

POLIMORFISMOS BIOQUIMICOS EN RAZAS CAPRINAS
ESPAÑOLAS. I. MURCIANA, GRANADINA, MALAGUEÑA
Y SERRANA ANDALUZA.

(BIOCHEMICAL POLYMORPHISMS IN SPANISH GOAT BREEDS. I. MURCIANA,
GRANADINA, MALAGUEÑA AND SERRANA ANDALUZA).

por

M. BARBANCHO, D. LLANES, L. MORERA, R. GARZON y A. RODERO

Sección de grupos sanguíneos y polimorfismos bioquímicos.

Instituto de zootecnia. C. S. I. C. Facultad de veterinaria. Universidad de Córdoba (España)

S u m m a r y .

The blood electrophoretic variants of five goat genetic systems (Hb, Al, Tf, Am and Akp) in four Spanish breeds, Murciana, Granadina, Malagueña and Serrana Andaluza, have been studied. For the first time the polymorphism for Al, Am and Akp systems in Spanish goat breeds, is described. The heredity of the f alkaline phosphatase is discussed. Finally, associations between the breeds according the allelic frequencies of the loci studied are established and compared with some of the goat breeds studied by other the autors.

R e s u m e n .

Se han estudiado las variantes electroforéticas sanguíneas de cinco sistemas genéticos caprinos (Hb, Al, Tf, Am y Akp) en cuatro razas españolas: murciana, granadina, malagueña y serrana andaluza. Se describen, por primera vez, en razas caprinas españolas, polimorfismos para los sistemas Al, Am y Akp. Se discute el tipo de herencia de la zona f de las fosfatasas alcalinas. Igualmente se establecen asociaciones de las razas en razón a las frecuencias génicas de los loci estudiados y se comparan con algunas razas caprinas investigadas por otros autores.

Recibido para publicación el 15-7-1980.

I. Introducción.

Aunque los primeros estudios en relación con los polimorfismos bioquímicos y enzimáticos en ganado doméstico fueron encaminados a encontrar asociaciones entre ellos y ciertos caracteres productivos, en los últimos años se están utilizando con mayor intensidad en el campo de la etnología y la filogenia, porque dichos polimorfismos se pueden utilizar como marcadores genéticos no viciados, al no haber estado sometidos, conscientemente, a selección por el hombre. En este sentido, muchos investigadores han estudiado la distribución de ciertos polimorfismos bioquímicos y enzimáticos en diferentes razas caprinas. Estos estudios, sin embargo, se reducen, en razas españolas, al realizado en la raza granadina por Garzón y col.¹³

El presente trabajo se orienta al estudio de las estructuras genéticas de cuatro razas caprinas españolas (murciana, granadina, malagueña y serrana andaluza) basado en sus polimorfismos en hemoglobina, albúmina, transferrina, amilasa y fosfatasa alcalina. De las cuatro razas objeto de nuestro estudio y según la clasificación de Aparicio², basada en caracteres morfológicos y anatómicos, las razas murciana, granadina y malagueña pertenecen al tronco europeo, en tanto que la raza serrana andaluza se encuadra en el tronco africano.

II. Revisión bibliográfica.

II. 1. Hemoglobina.

Las dos variantes electroforéticas de hemoglobina (*HbA* y *HbB*), encontradas más frecuentemente en ganado caprino, fueron descritas por vez primera por Cabanes y Serain⁵, y se debió a Domizio y col.⁷ el conocimiento de que dichas variantes están controladas genéticamente por dos alelos: *Hb^A* y *Hb^B*. En todas las razas hasta ahora estudiadas, el alelo *Hb^A* presenta frecuencias muy altas, próximas a 0,9 (Efremov y Braend⁸; Orsterhoff y col.¹⁸; Crottaz⁶). Además de éstas, otras dos variantes de hemoglobina se han detectado en cabras nigerianas: *HbC* (Braend⁴) y *HbD* (Enyenihi¹⁰) lo que indica el mayor nivel de polimorfismo de las poblaciones de esta zona geográfica para el locus *Hb*.

II. 2. Albúmina.

Fueron Watanabe y Suzuki²⁷ quienes por primera vez describieron, en razas japonesas, dos tipos diferentes de albúminas (*AlA* y *AlB*) controlados genéticamente por dos alelos autosómicos codominantes: *Al^A* y *Al^B*. Estos mismos tipos, pero denominados *AlF* y *AlS*, respectivamente, también se encontraron posteriormente en poblaciones del sur de Italia (Salerno y col.²¹), en razas Toggenbourg y nativas búlgaras (Tjankov²³) y en poblaciones sudafricanas (Osterhoff y col.¹⁸).

II. 3. *Transferrina.*

Este es sin duda el polimorfismo estudiado en un mayor número de razas y poblaciones caprinas. Las dos variantes de transferrina, detectadas por primera vez por Ashton y col.³ y denominadas *Tf A* y *Tf B*, están controladas genéticamente por los alelos *Tf^A* y *Tf^B*. Estos alelos son designados como *Tf^I* y *Tf^{II}* por Watanabe y col.²² y por Suzuki y Watanabe²² en sus estudios sobre cabras del Este asiático. Además de los tipos citados, uno más (*Tf C*) es detectado por Osterhoff y col.¹⁸ en cabras Angora sudafricanas; por Watanabe y Suzuki²⁸, en razas nativas de Filipinas, Tailandia y Corea; y por Garzón y col.¹³, en cabras granadinas. Un cuarto tipo (*Tf D*) es detectado por Osterhoff y col.¹⁸ en la raza ya citada.

II. 4. *Amilasa.*

Los primeros investigadores que describieron polimorfismo de la amilasa sérica, en ganado caprino, fueron Fechter y Pretorius¹². Identifican en cabras Angora dos aloenzimas de amilasa (*Am A* y *Am S*) controladas por dos alelos autosómicos codominantes (*Am^A* y *Am^S*). Estos mismos tipos, aunque denominados *Am A* y *Am B*, fueron encontrados en cabras Angora sudafricanas (Osterhoff y col.¹⁸). Sin embargo, la mayoría de las razas estudiadas, boer e indígenas sudafricanas (Osterhoff y col.¹⁸) y Saanen y chamoisees (Crottaz⁶), están fijadas para el alelo *Am^A*.

II. 5. *Fosfatasa alcalina.*

Suzuki y Watanabe²² describen dos zonas electroforéticas de actividad (*s* y *f*) de la fosfatasa alcalina sérica de cabra. La presencia de actividad de la zona *f* está controlada por un alelo *Akp^f* que domina sobre el que controla la ausencia de ella *Akp^o*. Esta zona puede estar representada por una o dos bandas denominadas *A* y *B* (Tsunoda y col.²⁴).

III. *Material y métodos.*

Los animales analizados han sido: 134 cabras de raza murciana procedentes de la ciudad de Murcia, 78 de raza granadina procedentes del término municipal de Huétor-Tájar (Granada), 96 de raza malagueña procedentes de Almogía (Málaga), y 110 de raza serrana andaluza procedentes de Villaviciosa (Córdoba).

La identificación de los distintos fenotipos de los sistemas estudiados (*Hb*, *Al*, *Tf*, *Am* y *Akp*) se han realizado sometiendo las muestras (hemolizado o suero sanguíneo) a electroforesis horizontal sobre gel de almidón. Las técnicas utilizadas han sido las de Huisman y col.¹⁴, para *Hb*; Efremov y col.⁹, para *Al*; Poulik¹⁹, modificada por Efremov y Braend⁸, para *Tf*; Mazunder y Spooner¹⁶, para *Am*; y Rendel y Stormont²⁰, para *Akp*. En la técnica de Efremov y col.⁹, para la detección del polimorfismo de albúmina, se ha sustituido el tampón gel por otro consistente en

una solución de Tris (0,014M) y ácido cítrico (0,007M), a pH 5,3. A la fase de revelado de la técnica de Mazunder y Spooner¹⁶ se ha añadido un nuevo paso que consiste en someter a los geles a un fuerte calentamiento; para ello se sitúan éstos sobre una placa de vidrio, debajo de la cual se coloca una lámpara de elevada potencia eléctrica.

IV. Resultados y discusión.

IV.1. Hemoglobina.

Tres fenotipos de hemoglobina se han detectado en tres de las razas estudiadas, en tanto que en una de ellas (murciana) sólo dos se han encontrado (cuadro I).

Cabe destacar los valores no significativos de los χ^2 en las pruebas de ajuste de las diferentes poblaciones a la condición de equilibrio de Hardy-Weinber (H-W). Estos valores χ^2 manifiestan la estabilidad genética del *locus Hb* en estas poblaciones; estabilidad que es mantenida, en las razas granadina y malagueña, con unos índices de heterocigosidad superiores a los de las razas murciana y serrana andaluza; lo que hace que la frecuencia del alelo Hb^A sea más elevada en esta últimas que en aquéllas.

La relación genética que pudiera existir entre las razas estudiadas se ha intentado establecer mediante una prueba *Z* de comparación de las frecuencias génicas del *locus Hb* entre cada dos razas. El resultado de esta comparación se muestra en el cuadro II.

Si asociamos en un mismo grupo las razas que no presenten diferencias significativas en sus frecuencias génicas, pueden establecerse dos grupos diferentes: uno, constituido por las razas murciana y serrana andaluza, con una frecuencia media del alelo Hb^A de 0,930; y otro, constituido por las razas granadina y malagueña, con una frecuencia media del mismo alelo de 0,845.

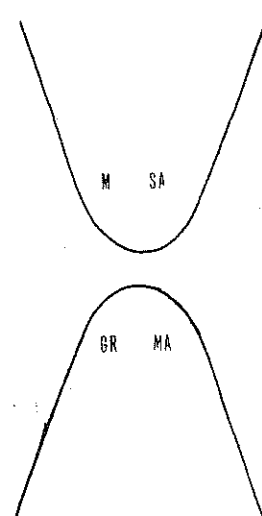
La causa de la diferencia entre estos dos grupos no parece ser la de tener distintos orígenes raciales, ya que, si bien las razas granadina y malagueña proceden de un mismo tronco (europeo), no ocurre así con la raza murciana, procedente también del tronco europeo, y con la serrana andaluza, de procedencia africana. Por otra parte tampoco esta diferencia parece esté causada por la altitud a la que se explotan las poblaciones estudiadas, como han sugerido en ovinos Evans y col.¹¹. En efecto, si bien las poblaciones de cabras granadina y malagueña, situadas aproximadamente a 500 y 400 m sobre el nivel del mar, presentan frecuencias del alelo Hb^B superiores a la de la raza murciana, situada casi a nivel del mar, las cabras serranas andaluzas, que se sitúan a una altura de unos 600 m, presentan una frecuencia del alelo Hb^B inferior al de aquéllas y más próxima a la de la raza murciana. Además, razas de gran tradición alpina, como son las suizas, presentan las frecuencias del alelo Hb^A más altas de todas las razas estudiadas y recogidas en la bibliografía consultada (Ordematt¹⁷, Kunz¹⁵, Crottaz⁶). Es posible que esta diferencia en las fre-

CUADRO I. Resultados del polimorfismo del locus *Hb*.

| | | R A Z A S | | | |
|-------------------------|------------------|-------------|------------|------------|------------|
| | | MURCIANA | GRANADINA | MALAGUEÑA | SERRANA A. |
| f genot. observ. | AA | 0,8646(115) | 0,7051(55) | 0,7187(69) | 0,8637(95) |
| | AB | 0,1354(18) | 0,2820(22) | 0,2500(24) | 0,1272(14) |
| | BB | 0,0000(0) | 0,0129(1) | 0,0313(3) | 0,0091(1) |
| f genot. esperad. | AA | 0,8692 | 0,7158 | 0,7118 | 0,8597 |
| | AB | 0,1262 | 0,2606 | 0,2637 | 0,1350 |
| | BB | 0,0046 | 0,0236 | 0,0245 | 0,0053 |
| f génic. | pHb ^A | 0,9323 | 0,8461 | 0,8437 | 0,9272 |
| | pHb ^B | 0,0677 | 0,1539 | 0,1563 | 0,0728 |
| C. Heter. | | 0,1265 | 0,2599 | 0,2641 | 0,1350 |
| χ^2 Equil. | | 0,7179ns | 0,6669ns | 0,2522ns | 0,3547ns |
| g. l. | | 1 | 1 | 1 | 1 |

CUADRO II. Matriz de valores Z obtenidos por comparación de las frecuencias génicas del locus *Hb*.

| | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Murciana | — | 2,6327** | 2,9145** | 0,2186 ns |
| Granadina | — | — | 0,0615 ns | 2,4003 * |
| Malagueña | — | — | — | 2,6489** |
| Serrana A. | — | — | — | — |



cuencias génicas del *locus Hb* se deba a diferencias en las condiciones ambientales o de explotación. De todas formas, el alelo Hb^B puede tener un interés importante en la definición de las razas granadina y malagueña, ya que estas razas son las únicas (además de otra población de cabras granadinas estudiada por Garzón y col.¹³) que presentan frecuencias del alelo Hb^B superiores al 10 p. 100.

IV.2. *Albúmina.*

No se había descrito anteriormente polimorfismo para este sistema en razas caprinas españolas. Como puede observarse en el cuadro III, los tres fenotipos hasta ahora descritos han sido encontrados en las cuatro razas estudiadas. Cabría destacar la elevada heterocigosidad del *locus Al*; heterocigosidad que oscila entre el 40 y el 50 p. 100. La causa del mantenimiento de este elevado nivel de heterocigosidad no puede, sin embargo, ser explicada por ventaja selectiva a favor de los heterocigotos, ya que los valores obtenidos en las pruebas χ^2 , de ajuste de los valores fenotípicos observados a las condiciones de equilibrio de H-W, han resultado no significativos.

Debe destacarse igualmente, en cuanto a frecuencias génicas, la gran diferencia de la raza serrana andaluza con el resto de las razas estudiadas. En aquella, el alelo más frecuente (Al^F), presenta frecuencias similares a las del alelo Al^S en las razas murciana, granadina y malagueña; razas en las que éste es el alelo más frecuente. Esto lleva a separar las razas estudiadas en tres grupos: uno, bien diferenciado, formado por la raza serrana andaluza; y otros dos formados por el resto de las razas y solapados por la raza malagueña (cuadro IV).

La presencia en la raza serrana andaluza de una frecuencia tan baja del alelo Al^S , en relación con las del mismo alelo en el resto de las razas estudiadas, pudiera sugerir que esta diferencia fuera debida al diferente origen racial de la raza serrana andaluza (procedente, según Aparicio², de un tronco africano) en relación al resto de las razas (procedentes de un tronco europeo). Sin embargo, estudios como los de Osterhoff y col.¹⁸, en los que se dan frecuencias muy elevadas del alelo Al^S en cabras de ascendencia africana, así como el hecho de que la única población que presenta una frecuencia similar a la de la raza serrana andaluza proceda de Japón (Watanabe y col.²⁷) hacen que la idea antes sugerida deba tomarse con ciertas reservas. No debe descartarse, sin embargo, la posibilidad de que la raza serrana andaluza presente esta baja frecuencia del alelo Al^S como consecuencia de su gran adaptación a una zona geográfica muy determinada (Sierra Morena).

IV.3. *Transferrina.*

Se han detectado en las razas estudiadas tres alelos del *locus Tf*: Tf^A , Tf^B y Tf^C . De los genotipos posibles, combinaciones de estos alelos, no se han encontrado ni el homocigoto $Tf^C Tf^C$ ni el heterocigoto $Tf^A Tf^C$, lo que indica la escasa presencia de alelo Tf^C en las poblaciones estudiadas (cuadro V). No obstante, debe

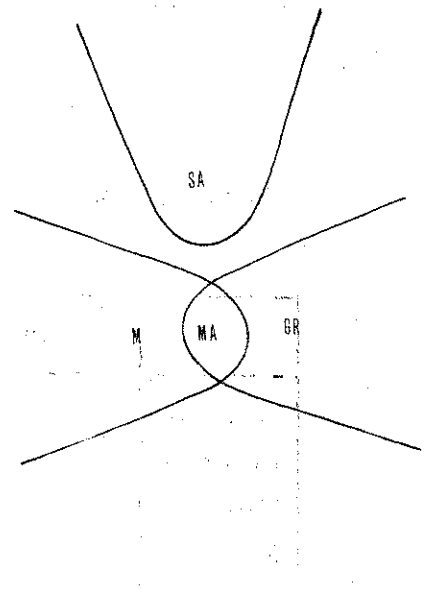
BARBANCHO Y COL.: POLIMORFISMOS BIOQUÍMICOS EN RAZAS CAPRINAS ESPAÑ. I.

CUADRO III. Resultados del polimorfismo del locus *Al*.

| | | R A Z A S | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|
| | | MURCIANA | GRANADINA | MALAGUEÑA | SERRANA A. |
| f. genot. observ. | SS SF FF | 0,3834(51) 0,5263(70) 0,0903(12) | 0,5640(44) 0,3330(26) 0,1030(8) | 0,5417(52) 0,3542(34) 0,1041(10) | 0,0727(8) 0,4091(45) 0,5182(57) |
| f. genot. esperad. | SS SF FF | 0,4179 0,4578 0,1243 | 0,5336 0,3938 0,0726 | 0,5166 0,4043 0,0791 | 0,0768 0,4008 0,5224 |
| f. génic. | pAl ^S pAl ^F | 0,6465 0,3535 | 0,7305 0,2695 | 0,7188 0,2812 | 0,2772 0,7228 |
| Heter. | | 0,4558 | 0,3936 | 0,4043 | 0,4006 |
| ² Equit. g. l. | | 3,0470ns 1 | 1,7305 ns 1 | 1,4770ns 1 | 0,0470 ns 1 |

CUADRO IV. Matriz de valores Z obtenidos por comparación de las frecuencias génicas del locus *Al*.

| | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Murciana | — | 2,8657 ** | 1,6535 ns | 8,7782 *** |
| Granadina | — | — | 0,2432 ns | 9,7251 *** |
| Malagueña | — | — | — | 9,9660 *** |
| Serrana A. | — | — | — | — |

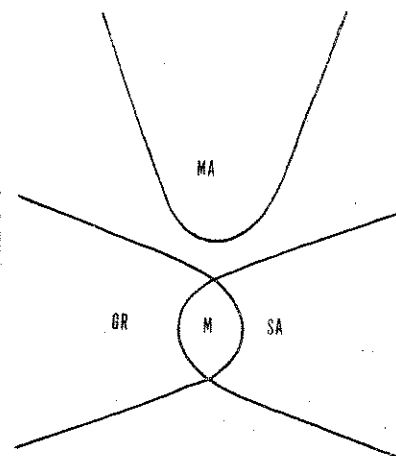


CUADRO V. Resultados del polimorfismo del locus *Tf*.

| | | R A Z A S | | | |
|------------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | MURCIANA | GRANADINA | MALAGUEÑA | SERRANA A. |
| f. genot. observ. | AA | 0,7819 (104) | 0,7435 (58) | 0,5000 (48) | 0,8636 (95) |
| | AB | 0,2181 (29) | 0,2051 (16) | 0,3854 (37) | 0,0909 (10) |
| | BB | — | 0,0513 (4) | 0,0938 (9) | — |
| | AC | — | — | 0,0238 (2) | 0,0455 (5) |
| | BC | — | — | — | — |
| | CC | — | — | — | — |
| f. genot. esperad. | AA | 0,7938 | 0,7160 | 0,4943 | 0,8682 |
| | AB | 0,2063 | 0,2603 | 0,4029 | 0,0846 |
| | BB | 0,0119 | 0,0237 | 0,0821 | 0,0020 |
| | AC | — | — | 0,0146 | 0,0425 |
| | BC | — | — | 0,0060 | 0,0022 |
| | CC | — | — | 0,0001 | 0,0005 |
| f. génic. | pTf ^A | 0,8909 | 0,8462 | 0,7031 | 0,9318 |
| | pTf ^B | 0,1091 | 0,1538 | 0,2865 | 0,0454 |
| | pTf ^C | — | — | 0,0104 | 0,0228 |
| C. Heter. | | 0,1944 | 0,2605 | 0,4235 | 0,1293 |
| ² Equil. g. l. | | 1,9890 ns 1 | 3,5106 ns 1 | 1,0792 ns 3 | 0,5972 ns 3 |

CUADRO VI. Matriz de valores Z obtenidos por comparación de las frecuencias génicas del locus *Tf*.

| | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Murciana | — | 1,2905 ns | 4,9274*** | 1,5989 ns |
| Granadina | — | — | 3,2645** | 2,5542* |
| Malagueña | — | — | — | 6,1651*** |
| Serrana A. | — | — | — | — |



BARBANCHO Y COL.: POLIMORFISMOS BIOQUÍMICOS EN RAZAS CAPRINAS ESPAÑ. I.

tenerse en cuenta que el alelo Tf^C ha sido descrito en pocas razas. Las razas malagueña y serrana andaluza, estudiadas por nosotros, junto con la granadina estudiada por Garzón y col.¹³ son las únicas razas caprinas europeas, de las hasta ahora descritas que mantienen en su estructura genética el alelo Tf^C . Las otras dos razas estudiadas por nosotros mantienen en sus estructuras genéticas solamente los alelos Tf^A y Tf^B .

Existen también diferencias entre las razas estudiadas en cuanto a la homogeneidad de sus poblaciones. Mientras que las razas murciana, granadina y serrana andaluza presentan una proporción de heterocigotos relativamente baja, la raza malagueña mantiene en su estructura genética alrededor de un 42 p. 100 de heterocigotos, de los cuales el 77 p. 100 son $Tf^A Tf^B$.

La diferenciación de la raza malagueña del resto de las razas queda estadísticamente patente al comparar, mediante una prueba Z, las frecuencias génicas del locus Tf , en la cual y para las razas malagueña y serrana andaluza se han considerado conjuntamente las frecuencias de los alelos Tf^B y Tf^C . En razón a esta prueba pueden separarse las razas estudiadas en tres grupos: uno formado por la raza malagueña y otros dos constituidos por las razas murciana, granadina y serrana andaluza y solapados entre sí por la raza murciana (cuadro VI).

Considerando el total de las razas mundiales estudiadas para el locus Tf debe destacarse que, independientemente de la zona geográfica en que están asentadas, el alelo más frecuente es Tf^A , con frecuencias que oscilan entre 0,7 y 1,0. No obstante, existen excepciones como son las agrupaciones caprinas de razas Saanen húngara, alpina italiana y nativa tahlilandesá, estudiadas por Watanabe y col.²⁶, en las que el alelo más frecuente es Tf^B , si bien el número de individuos de al menos las dos primeras, es pequeño (56 y 49, respectivamente).

IV.4. Amilasa.

Se describe por primera vez, en este trabajo, el polimorfismo del locus Am en razas caprinas europeas.

En sólo una de las razas estudiadas (la malagueña) se han encontrado los tres fenotipos ($Am AA$, $Am AB$ y $Am BB$) hasta ahora descritos. En las razas murciana y serrana andaluza sólo se han detectado individuos $Am AA$. En relación con la raza granadina, si bien se ha detectado un individuo heterocigótico, no puede hablarse de polimorfismo del locus Am , ya que la frecuencia del alelo Am^B (0,0065) no supera al 1 p. 100; frecuencia mínima que se estima debe presentar un alelo que no sea mantenido en una población más que por mutación recurrente (ver cuadro VII).

La única raza polimórfica para el locus Am es la malagueña. La población de dicha raza se encuentra en equilibrio de H-W con un porcentaje de heterocigotos del 17 p. 100; valor que no es inferior al presentado por alguna de las otras poblaciones en otros loci.

La diferencia en las frecuencias génicas entre las razas estudiadas separa netamente a aquéllas en dos grupos bien definidos: uno constituido por la raza malagueña y otro, por las razas murciana, granadina y serrana andaluza. En estas últimas el alelo Am^A está fijado (cuadro VIII).

Comparando las razas investigadas con las estudiadas por otros autores, podemos comprobar que con excepción de una población de raza Angora sudafricana, estudiada por Osterhoff y col.¹⁸, las restantes, boer e indígena sudafricana (Osterhoff y col.¹⁸) y Saanen y chamoises suizas (Crottaz⁶), están fijadas para el alelo Am^A .

Podemos concluir que el locus Am es muy poco polimórfico en el total de las razas europeas. El alelo Am^B parece ser un marcador genético muy eficiente a la hora de definir la raza malagueña.

IV. 5. Fosfatasa alcalina.

Se describe, por primera vez, en este trabajo, el polimorfismo de la fosfatasa alcalina sérica, en razas caprinas europeas.

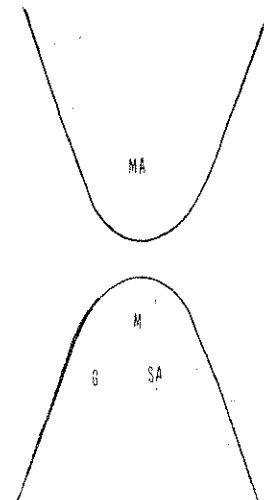
Los fenotipos de fosfatasa alcalina detectados por nosotros coinciden con los descritos por Suzuki y Watanabe²² y por Tsunoda²⁴. Consisten en dos zonas de actividad: una más catódica, denominada s , y otra (que puede o no estar presente), denominada f , que es la utilizada como marcador genético. Sin embargo, como puede observarse en el cuadro IX, donde se muestra la segregación de diferentes cruces de fosfatasa alcalina y a pesar de que el número de ellos no es elevado, nuestros resultados difieren de los que cabría esperar según la hipótesis de Suzuki y Watanabe²² de un locus autosómico (Akp) con dos alelos, de los cuales Akp^f (responsable de la presencia de actividad en la zona f) presenta dominancia frente a Akp^0 (responsable de la ausencia de actividad) y de acuerdo con la cual todos los descendientes de los cruces $Akp^0 \times Akp^0$ deberían poseer fenotipo Akp^0 . Por el contrario, del cuadro IX parece deducirse que los fenotipos de la fosfatasa alcalina de la zona f estén controlados por dos alelos (Akp^0 y Akp^f) del locus Akp , donde el alelo Akp^0 presenta dominancia frente al alelo Akp^f . Según esta hipótesis de herencia recesiva, todos los descendientes de los cruces $Akp^f \times Akp^f$ deberían ser Akp^f , mientras que en los descendientes de los cruces $Akp^0 \times Akp^0$ debería haber mayor frecuencia de individuos Akp^0 . Nuestros resultados están en correspondencia con estos supuestos y por tanto y en espera de que un mayor número de cruces lo corrobore, parecen apoyar la hipótesis de herencia recesiva del alelo Akp^f . En ovinos existen precedentes de este tipo de herencia para al menos una zona de actividad de las fosfatasas alcalinas séricas. En efecto, Rendel y Stormont²⁰ sugieren que la presencia de la banda B de las fosfatasas alcalinas séricas de ovinos debiera ser heredada de forma recesiva, ya que dicha banda mantiene una estrecha asociación

CUADRO VII. Resultados del polimorfismo del locus *Am*.

| | | R A Z A S | | | |
|-----------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | MURCIANA | GRANADINA | MALAGUEÑA | SERRANA A. |
| f. | AA | 1,0000(133) | 0,9872(77) | 0,8240 (79) | 1,0000 (110) |
| genot. | AB | — | 0,0128 (1) | 0,1660 (16) | — |
| observ. | BB | — | — | 0,0100 (1) | — |
| f. | AA | 1,0000 | 0,98700 | 0,8226 | 1,0000 |
| genot. | AB | — | 0,01296 | 0,1688 | — |
| esperad. | BB | — | 0,00004 | 0,0086 | — |
| f. | pAm ^A | 1,0000 | 0,9935 | 0,9070 | 1,0000 |
| génic. | pAm ^B | — | 0,0065 | 0,0930 | — |
| C. Heter. | | 0,0000 | 0,0000 | 0,1682 | 0,0000 |
| χ^2 Equil. | | 0,0000 ns | 0,0001 ns | 0,0364 ns | 0,0000 ns |
| g. l. | | | 1 | 1 | |

CUADRO VIII. Matriz de valores Z obtenidos por comparación de las frecuencias génicas del locus *Am*.

| | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Murciana | — | 1,0102 ns | 4,4370*** | 0,0000 ns |
| Granadina | — | — | 3,9445*** | 1,0102 ns |
| Malagueña | — | — | — | 4,4370*** |
| Serrana A. | — | — | — | — |



CUADRO IX. Segregación de los cruces de fosfatasa alcalina.

| N.º Cruces | Padres | | Madres | | DESCENDIENTES | |
|------------|--------|---|--------|---|---------------|---|
| | | | | | f | 0 |
| 5 | f | x | f | 5 | 0 | |
| 6 | f | x | 0 | 1 | 5 | |
| 3 | 0 | x | f | 1 | 2 | |
| 6 | 0 | x | 0 | 2 | 4 | |
| 20 | -- | x | -- | 9 | 11 | |
| 9 | f | x | 0 | 2 | 7 | |
| | 0 | x | f | | | |

CUADRO X. Resultados del polimorfismo del locus *Akp*.

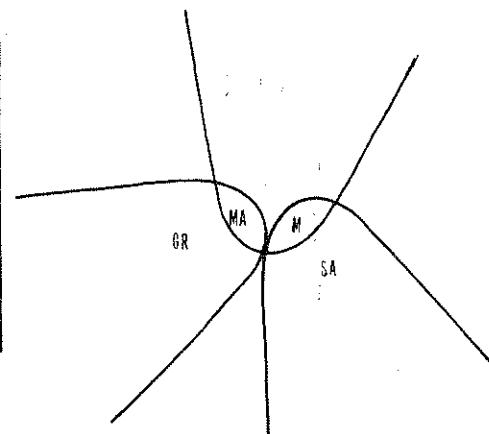
| | | R A Z A S | | | |
|--------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | MURCIANA | GRANADINA | MALAGUEÑA | SERRANA A. |
| f.genot. | f | 0,4850 (64) | 0,3333 (26) | 0,3789 (36) | 0,5909 (65) |
| observ. | 0 | 0,5115 (67) | 0,6667 (52) | 0,6211 (59) | 0,4091 (45) |
| f. génic. | *pAkp ^f | 0,6989 | 0,5773 | 0,6155 | 0,7687 |
| | *pAkp ⁰ | 0,3011 | 0,4227 | 0,3845 | 0,2313 |
| * C Heter. | | 0,4208 | 0,4880 | 0,4733 | 0,3556 |

* Bajo suposición de equilibrio de H-W.

BARBANCHO Y COL.: POLIMORFISMOS BIOQUÍMICOS EN RAZAS CAPRINAS ESPAÑ. I.

CUADRO XI. Matriz de valores *Z* obtenidos por comparación de las frecuencias génicas del locus *Akp*.

| | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Murciana | — | 2,5056 * | 1,8550 ns | 1,7467 ns |
| Granadina | — | — | 0,7233 ns | 3,9295 *** |
| Malagueña | — | — | — | 3,3912 *** |
| Serrana A. | — | — | — | — |



CUADRO XII. Distribución de las frecuencias génicas de los loci estudiados en las diferentes razas caprinas examinadas.

| Locus | Alelo | Murciana | Granadina | Malagueña | Serrana A. |
|-------|------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Hb | Hb ^A | 0,9323 | 0,8461 | 0,8437 | 0,9272 |
| | Hb ^B | 0,0677 | 0,1539 | 0,1563 | 0,0728 |
| Al | Al ^S | 0,6465 | 0,7305 | 0,7188 | 0,2772 |
| | Al ^F | 0,3535 | 0,2695 | 0,2812 | 0,7228 |
| Tf | Tf ^A | 0,8909 | 0,8462 | 0,7031 | 0,9318 |
| | Tf ^B | 0,1091 | 0,1538 | 0,2865 | 0,0454 |
| | Tf ^C | — | — | 0,0104 | 0,0228 |
| Am | Am ^A | 1,0000 | 0,9935 | 0,9070 | 1,0000 |
| | Am ^B | — | 0,0065 | 0,0930 | — |
| Akp | Akp ^f | 0,6989 | 0,5773 | 0,6155 | 0,7687 |
| | Akp ⁰ | 0,3011 | 0,4227 | 0,3845 | 0,2313 |

con la sustancia O del grupo sanguíneo R-O-i y teniendo en cuenta que el gen que controla la presencia de esta sustancia en dicho sistema sanguíneo actúa como recesivo. Sin embargo, los resultados obtenidos por Akagi y col.¹, en ovinos, sugieren que el tipo B^+ (presencia de B-fosfatasa) domina sobre B^- (ausencia de B-fosfatasa). No obstante, estos resultados son opuestos a los obtenidos recientemente en nuestro laboratorio por Llanes y col. (en preparación): todos los descendientes de los cruces $B^+ \times B^+$ resultaron ser B^+ mientras que en los descendientes de los cruces $B^- \times B^-$ resultaron individuos B^+ y B^- . Pueden aducirse, al menos, dos causas que pudieran aclarar estas contradicciones. Una, la de que el número de cruces de homocigotos recesivos utilizados en ambos trabajos es bajo ($2B^- \times B^-$ en el de Akagi y $3B^+ \times B^+$ en el de Llanes; en nuestro trabajo sobre caprinos disponemos de 5 cruces $Akp^f \times Akp^f$). La segunda causa pudiera ser la diferencia de criterios a la hora de definir los fenotipos con ausencia de actividad. En el trabajo que aquí presentamos se ha definido como Akp^f cualquier muestra que presentara actividad, aunque sólo hubiera trazas.

Es posible también que los tipos de herencia de las fosfatasa alcalinas séricas sean distintos en ovinos y caprinos. De todas formas es significativo que surja la polémica en ambas especies. Consideramos necesarias técnicas cuantitativas para decidir sobre alguna de las formas de herencia.

Con el fin de aportar datos, en el cuadro X se muestran las frecuencias fenotípicas observadas, las frecuencias génicas y los coeficientes de heterocigosidad para cada una de las cuatro razas estudiadas, bajo la hipótesis de herencia recesiva propuesta por nosotros y suponiendo que las poblaciones investigadas se encuentran en equilibrio de H-W. Cabe destacar la elevada heterocigosidad del *locus Akp* en las razas estudiadas, lo que es indicativo del elevado grado de heterogeneidad de estas razas para dicho *locus*.

Al comparar las razas estudiadas en razón de sus frecuencias génicas, se establecen tres grupos solapados entre sí: uno formado por las razas murciana y malagueña; otro, por las razas granadina y malagueña; y otro, por las razas murciana y serrana andaluza. Esta agrupación parece indicar que la fosfatasa alcalina de la zona *f* sólo diferencia entre sí las razas granadina y serrana andaluza (cuadro XI).

En el cuadro XII se muestran las frecuencias génicas de cada sistema analizado para cada una de las razas estudiadas.

V. Bibliografía.

1. Akagi, S.; S. Watanabe y S. Suzuki. Proc. Japan Acad. 47, 751-756 (1971).
2. Aparicio, G. Zootecnia especial. Etnología compendiada. 4.^a Ed. Córdoba. Imprenta Moderna. (1960).
3. Ashton, G. C. y E. I. McDougal. Nature 182, 945-946 (1958).

BARBANCHO Y COL.: POLIMORFISMOS BIOQUIMICOS EN RAZAS CAPRINAS ESPAÑ. I.

4. Braide, V., U. K. Enyenihi *Res. Vet. Sci.* 10, 309-310 (1969).
5. Cabanes, R. y C. Serain. *Seanc. Soc. Biol.* 149, 1193-1197 (1955).
6. Crottaz, M. Institut de Zootechnie de l'Université de Berne. Thèse inaugurale (1975).
7. Domizio, G. di, F. Minoccheri y A. Muscarella. *Arch. Vet. Ital.* 14, 305-324 (1963).
8. Efremov, G. y M. Braend. IXth. Europ. Conf. Anim. Blood Grps. 313-320 (1965).
9. Efremov, G.; B. Vaskov y B. Harischo. XIth. Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorph. 505-511 (1968).
10. Enyenihi, U. K. *Res. Vet. Sci.* 17, 360-363 (1974).
11. Evans, J. V., J. W. King; B. L. Cohen, H. Harris y F. L. Warrens. *Nature*, 178, 849-850 (1956).
12. Fechter, H. y G. Pretorius. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.* 1, 63 (1970).
13. Garzón, R.; I. Zarazaga, M. Vallejo y A. Rodero. *Arch. zootec.*, 25, 147-170 (1976).
14. Huisman, T. H. J.; G. Van der Vliet y T. Sebens. *Nature* 182, 171-172 (1958).
15. Kunz, H. *Diss. Vet. Med. Bern.* (1974).
16. Mazumder, N. K. y R. L. Spooner. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genetic*, 1, 145-156 (1970).
17. Odermat, K. *Diss. Vet. Bern.* (1973).
18. Osterhoff, D. R. e I. S. Ward-Cox. XIIth Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorph., 579-582 (1972).
19. Poulik, M. D. *Nature* 180, 1477 (1957).
20. Rendel, J. y C. Stormont. *Proc. Soc. Exp. Biol.* 115, 853-856 (1964).
21. Salerno, A., N. Montemurro y A. L'Afflitto. XIth Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorph., 321-328 (1968).
22. Suzuki, S. y S. Watanabe. XIth Europ. Conf. Anim. Blood Grps. Biochem. Polymorph. 513 (1968).
23. Tjankov, S. XIIth. Europ. Conf. Anim. Bloods. Grps. Biochem. Polymorph. 575-578 (1972).
24. Tsunoda, K.; S. Watanabe y S. Suzuki. *Japanese J. Zootech. Sci.* 47, 665-671 (1972).
25. Watanabe, S., K. Nozawa y S. Suzuki. *Proc. Jap. Acad.* 41, 326-331 (1965).

BARBANCHO Y COL.: POLIMORFISMOS BIOQUIMICOS EN RAZAS CAPRINAS ESPAÑ. I.

26. Watanabe, S. y S. Suzuki. Proc. Jap. Acad. 42, 178-183 (1966).
27. Watanabe, S. y S. Suzuki. Jap. J. Zootech. Sci. 38, 487-494 (1967).
28. Watanabe, S. y S. Suzuki. Anim. Blood Grps. Biochem. Genet. 4, 23-26 (1973).