHERAS

La mejora genética de las cabras lecheras se fundamenta en la selección en raza pura. La utilización de la I.A. ha permitido aplicar los mismos métodos de selección empleados para otras especies; en particular el vacuno, en las que los programas de selección cuentan con una historia más prolongada y están más desarrollados. La selección de los reproductores requiere disponer de dos fuentes de información: los registros de producción y morfológicos, con las medidas de los caracteres que

constituyen los objetivos de la selección, y los registros genealógicos. Con ellas se lleva a cabo la valoración genética de los reproductores, paso previo a la selección de la reposición. El método empleado en la actualidad para realizar esta valoración genética (método BLUP) permite valorar todos los animales, tanto aquellos de los que se dispone de registros de producción y morfológicos, como aquellos de los que no se tiene este tipo de información pero de los que se conoce su parentesco con los anteriores. Es posible así estimar o predecir el valor genético tanto de machos como de hembras para caracteres como la producción de leche que solamente se expresan en estas.

Los principales objetivos de la selección de las cabras lecheras son la cantidad de leche producida, su ri-



queza o contenido de grasa y proteína y algunas de las características morfológicas que más inciden en su longevidad productiva (aplomos, capacidad torácica, características de las ubres, etc.). Todos ellos son caracteres de naturaleza continua (pueden adoptar infinitos posibles valores comprendidos en un determinado rango en una escala lineal) y se les supone una determinación genética dependiente de un elevado número de genes, denominados poligenes, con efectos pequeños e intercambiables. Sobre este modelo (denominado infinitesimal) se basan los métodos cuantitativos, anteriormente mencionados, empleados para realizar la valoración genética y la selección de los reproductores. Sin embargo, en el caso del contenido proteico de la leche, el modelo infinitesimal no se cumple exactamente. Se sabe que existen genes, denominados genes mayores, que tienen un efecto grande, mayor que el del resto de los poligenes que determinan dicho contenido proteico. Estos genes mayores son los que dan lugar a (codifican para) las caseínas de la leche.

III. LAS PROTEÍNAS LÁCTEAS Y EL GEN DE LA CASEÍNA α_{s1}

La leche tiene dos grupos de proteínas, las proteínas coagulables o caseínas, que son aquellas que cuando se somete a la leche a unas determinadas condiciones precipitan o coagulan, dando lugar a la cuajada, y las proteínas solubles, que cuando se produce la coagulación de la leche permanecen casi en su totalidad en el lactosuero. Existen cuatro tipos o moléculas de caseína, denominadas alfa s_1 (α_{s1}), alfa s_2 (α_{s2}), beta (β) y kapa (κ). Cada una de ellas está codificada (producida) por un gen diferente. Estos genes no son exactamente iguales en todos los animales; se dice que son polimórficos. En el caso del gen de la caseína α_{s1} de las cabras se conocen hasta 15 variantes o formas distintas (alelos) del gen. Se trata, por tanto, de un gen muy polimórfico. Estas 15 variantes se pueden agrupar en cuatro grupos, de los que los alelos más comúnmente representados en las razas Malagueña y Alpina,



junto con su grado de contribución a la síntesis de caseína y, por tanto, al contenido proteico de la leche, se indican en la tabla 1.

Como puede observarse en esta tabla, los niveles de expresión de los distintos alelos del gen en las dos razas son cuantitativamente diferentes, manteniéndose el orden entre ellos.

El polimorfismo de este gen no afecta so-

Tabla 1. Principales formas alélicas del gen de la caseína α_{s1} y sus contribuciones medias a la síntesis de dicha proteína láctea en las razas Alpina francesa y Malagueña

Alelo	Nivel de expresión	Capacidad de caseína α_{s1}	
		Alpina ¹	Malagueña ²
A B C	Fuerte	3,5 g/l	3,7 g/l
E	Intermedio	1,1 g/l	2,5 g/l
F G	Débil	0,45 g/l	2,0 g/l
O	Nulo	vestigios	0 g/l

Fuentes: ¹ Martin y cols. (1999), ² Angulo (1999) y Serradilla (2002).

lamente al contenido de caseína α_{s1} en la leche, sino también a otra serie de propiedades de ésta que son importantes en el proceso de transformación en queso. Los principales, tal y como se recoge en la revisión de Trujillo y cols. (1999), son el rendimiento de cuajada, el tiempo de coagulación y la firmeza y estabilidad de la cuajada. Para todas estas características tecnológicas, el comportamiento de la leche de las cabras con genotipos constituidos por alelos «fuertes» es mejor que el de las cabras con genotipos constituidos por alelos «intermedios» y éste, a su vez, mejor que el de la leche de las cabras con genotipos constituidos por alelos «débiles».

Por otra parte, las diferentes razas de cabras para las que se ha estudiado este polimorfismo hasta el momento, presentan diferentes frecuencias de las diferentes formas alélicas, tal y como puede verse en la tabla 2.

En esta tabla se puede ver como el alelo más frecuente en las razas españolas con excepción de la Palmera, de la Agrupación Canaria, es el «intermedio» (E), mientras que en la Alpina francesa, lo mismo que en la Saanen y otras razas italianas del tronco Alpino, el alelo más frecuente es el alelo «débil» (F).

IV. ¿CÓMO SE PUEDE UTILIZAR EL GEN DE LA CASEÍNA α_{s1} EN LA SELECCIÓN DE LAS CABRAS LECHERAS?

Como se mencionó anteriormente, los métodos de selección actuales de las cabras se fundamentan en la utilización de la información recogida en los controles de rendimiento lechero, particularmente la cantidad de leche producida por lactación y las concentraciones de grasa y proteína en la leche. Con los valores de cada animal para estos caracteres, se elaboran unos índices genéticos con los que se deciden los apareamientos.

mientos y se elige la reposición, tanto de machos como de hembras.

El genotipo del gen de la caseína α_{s1} de cada animal, sea este macho o hembra, es fácil de determinar a partir de una muestra de sangre y esta determinación, que se realiza en el laboratorio en unas pocas horas y con un coste aproximado de 15€ por animal, se puede hacer en cualquier momento de su vida, incluso en el cabrito recién nacido. Esto quiere decir que se puede disponer de una información adicional a los datos productivos recogidos en el control de rendimientos, que puede ser utilizada, junto con éstos, para lograr un proceso de selección más eficaz y una mejora genética más rápida del contenido de proteína en la leche.

Existen diferentes formas en que se puede utilizar esta información del genotipo del gen de la caseína α_{s1} en el proceso de selección: para planificar los apareamientos (normalmente las inseminaciones), para la selección de la reposición de sementales (tanto de monta natural como de inseminación), para elegir la reposición hembras, o para algunos de estos procesos de apareamiento y selección de reposición a la vez. El modo elegido dependerá de un balance entre los resultados que cabe esperar con cada uno de estos métodos y el coste de la determinación de los genotipos.

Ante la imposibilidad de utilizar resultados ya alcanzados con estos métodos, toda vez que hasta el momento solamente está siendo utilizado uno de ellos (la selección de sementales para la I.A. en el programa de selección de las razas Alpina y Saanen en Francia), es necesario recurrir a la realización de simulaciones con ordenador, en las que se obtiene una previsión del resultado, en términos de progreso genético anual, que cabe esperar con cada método. En un trabajo de este tipo en el que se simuló un esquema de selección adaptado a la ra-

za Malagueña (Sánchez Palma y cols., 2000), se llegó a la conclusión de que determinando solamente el genotipo de los machos candidatos a sementales de I.A. y utilizando esta información para la selección de estos sementales, se podría aumentar el contenido de proteína medio en la leche un 10% más de lo que aumentaría si en el programa de selección no se utilizara dicha información genotípica.

Aunque la magnitud de la diferencia entre utilizar o no utilizar la información del genotipo del gen de la caseína α_{s1} no es muy grande, es importante, puesto que, debido a que existe una correlación genética negativa entre la cantidad de leche producida por lactación y el contenido medio de proteína en la leche, con un coste adicional relativamente pequeño, se podría poner más énfasis en el objetivo de aumentar la cantidad de leche producida sin correr el riesgo de que se vea reducida la concentración de proteína en la leche.

V. CONCLUSIÓN

La magnitud de las diferencias de contenido medio de proteína en la leche de cabras de diferentes genotipos para el gen de la caseína α_{s1} y las frecuencias con que se encuentran estos genotipos en la raza Malagueña, hacen recomendable que en se utilice dicha información genotípica para reforzar la selección que se haga, mediante el análisis de los datos de los controles de rendimiento, de los machos candidatos a ser utilizados para la I.A. Este procedimiento llevará a poder realizar una selección más intensa con el objetivo de lograr una mayor producción de leche, sin correr el riesgo de disminuir la concentración de la proteína en la leche.

Tabla 2
Frecuencias medias de las diferentes variantes genéticas (alelos) del gen de la caseína α_{s1} en varias razas españolas y la raza Alpina Francesa

RAZAS	ALELOS					
	A	B	C	E	F	D + O
Murciano-Granadina	0,08	0,23	—	0,59	0,08	0,02
Malagueña	0,09	0,09	—	0,65	0,04	0,13
Canaria:	0,28	0,32	—	0,20	—	0,20
• Palmera	0,68	0,23	—	0,09	—	—
• Majorera	0,07	0,38	—	0,24	—	0,31
• Tinerfeña	0,15	0,35	—	0,32	—	0,18
Alpina	0,14	0,05	0,01	0,34	0,41	0,05

Fuentes: Jordana y cols. (1996).