EFECTO DEL LOCUS CSN1S1 SOBRE LA COMPOSICIÓN PROTEÍCA Y EL RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA MALAGUEÑA. (UN ANÁLISIS LONGITUDINAL).

Pastora Agüera[(1)], Cristina Aranda[(2)], Marcel Amills[(2)], Alberto Menéndez-Buxadera[(3)], Alfonso Sánchez[(4)] y Juan M. Serradilla[(1)]
[(1)] Departamento de Producción Animal. ETSIAM. Universidad de Córdoba. Apdo. 3048. 14070 Córdoba.
[(2)] Unité de Recherches Zootechniques. INRA. Domaine Duclos, Prise d'Eau 97170 Petit Bourg, Guadeloupe (FWI).
[(3)] Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Facultat de Veterinària. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona).
[(4)] Asociación Española de Criadores de la Cabra Malagueña. El Pozuelo s/n. 29160 Casabermeja (Málaga).

INTRODUCCIÓN

El efecto del polimorfismo del locus CSN1S1 sobre la concentración de caseína α_{s1} en la leche de cabra ha sido ampliamente estudiado en las razas francesas Alpina y Saanen y en otras razas europeas, definiéndose cuatro grupos de alelos: los de contenido alto (A, B y C), con un elevado nivel de síntesis de caseína α_{s1}, el alelo E de contenido medio, los alelos F y G, con un efecto bajo y el alelo nulo (O) cuya aportación de caseína α_{s1} es nula. (Grosclaude y Martín, 1997; Martín *et al.* 1999). Se ha demostrado que este polimorfismo genético tiene también un importante efecto sobre la concentración de proteína y sobre las propiedades tecnológicas de la leche de cabra, pudiendo ser utilizadas sus variantes como marcadores para la selección (véase revisión de Manfredi, 2003).

Trabajos anteriores sobre el efecto de este polimorfismo en la raza caprina Malagueña (Angulo *et al.*, 2002; Agüera y col. 2003a) mostraron una ordenación de los genotipos respecto a los contenidos en proteína, caseína total y caseína α_{s1} similar a la observada en las razas francesas, pero no exactamente los mismos efectos cuantitativos.

Justificamos la realización de este trabajo para obtener un conocimiento más profundo acerca de los efectos del locus CSN1S1 sobre los parámetros de composición (proteína, caseína total y grasa) de la leche de cabras de raza Malagueña, aumentando el número de cabras controladas e incluyendo variables que hasta ahora no se habían estudiado, como el contenido en caseína α_{s2} y el recuento celular somático.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo con 128 cabras en segunda o tercera lactación, distribuidas en 8 rebaños pertenecientes a la Asociación de Criadores de la Raza Caprina Malagueña, con una distribución por genotipos de 12 cabras BB, 27 BF, 75 EE y 14 FF. Se recogieron muestras de leche de estas cabras en al menos cuatro momentos distribuidos más o menos uniformemente a lo largo de la lactación. La determinación del genotipo de la caseína αs1 se realizó en el Servei Veterinari de Genètica Molecular de la Universitat Autònoma de Barcelona, según el método descrito por Amills (1996).

Para la obtención de los valores de las variables en estudio se utilizó un espectrofotómetro monocromador de espectro continuo Foss-NIRSystems 6500 SY I, previamente calibrado (Agüera y col. 2003b,c).

El análisis de los datos se realizó con el procedimiento MIXED del SAS (2001) con el siguiente modelo: Y= XB + Z1 U1 + Z2 U2 + E; donde X es la matriz de incidencia de los efectos fijos genotipo (G), rebaño-año-estación (RAE) y edad de la cabra (se ha preferido este efecto al número de parto o lactación por ser más fiable y estar ambos altamente correlacionados); B es el vector de estos efectos fijos y Z1 y Z2 son las matrices de incidencias correspondientes a la parte aleatoria del modelo que describe la evolución de cada variable a lo largo de la lactación de cada cabra mediante la covariable intervalo entre el parto y la fecha de control (IPC), con un elemento para la intersección U1 y otro para los coeficientes de los términos de primer y segundo grado U2. E es el vector de errores residuales.

De este modo no solamente se determinaron los efectos fijos que actúan significativamente sobre las variables, si no que también se determinó si el genotipo tiene un efecto significativo sobre la evolución de cada variable a lo largo de la lactación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El orden de los diferentes genotipos, en lo que a todas las componentes estudiadas se refiere, coincide con los encontrados en los trabajos realizados en razas caprinas francesas (Ricordeau *et al.* 2000; Barbieri *et al.* 1995). Este resultado confirma estimaciones anteriores realizadas en esta misma raza por Angulo y col. (2002).

Es importante señalar que los contenidos medios de proteína que aparecen en la Tabla 1 son superiores a las estimadas por Barbieri *et al.* (1995) para los genotipos altos (32,18), medios (28,80) y bajos (27,63) en las razas francesas Alpina y Saanen. Lo mismo ocurre si comparamos los resultados de contenido de caseína total en la raza Malagueña (Tabla 1) con los obtenidos por Remeuf *et al*. (1993): 26,80; 22,80 y 20,79 g/kg para los genotipos altos, medios y bajos, respectivamente. También resaltamos el menor contenido de caseína total del genotipo BF respecto al EE, resultado similar al estimado por Angulo et al (2002).

Tabla 1. Medias mínimo cuadráticas y sus correspondientes errores típicos (en g/kg excepto en el caso del RCS que son unidades) obtenidas para las variables en estudio. (Medias con la misma letra de superíndice no son significativamente diferentes al nivel del 5% o inferior).

Genotipos CSN1S1 (N,n)[(1)]	**Proteína**	**Caseína**	**Caseína α_{s1}**	**Caseína α_{s2}**	**Grasa**	**RCS (x 1000)**
BB (18,5)	37,74±1,44	32,21^{a}±1,278	6,94±0,38	2,65±0,13	57,60±2,87	1322,271±1,247
BF(54,15)	34,52^{a}±0,85	29,94^{a}± 0,75	5,36±0,22	2,35^{a}±0,07	48,72^{a}±1,66	787,094^{a}±1,139
EE(194,55)	34,17^{a}±0,49	30,13^{a}± 0,43	4,58±0,13	2,32^{a}±0,04	50,17^{a}±0,98	898,560^{a}±1,080
FF(39,10)	33,14^{a}±1,03	29,44^{a}± 0,91	3,98±0,27	2,27^{a}±0,09	47,72^{a}±1,98	778,075^{a}±1,175
Efectos significativos en el modelo al nivel del 5% o inferior	G RAE [(2)] Edad IPC [(3)] IPC^2 Intersec.	-- RAE Edad IPC -- Intersec.	G RAE -- -- -- 	G RAE Edad IPC -- Intercec.	G RAE Edad -- -- 	G RAE Edad IPC -- Intersec.

[(1)] N es el número de observaciones totales que han intervenido en el análisis y n el número de cabras a las que corresponden.
[(2)] RAE: Combinación de efectos rebaño, año de parto y estación de parto.
[(3)] IPC: Intervalo entre el parto y la fecha de control (número de quincenas).

En cuanto a los contenidos medios de caseína α_{s1} asociados a los diferentes genotipos, de nuevo, el contenido medio en las cabras de la raza Malagueña vuelve a ser superior al estimado en las razas francesas. Las diferencias entre genotipos han resultado significativas para todos los grupos. Sin embargo, estas diferencias tan marcadas en el contenido de caseína α_{s1} no se corresponde con las diferencias mucho menores en contenido de caseína total, seguramente debido a posibles variaciones en los contenidos de caseínas β y κ. Sabemos que en el caso de la caseína β, que puede llegar a constituir hasta un 50% de la caseína total, existe un alelo nulo (Ramuno *et al.*, 2000), pero su baja frecuencia nos inclina a pensar que no es el responsable del efecto en discusión. Sin embargo, podría esperarse que el polimorfismo ya descrito de la caseína κ (Yahyaoui *et al.* 2001), o algún otro posible aún no

descrito, podría tener un efecto importante sobre el contenido de caseína total, como ocurre en el ganado vacuno.

Respecto al contenido en caseína α_{s2}, los resultados obtenidos son novedosos, ya que no hemos encontrado referencias de otros trabajos en los que se haya analizado esta variable. Se observa un patrón de relaciones entre genotipos parecido al de la caseína α_{s1}, si bien las únicas diferencias significativas son las existentes entre el genotipo BB y el resto. Esto podría ser la consecuencia de ligamiento entre el locus CSN1S1 y el locus CSN1S2 (Grosclaude *et al.*1987).

Por último, vemos que el recuento de células somáticas sigue el mismo orden relativo que el resto de las variables estudiadas y es significativamente superior en los genotipos BB. Esto ya se observó en trabajos preliminares de Agüera y col. (2001) y Agüera y col. (2004). La baja correlación entre cantidad de proteína en leche (superior en dichos genotipos) y el recuento celular somático observados por Zen y Escobar (1996) en varias razas caprinas podría ser una de las causa de esta asociación, si bien parece difícil que este factor explique unas diferencias tan elevadas.

En cuanto a los resultados relativos a los posibles efectos de los genotipos del locus CSN1S1 sobre la forma de las curvas de evolución de las variables estudiadas a lo largo de la lactación (análisis longitudinal), parece influir en la evolución del contenido de proteína, caseína, caseína α_{s2} y recuento de células somáticas, como lo manifiestan las significaciones de los términos de intersección y de los coeficientes de regresión aleatorios de primer y segundo grado de las ecuaciones correspondientes (Tabla 1).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüera M.P. y col. (2001). XXVI Jornadas Científicas y V Internacionales de la SEOC. Sevilla. Sept 2001. Libro de ponencias pp: 133-138

Agüera M.P. y col. (2003 a). ITEA Vol. Extra nº 24. Tomo II, 477-479.

Agüera M.P. *et al.* (2003 b). NIRS: Proceedings of the 11th International Conference. NIR Publications pp: 601-604.

Agüera P. y col. (2003 c). II Jornadas Ibéricas de Razas Autóctonas y sus Productos Tradicionales: Ganadería Ecológica. Sevilla, 19-20 Dic, 2.003 Resumen comunicación pp: 177-178

Agüera P. *et al.* Bulletin of FIL-IDF. (En prensa).

Amills, M. (1996). Tesis Doctoral. UAB.

Angulo C. *et al.*(2002) 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Productions. Montpellier. France.

Barbieri, M.F. *et al.*(1995). *Genet. Sel. Evol.* **27**: 437-450

Grosclaude F.*et al.* (1987). *Genet. Sel. Evol.* **18**:399-412

Grosclaude F. y Martin, P. (1997). Proceedings of the FIL-IDF Seminar pp: 241-253

Martin P. *et al.* (1999). Proceedings of the IDF/Greek National Committee of IDF/CIRVAL. Crete, Greece. Brussels ID, pp: 45-58

Manfredi E. (2003). Proceedings of the International Workshop on Major Genes and QTL in Sheep and Goat. Toulouse, France. 8-11 Dec. 2003. Communication nº 2-17

Ramunno L. *et al.* (2000). Proceedings 7th International Conference on Goats, France, 15-21 May. Vol.1. pp. 725.

Remeuf, F. (1993) *Lait,* **73**: 549-557

Ricordeau G. *et al.* (2000). 7th Intern. Conference on Goats: 249-251. Tours (France)

SAS (2001). SAS Institute INC., Cary, NC, USA.

Yahyaoui M.H. *et al.* (2001). *Journal of Dairy Research*, **68**:209-216.

Zen S.S. y Escobar, E.N. (1996). *Small Ruminant Research*, 19:169-175