

EFECTO DEL LOCUS CSN3 (CASEÍNA κ) SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE CABRA DE RAZA MURCIANO-GRANADINA.

Caravaca, F.¹, Urrutia, B.², Carrizosa, J.², Angiolillo, A.³, Jordana, J.⁴, Amills, M.⁴, Badaoui, B.⁴, Serradilla, J.M.⁵

¹ Dpto. de Ciencias Agroforestales. EUITA. Universidad de Sevilla. Ctra. Utrera, km. 1. 41013 Sevilla.

⁰ Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario. Estación Sericícola. 30150 La Alberca. Murcia.

³ Dipartimento Scienze per la Salute. Via di Sanctis snc. Università del Molise. Campobasso. Italia.

⁴ Departament de Ciència animal i dels Aliments. Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193. Bellaterra. Barcelona.

⁵ Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales. Ctra. N IV km 396. 14071 Córdoba. 14070 Córdoba. pa1semaj@uco.es

INTRODUCCIÓN

La caseína κ es una de las componentes fundamentales de la leche de los mamíferos por su papel en la estabilización de las micelas. En la leche de cabra, inicialmente se detectaron siete loci polimórficos que se correspondían con transversiones de nucleótidos individuales (Yayahoui, 2001) que en total se expresan como tres tipos de alelos diferentes y que se denominaron A, B y C. Posteriormente se han descrito 13 polimorfismos de ADN de esta caseína que proporcionan 10 variantes proteicas que se han denominado: A, B, C, D, E, F, H, I, J, K, de las cuales se ha demostrado que tienen una transmisión mendeliana los tipos A, B, D y J (Yahaoui *et al.*, 2003; Jann *et al.*, 2004). Otros estudios más recientes describen hasta 16 variantes alélicas del gen de la caseína κ , 13 de las cuales tienen expresión (Prinzenberg, *et al.*, 2005).

Los estudios realizados sobre las frecuencias en que se encuentran estos alelos han determinado que las variantes A y B son las predominantes en las razas de cabras españolas, francesas e italianas, con una mayor frecuencia del tipo B. Las de tipo F y G se han encontrado en relativa alta frecuencia sólo en rebaños italianos y la F en muy alta frecuencia en la cabra salvaje española (Yahaoui *et al.*, 2003). Las variantes D', D'', K e I fueron detectadas sólo en un animal cada una, lo que las hace muy raras (Jann *et al.*, 2004).

Existen pocos estudios sobre la asociación entre el polimorfismo de la caseína κ y los parámetros productivos. Díaz Carrillo (1993), en la raza Payoya, indica que el genotipo BB, el menos frecuente en dicha raza, es el asociado a una mayor producción de leche, aunque con menores concentraciones de caseína total, caseína β y grasa que el genotipo AA. Este mismo autor apunta a que en la raza Murciano-Granadina, la única variable afectada por el genotipo de la caseína κ es el porcentaje de proteína, estando el genotipo AA asociado a una media más alta. Sin embargo en cuanto a producción y en esta misma raza el autor apunta que el genotipo BB se muestra más productor de leche, aunque sugiere que se tome este resultado con cautela dado el bajo número de individuos en la muestra estudiada Angulo *et al.* (1994) observaron una mayor producción de leche y mayor cantidad de caseínas en cabras con genotipo BB de la raza Murciano-Granadina. No obstante, ambos autores trabajaron con variantes polimórficas proteicas cuya determinación genética no fue estudiada y que pueden no corresponder a los polimorfismos de ADN referidos anteriormente.

El presente trabajo pretende esclarecer los efectos del polimorfismo del gen CSN3 descrito por Yayahoui *et al.* (2003) sobre la producción y composición de la leche en la raza de cabra Murciano-Granadina.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante los años 2003 y 2004, en tres rebaños de la región de Murcia con cabras inscritas en el libro genealógico de la raza Murciano-Granadina y en control de rendimiento lechero. En primer lugar se determinó el genotipo del gen CSN3 de 240 cabras cuyo genotipo para el gen CSNS1 (caseína α_{s1}) era conocido, siguiendo el protocolo descrito por Yahyaoui et al. (2003). Se seleccionaron 117 cabras primíparas con genotipos AA y BB (los más frecuentes) procurando que tuviesen el mismo genotipo para el gen CSNS1. A estas cabras se les recogió toda la leche de un ordeño con una periodicidad aproximadamente bimensual (un total de 368 muestras) que se sometió al análisis rutinario de composición en el Laboratorio Interprofesional Lechero de Cantabria, determinándose los contenidos de grasa, proteína, extracto seco magro, lactosa, recuento de gérmenes y recuento de células somáticas, y a un análisis con un espectrofotómetro de infrarrojo cercano previamente calibrado para la determinación de los contenidos de caseína total, caseína α_{s1} y caseína α_{s2} . En total se han obtenido registros de producción de leche, contenidos de. Una vez depurados los registros para el análisis estadístico el número de cabras con registros completos ha sido de 114 y el total de registros de 409, lo que arroja una media de 4 registros por animal controlado.

Para el análisis de asociación se utilizó el modelo lineal mixto, procedimiento MIXED del SAS (SAS V8e. 2001) con el modelo propuesto por Little *et al.* (1998) para el análisis de observaciones repetidas, en el que se consideraron los factores fijos genotipo CSN3, rebaño-año-estación, ordinal de parto (lactación) y meses transcurridos desde el parto a la fecha de control (mes de muestreo), que se trató como la medida repetida y el animal como factor aleatorio. Se utilizó la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, resultando el nivel mínimo de significación 0,0166.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La frecuencias alélicas obtenidas en el conjunto de animales genotipados fueron 16% AA, 45,4% AB, 37% BB, 0,8% AF y 0,8% AG, que confirma los resultados obtenidos por otros autores (Yahyaoui *et al.*, 2003). Estas frecuencias alélicas son, sin embargo, diferentes de las descritas por Díaz Carrillo (1993) en esta misma raza (58,1% AA, 34,4% AB y 7,5% BB), lo que confirma que es muy probable que ambos polimorfismos tengan una base molecular diferente, o bien la denominación que utilizó este autor para los alelos es la opuesta de la establecida en la actualidad.

El análisis estadístico (Tabla 1), revela que existe una clara influencia del genotipo de la kappa caseína sobre los contenidos de proteína, caseína total y grasa de la leche, no resultando una asociación significativa del genotipo con el resto de las variables.

Aunque nuestros resultados no son comparables con los de Díaz Carrillo (1993) y los de Angulo *et al.* (1994), por no tener seguridad de que se trate del mismo polimorfismo, es curioso que el primero de estos dos autores asigna valores de contenido en proteína superiores a las cabras con genotipo AA, lo que podría indicar, en el caso de tratarse del mismo polimorfismo, un sistema de nomenclatura inverso del que se utiliza en la actualidad. En el trabajo del segundo de los autores citados, sí se obtienen resultados similares en cuanto al contenido en caseínas para la leche de las cabras con genotipo BB en la raza Murciano-Granadina, aunque apunta a una mayor producción de leche para las mismas que no queda corroborados con los datos aquí obtenidos. Por último apuntar que aunque los efectos polimórficos de los genes de la kappa caseína en bovino puedan estar poco relacionados con lo que sucede en caprino, en la revisión realizada por Ng-Kwai Hang (1998), se concluye que aquellas vacas con genotipo kappa BB tienen contenidos más elevados de proteína, caseína y grasa que las vacas de genotipo AA, que coincide plenamente con nuestras observaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, C., Díaz-Carrillo, E., Muñoz, A., Alonso, A., Jiménez, I., Serradilla, J.M. 1994. Effect of electrophoretic goat's κ -casein polymorphism on milk yield and main components yields. *Proceedings of the 5th WCGALP*. Guelph. Vol. 19. pp. 333-336.
- Amigo, L. Recio, I., Ramos, M. 2000. Genetic polymorphism of ovine proteins: its influence on technological properties of milk- a review. *Intern. Dairy J.*, 10:135-149.
- 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.
- Jann, O., Prinzenberg, E.M., Luikart, G., Caroli, A., Erhardt, G. 2004. High polymorphism in the κ -casein (CSN3) gene from wild and domestic caprine species revealed by DNA sequencing. *J. Dairy Res.* 71:188–195.
- Littell, R.C., Henry P.R. and Ammerman C.B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* 76: 1216-31.
- Ng-Kwai-Hang, K. F. 1998. Genetic polymorphism of milk protein: relationships with production traits, milk composition and technological properties. *Canadian J. Anim. Sci.*, 78 (Suplement):131-147.
- Yahyaoui, M.H., Angiolilo, A., Pilla, F, Sanchez, A., Folch, J.M. 2003. Characterization and genotyping of the caprine kappa casein variants. *J. Dairy Sci.*, 86:2715-2720.

Tabla 1. Medias mínimo cuadráticas y sus correspondientes errores (en g/kg) de las variables en estudio que resultaron significativas. (Medias con la misma letra de superíndice no son significativamente diferentes al nivel del 1% o inferior).

Genotipos CSN3 (N;n)⁽¹⁾	Proteína	Caseína	Grasa
AA (61;19)	34,23 ±1,3	27,36 ±1,14	46,60 ^(a) ±2,58
AB(166;54)	36,42 ^(a) ±1,06	29,88 ^(a) ± 0,94	49,37 ^{(a) (b)} ±2,12
BB(141;44)	36,00 ^(a) ±1,16	29,67 ^(a) ± 1,03	51,47 ^(b) ±2,32
Efectos significativos en el modelo al nivel del 5% o inferior	gKappa ⁽²⁾ MPC ⁽³⁾	gKappa MPC	gKappa MPC RAE ⁽⁴⁾ NL ⁽⁵⁾

⁽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⁾ gKappa: Genotipo Kappa

⁽³⁾ MPC: Meses desde el parto a la fecha de control.

⁽⁴⁾ RAE: Combinación de efectos rebaño, año de parto y estación de parto.

⁽⁵⁾ NL: Número de orden de parto o lactación