

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS CROMOSOMAS DE *OVIS ARIES* Y *CAPRA HIRCUS* A PARTIR DE SUS LONGITUDES RELATIVAS.

COMPARATIVE STUDY OF THE CHROMOSOMES OF *OVIS ARIES* AND *CAPRA HIRCUS* FROM THEIR RELATIVE LENGTHS.

Moreno Millán, M. y A. Rodero.

Laboratorio de Citogenética. Unidad de Genética y Mejora. Instituto de Zootecnia, C.S.I.C. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. 14005 Córdoba. España.

Palabras clave adicionales: Cabra malagueña. Oveja merina. Citotaxonomía.

Additional keywords: Merino sheep. Malagueña goat. Cytotaxonomy.

### Summary

The comparative cytogenetic study between the *Ovis aries* and *Capra hircus* species shows the evolutionary relationship which exists between them. Thus, by means of a statistical study of the measurement of their chromosomes, two factors were observed. On one hand it was seen which chromosomes formed the metacentric chromosomes of *Ovis aries* and on the other, the existence of a loss of chromosomal material in the evolution of the "early karyotype" (*Capra hircus*) to the "evolved karyotype" (*Ovis aries*) was revealed. This loss was in the order of 1.83% of the total sum of the mean values of the original chromosomes.

### Resumen

El estudio citogenético comparativo entre las especies *Ovis aries* y *Capra hircus* demuestra la relación evolutiva existente entre ellas. Así, mediante el estudio estadístico entre las medidas de sus cromosomas, se ha observado, por una parte,

a partir de qué cromosomas se han formado los cromosomas metacéntricos de *Ovis aries* y por otra parte, la existencia de una pérdida de material cromosómico en la evolución del "cariotipo primitivo" (*Capra hircus*) al "cariotipo evolucionado" (*Ovis aries*). Esta pérdida representa del orden del 1,83% del total de la suma de las medidas de los cromosomas originales.

### Introducción

Desde principios de siglo se vienen estudiando, desde el punto de vista citogenético, las especies *Ovis aries* y *Capra hircus* por sus relaciones evolutivas.

Wodsdalek (1922) fue el primero en determinar el número cromosómico de género *Ovis* ( $2n = 33$  cromosomas). Posteriormente Shivago (1931) establece definitivamente el número modal

---

Recibido: 5-9-89. Aceptado: 15-5-90.

( $2n=54$ ) del género *Ovis* y el del género *Capra* ( $2n=60$ ).

Aplicando las técnicas de cultivo desarrolladas a partir de 1950, diversos autores confirmaron los números diploides determinados anteriormente (Giménez-Martín y López Sáez, 1962; Borland, 1964; McFee *et al.*, 1965). En cuanto a los gonosomas, por una parte se determinó la morfología del cromosoma X, siendo el más largo de los cromosomas acrocéntricos de *Ovis aries* (McFee *et al.*, 1965) y uno de los tres primeros pares de cromosomas en *Capra hircus* (Evans, 1965); por otra parte respecto al cromosoma sexual Y, Melander (1957) estableció que posee un centrómero en posición mediana y por tanto resulta ser metacéntrico en las dos especies.

A lo largo de la evolución cromosómica han jugado un papel muy importante las translocaciones, y más concretamente las de tipo robertsoniano. Así, según los trabajos de Wurster y Benirschke (1968), Nadler *et al.* (1971), Bruère *et al.* (1972) y Schnedl y Czaker (1974), los cromosomas metacéntricos del género *Ovis* han sido fruto, a lo largo de su evolución, de sucesivas translocaciones robertsonianas autosómicas a partir del cariotipo ancestral de 60 cromosomas, con la consiguiente pérdida de material cromosómico.

En el presente trabajo, y a partir de medidas relativas al complemento haploide, se ha determinado cuales han sido los cromosomas del cariotipo primitivo (*Capra hircus*) que han originado los cromosomas metacéntricos de *Ovis aries* y cuánto material cromático se ha perdido en el proceso.

## Material y Métodos

En el presente trabajo se eligieron al azar 41 individuos pertenecientes a las dos especies estudiadas:

I. *Ovis aries*: Se eligieron un número de 21 animales. 14 hembras y 7 machos, pertenecientes a diversos lotes de ovejas de la raza Merina española y provenientes del Centro de Selección del Merino español en Hinojosa Del Duque (Córdoba).

II. *Capra hircus*: Del mismo modo fueron elegidos 20 animales, 14 hembras y 6 machos, pertenecientes a diversos lotes de cabras de la raza Malagueña y provenientes de diversas explotaciones en la provincia de Málaga.

Se realizaron cultivos de sangre integral siguiendo la técnica descrita por De Grouchy *et al.* (1964) modificada, usando plasma autólogo y como mitógeno, concanavalina A. Las preparaciones se obtuvieron mediante secado al aire y se tiñeron con Giemsa al 4% en tampón fosfato pH 6,8.

Las metafases fueron observadas y seleccionadas en un microscopio zeiss Universal R-III y fotografiadas con una cámara zeiss M-35, en un film Ilford PAN F de 18 DIN y de 24 x 36 mm, lo que permite un aumento de 3.500-4.000. Se positivaron en papel fotográfico nº 2 de 18 x 24 cm.

Para la construcción de los cariotipos se siguió el criterio usual de ordenar los cromosomas por tamaño decreciente, determinando cual es el par sexual y colocándolo al final de todos. Respecto al número de células a examinar, seguimos las recomendaciones dadas por Hook (1977). Se

elgieron cinco metafases por cada animal con los siguientes criterios de selección:

- Buena dispersión de los cromosomas en la placa metafásica, evitando aquellas que posean cromosomas en solapamiento.
- Metafases con un grado medio de contracción en sus cromosomas.
- Tomar las medidas sobre la cromátida más larga.
- Mayor contraste y delimitación de contornos cromosómicos.

Las medidas reales se tomaron con un calibre de precisión 0,05 mm sobre 10 veces el negativo, y los estadísticos se obtuvieron con un ordenador IBM 5110 del Centro de Cálculo de la Facultad de Veterinaria.

Debido al diferente grado de contracción de los cromosomas en la metafase, no sólo en diferentes cultivos sino dentro del propio cultivo, la comparación de las medidas morfométricas reales no se podría realizar más que si se comparan una vez expresadas como longitudes relativas. Debido a ello realizamos una normalización previa de los datos.

La longitud relativa de cada cromosoma se calcula como valor relativo al complemento haploide, según la expresión utilizada por diversos autores como Gustavsson (1969), Crihiu y Popescu (1974), etc. Esta expresión es la siguiente:

$$LR = \frac{1.000 \times A_i}{\frac{\Sigma A_i}{2} + X}$$

de donde en cada individuo

$LR_i$  = Longitud relativa del  $i$ ésimo cromosoma

$A_i$  = Longitud real del  $i$ ésimo cromosoma en mm.

$X$  = Longitud real del cromosoma X (en los machos) y longitud real media de los cromosomas X (en la hembras) en mm.

Para los cromosomas metacéntricos de *Ovis* se han tomado las longitudes relativas de los dos brazos.

Se han calculado, para cada par de cromosomas homólogos y brazos homólogos en su caso, la longitud relativa media, la varianza, la desviación típica y el error estandar.

De igual modo para los cromosomas metacéntricos se han calculado los valores medios del índice centromérico, el cual tiene la siguiente expresión, según Levan *et al.* (1964):

$$i = \frac{100 \times s}{c}$$

Siendo:

$i$  = Índice centromérico

$s$  = Longitud del brazo corto del cromosoma ( $p$ )

$c$  = Longitud total del cromosoma

También se ha calculado la razón entre los brazos ( $r$ ), que también según Levan *et al.* (1964), es la razón existente entre el brazo largo ( $q$ ) y el brazo corto ( $p$ ) de un cromosoma. Es la expresión:

$$r = \frac{q}{p}$$

Tabla I. Longitudes relativas medias, LR; error estandar, EE; desviación típica, DT y coeficiente de variación, CV, de los pares de cromosomas de *Ovis aries*.

Cromosoma	LR	EE	DT	CV
1	95,404	0,595	6,106	6,379
2	85,233	0,458	4,702	5,517
3	78,150	0,376	3,852	4,929
XX	48,245	0,283	2,451	5,079
4	43,957	0,153	1,571	3,574
5	41,521	0,120	1,235	2,974
6	39,731	0,106	1,092	2,748
7	37,873	0,095	0,983	2,596
8	36,188	0,087	0,902	2,491
9	34,833	0,078	0,803	2,306
10	33,646	0,073	0,755	2,245
11	32,631	0,075	0,776	2,279
12	31,789	0,082	0,847	2,663
13	30,913	0,084	0,861	2,786
14	30,153	0,086	0,885	2,935
15	29,377	0,085	0,874	2,975
16	28,560	0,089	0,915	3,203
17	27,848	0,097	0,998	3,582
18	27,097	0,103	1,054	3,889
19	26,300	0,114	1,170	4,447
20	25,391	0,122	1,253	4,936
21	24,614	0,133	1,366	5,549
22	23,826	0,139	1,428	5,993
23	22,997	0,140	1,440	6,263
24	22,173	0,141	1,450	6,540
25	21,317	0,153	1,576	7,392
26	19,963	0,165	1,694	8,487
1q	52,254	0,388	3,983	7,622
1p	43,150	0,311	3,191	7,343
2q	46,407	0,303	3,104	6,688
2p	38,826	0,210	2,153	5,546
3q	41,930	0,261	2,680	6,392
3p	36,220	0,179	1,842	5,084
Y	16,173	0,594	3,203	19,804
Yq	9,031	0,359	1,935	21,421
YP	7,142	0,291	1,568	21,959

Por último se ha realizado pruebas t para comparar las medias de los cromosomas de las dos especies objeto del presente trabajo. Esta comparación se realizó entre las medias de cada uno de los pares de cromosomas de *Ovis aries* y todos los de *Capra hircus*, apareciendo en los resultados sólo los valores de la comparación más pequeños y por tanto emparejados los pares de cromosomas correspondientes.

### Resultados

*Ovis aries*. El complemento cromosómico de esta especie es de  $2n = 54$  cromosomas. En la tabla I se presentan las longitudes relativas medias de los pares de cromosomas de esta especie, ordenadas de mayor a menor, obtenidas a partir de las medidas relativas de cada uno de los pares de cromosomas en el total de los animales estudiados. Se completa esta tabla con las longitudes medias de los brazos de los tres primeros pares y con las medidas del cromosoma sexual Y.

La tabla III nos muestra el índice centromérico y la razón entre los brazos de los tres primeros pares de cromosomas y del cromosoma sexual Y. Según esto, y aplicando la terminología de Levan *et al.* (1964), son todos ellos metacéntricos.

El resto de los cromosomas aunque aparentemente presentan un solo brazo, en muchas de las metafases fotografiadas aparece un diminuto brazo corto, por lo que creemos deben encuadrarse bajo la terminología de acrocéntricos.

*Capra hircus*. La tabla II muestra las

CROMOSOMAS DE OVIS ARIES Y CAPRA HIRCUS.

Tabla II. Longitudes relativas medias, LR; error estandar, EE; desviación típica, DT y coeficiente de variación CV; de los pares de cromosomas de Capra hircus.

Cromosomas	LR	EE	DT	CV
1	52,993	0,305	2,960	5,585
XX	49,146	0,305	2,423	4,931
2	47,072	0,227	2,207	4,230
3	44,859	0,196	1,906	4,230
4	43,734	0,177	1,717	3,926
5	42,619	0,171	1,668	3,928
6	41,202	0,153	1,488	3,612
7	40,195	0,138	1,340	3,335
8	39,253	0,128	1,243	3,167
9	38,013	0,110	1,071	2,817
10	36,818	0,086	0,843	2,290
11	35,575	0,083	0,812	2,282
12	34,272	0,085	0,824	2,405
13	33,227	0,077	0,749	2,253
14	32,305	0,075	0,733	2,269
15	31,549	0,080	0,782	2,479
16	30,792	0,084	0,822	2,670
17	30,075	0,087	0,847	2,815
18	29,337	0,090	0,877	2,991
19	28,590	0,010	0,967	3,384
20	27,794	0,011	1,067	3,840
21	27,087	0,115	1,123	4,147
22	26,240	0,123	1,201	4,576
23	25,274	0,130	1,263	4,998
24	24,254	0,149	1,447	5,996
25	23,395	0,158	1,540	6,584
26	22,711	0,162	1,577	6,995
27	21,868	0,158	1,540	7,095
28	20,880	0,174	1,693	8,178
29	19,194	0,192	1,870	9,745
Y	14,100	0,581	3,186	22,599
Yq	7,935	0,315	1,727	21,760
Yp	6,165	0,302	1,655	26,844

medias de las longitudes relativas de los 30 pares de cromosomas que forman la dotación cromosómica de esta especie, ordenadas de igual modo, colocando el cromosoma sexual Y al final, y calculándose los mismos estadísticos.

Morfológicamente los cromosomas de *Capra hircus*, a excepción del cromosoma sexual Y, son todos acrocéntricos. El índice centromérico y la razón entre brazos de este cromosoma (tabla III) indica que es de tipo metacéntrico.

Comparación de las dos especies. Para la realización del estudio estadístico comparativo entre las dos especies, nos hemos basado en los idiogramas obtenidos a partir de las medidas relativas de los pares de sus cromosomas. Se han realizado sucesivas pruebas t de igualdad de medias, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla IV, apareciendo en la misma los valores de t más pequeños en la comparación. A la vista de estos resultados podemos observar lo siguiente:

1. Los tres pares de cromosomas metacéntricos de *Ovis aries* tienen sus imágenes en los siguientes cromosomas de *Capra hircus*:

- Par n<sup>o</sup> 1 : Pares n<sup>o</sup> 1 y 5
- Par n<sup>o</sup> 2 : Pares n<sup>o</sup> 2 y 8
- Par n<sup>o</sup> 3 : Pares n<sup>o</sup> 3 y 10
- Par n<sup>o</sup> 4 : Par n<sup>o</sup> 4
- Par n<sup>o</sup> 5 : Par n<sup>o</sup> 6
- Par n<sup>o</sup> 6 : Par n<sup>o</sup> 7
- Par n<sup>o</sup> 7 : Par n<sup>o</sup> 9

siendo el resto desde el par n<sup>o</sup> 8 de

Tabla III. Índice centromérico (IC) y razón entre los brazos (RB) de los tres primeros pares de cromosomas de *Ovis aries* y de los cromosomas sexuales Y en las dos especies objeto del estudio *Ovis aries* (Yo) y *Capra hircus* (Yc). Error estandar (EE), desviación típica (DT) y coeficiente de variación (CV) de los mismos (según Levan, 1964).

Cromosoma	IC	EE	DT	CV	RB	ES	DT	CV	Tipo
1	45,501	0,473	2,473	5,436	1,205	0,024	0,126	10,441	Metacéntrico
2	45,331	0,406	2,120	4,677	1,211	0,021	0,110	9,123	Metacéntrico
3	45,401	0,392	2,050	4,516	1,207	0,019	0,100	8,318	Metacéntrico
4	45,761	0,400	2,090	4,567	1,190	0,019	0,101	8,506	Metacéntrico
5	46,134	0,423	2,212	4,794	1,173	0,021	0,108	9,226	Metacéntrico
6	46,615	0,378	1,975	4,238	1,149	0,018	0,092	8,023	Metacéntrico
Yo	44,192	1,513	4,158	9,409	1,285	0,086	0,238	18,484	Metacéntrico
Yc	43,473	1,569	4,385	10,087	1,328	0,099	0,276	20,811	Metacéntrico

*Ovis* con el 11 de *Capra* hasta el par 26 con el 29 respectivamente.

2. En estas pruebas *t* encontramos algunos valores significativos a distintos niveles, no obstante ser los valores de *t* más pequeños en la comparación.

3. Los valores de *t* entre las medias de los cromosomas sexuales son ligeramente significativos.

A partir de esta tabla calculamos el porcentaje que representa cada par cromosómico en relación al complemento haploide total, obteniéndose los resultados expuestos en la tabla V. Observamos en ella que los cromosomas sexuales X representan el 4,83% y el 4,91% respectivamente en *Ovis* y *Capra*, representando los cromosomas Y el 1,61 y el 1,41% respectivamente.

La tabla VI nos muestra, por último, la comparación de las longitudes

relativas entre los cromosomas metacéntricos de *Ovis* y sus imágenes en *Capra*. Podemos observar como en el transcurso de la formación de aquellos se ha perdido una cantidad de material genético, representando para los tres pares el 0,22, 1,26 y 4,32% de la suma de los cromosomas originarios, siendo el total de la pérdida el 1,83% de la suma total de las cromosomas de *Capra*.

## Discusión

Se han construido hasta el momento diversos idiogramas, de las dos especies analizadas a partir de sus medidas, Hansen (1973) los determinó a partir de medidas reales, aunque ya Bruère y McLaren (1967), presentaron el idiograma de la oveja doméstica en base a medidas relativas en % del total de las longitudes cromosómicas (TCL),

CROMOSOMAS DE OVIS ARIES Y CAPRA HIRCUS.

Tabla IV. Pruebas t de igualdad de medias entre los pares de cromosomas del genero Ovis y sus imágenes en Capra.

<u>Ovis</u>		<u>Capra</u>		t
Par n°	LR	Par n°	LR	
1q	52,254	1	52,993	0,95 ns
1				
1p	43,150	5	42,619	1,49 ns
2q	46,407	2	47,072	1,72 ns
2				
2p	38,826	8	39,253	1,68 ns
3q	41,930	3	44,859	8,95 ***
3				
3p	36,220	10	36,818	2,88 **
4	43,957	4	43,734	0,95 ns
5	41,521	6	41,202	1,65 ns
6	39,731	7	40,195	2,68 **
7	37,873	9	38,013	0,96 ns
8	36,188	11	35,575	5,01 ***
9	34,833	12	34,272	4,86 ***
10	33,646	13	33,227	3,92 ***
11	32,631	14	32,305	3,03 **
12	31,789	15	31,549	2,06 *
13	30,913	16	30,792	1,01 ns
14	30,153	17	30,075	0,63 ns
15	29,377	18	29,337	0,32 ns
16	28,560	19	28,590	0,22 ns
17	27,848	20	27,794	0,36 ns
18	27,097	21	27,087	0,06 ns
19	26,300	22	26,240	0,35 ns
20	25,391	23	25,274	0,65 ns
21	24,614	24	24,254	1,80 ns
22	23,826	25	23,395	2,04 *
23	22,997	26	22,711	1,33 ns
24	22,173	27	21,868	1,43 ns
25	21,317	28	20,880	1,87 ns
26	19,963	29	19,194	3,04 **
X	48,245	X	49,146	2,60 *
Yq	9,031	Yq	7,935	2,29 *
Y		Y		
Yp	7,142	Yp	6,165	2,32 *

siguiendo las indicaciones de la Conferencia de Denver (1960), sobre un total de 10 metafases. Ponce de León y Marcum (1975), obtuvieron un idiograma de la misma especie con medidas relativas en % del complemento haploide y obtenidas sobre 100 células. Otros autores han construido idiogramas de las dos especies expresando las medidas unas veces como tanto por 1000 del complemento diploide, como es el caso de Popescu (1972) en cabras y sobre 5 células, o como tanto por 100 del complemento haploide, tal es el caso de Matejka y Crihiu (1987) en ovejas y sobre 5 células

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo están muy próximos a los obtenidos anteriormente, aunque podemos observar algunas diferencias. Una de estas estriba en el número de células medidas por animal. Basándonos en el trabajo de Hook (1977) sobre la determinación del número adecuado de células a estudiar para diagnosticar la presencia de mosaicismo en un individuo y su error, decidimos medir 5 células por animal, lo que nos daría un total de 100 células medidas en la oveja y 105 en la cabra doméstica, cometiendo un error entre 3 y 5% para un nivel de confianza del 95 y 99%.

También encontramos diferencias en los cromosomas sexuales. Así mientras el gonosoma X presenta valores diferentes de los obtenidos anteriormente en las dos especies, el gonosoma Y es prácticamente igual al obtenido por Matejka y Crihiu (1987) en ovejas y claramente diferente a los obtenidos por otros autores. Esta diversidad puede ser causada bien por el número de células medidas, o bien por la existencia de un polimorfismo cro-

Tabla V. Porcentaje de los pares de cromosomas de Ovis aries y Capra hircus sobre el complemento haploide.

<u>Ovis</u>		<u>Capra</u>	
Par n <sup>2</sup>	%	Par n <sup>2</sup>	%
1q	5,23	1	5,30
1			
1p	4,32	5	4,26
2q	4,64	2	4,71
2			
2p	3,88	8	3,92
3q	4,19	3	4,48
3			
3p	3,62	10	3,68
4	4,40	4	4,37
5	4,15	6	4,12
6	3,97	7	4,02
7	3,79	9	3,80
8	3,62	11	3,56
9	3,48	12	3,43
10	3,37	13	3,32
11	3,26	14	3,23
12	3,18	15	3,15
13	3,09	16	3,08
14	3,02	17	3,01
15	2,94	18	2,93
16	2,86	19	2,86
17	2,79	20	2,78
18	2,71	21	2,71
19	2,63	22	2,62
20	2,54	23	2,53
21	2,46	24	2,42
22	2,38	25	2,34
23	2,30	26	2,27
24	2,22	27	2,19
25	2,13	28	2,02
26	2,00	29	1,92
X	4,83	X	4,91
Yq	0,90	Yq	0,79
Y		Y	
Yp	0,71	Yp	0,62

mosómico, puesto ya de manifiesto en el cromosoma sexual Y de algunas especies por diversos autores, tales como Cohen *et al.* (1966) en humano y Cribiu (1975) en bovinos, entre otros. Esto último es importante en cuanto se podría utilizar este polimorfismo del cromosoma sexual Y como marcador cromosómico y ser utilizado en los estudios genéticos.

Según el índice centromérico (IC) y la razón entre brazos (RB) calculados en los cromosomas bibraquiales de las dos especies, y según la nomenclatura de Levan *et al.* (1964), son todos ellos metacéntricos. Estos resultados están en consonancia con los obtenidos por todos los autores consultados excepto por Mensher *et al.* (1987) quienes analizando prometafases, afirman que los tres primeros pares de cromosomas de la oveja son submetacéntricos.

Los valores del porcentaje que representa cada cromosoma en el total del complemento haploide femenino calculado en este trabajo, son muy próximos al compararlos. Los hallados por Hansen (1973, 1973) en caprino y ovino tienen un rango algo mayor, pero conjuntamente varían de igual modo, resultando, en ambos casos, los autosomas de la cabra algo mayores. En cuanto a los gonosomas, los valores obtenidos en nuestro trabajo rondan el 5% del complemento haploide femenino apuntado por Ohno (1964) y recogido por Popescu (1972) quién para la oveja doméstica da un valor de 4,94%. Hansen, en los trabajos anteriormente citados, da unos valores de 4,6 y 5,5% respectivamente. Todo esto confirma lo que este autor presume que ha ocurrido en el proceso evolutivo, una pérdida de material cromoso-

CROMOSOMAS DE OVIS ARIES Y CAPRA HIRCUS.

Tabla VI. Comparación de las longitudes relativas medias de los cromosomas metacéntricos de Ovis aries Y su imágenes en Capra hircus. Determinación del % de material cromosómico perdido en el proceso evolutivo.

	Ovis Metacéntricos Mi	Capra Acrocéntricos q	p	q+p	(q+p)-Mi	% sobre g+p
M1	95,404	52,993	42,619	95,612	0,208	0,22
M2	85,233	47,072	39,253	86,325	1,092	1,26
M3	78,150	44,859	36,818	81,677	3,527	4,32
				263,614	4,827	1,83

sómico desde un ancestro común a las dos especies, aunque esto no quiere decir que a lo largo de la evolución, desde que se cree tuvieron un ancestro común, hace aproximadamente  $5 \times 10^6$  años, no hayan sufrido cambios internos (Doolittle y Blomback, 1964). En lo que respecta a los cromosomas sexuales Y, estos representan el 1,61 y 1,41% respectivamente del complemento haploide femenino. El proceso evolutivo ha actuado sobre ellos de igual forma a la descrita anteriormente.

A la vista de los resultados en cuanto a la comparación de las medidas relativas de las dos especies entre sí y de los obtenidos por Bunch *et al.* (1976, 1978, 1980), la teoría monofilética en la evolución de la familia *Bovidae* aparece como la más válida. Las sucesivas translocaciones de cromosomas acrocéntricos y una selección precigótica, han dado lugar, a partir del cariotipo ancestral, a una re-

ducción secuencial del número diploide ( $2n=60$  a  $2n=54$ ) apareciendo así los géneros *Ammotragus* y *Ovis*, y en este último sus diferentes especies, manteniendo el género *Capra* el número cromosómico ancestral  $2n=60$ .

De todo ello estos autores deducen que el género *Capra* es más primitivo y no puede proceder de *Ammotragus* ( $2n=58$ ) u *Ovis* ( $2n=58$ ) por fisión de un cromosoma metacéntrico, ya que la misma implicaría el reemplazamiento del material perdido, de lo que no hay evidencia (Bunch y Nadler, 1980).

Concluido que el proceso evolutivo ha caminado en el sentido de ir reduciendo el número de cromosomas por translocaciones robertsonianas, es necesario determinar cuanto material cromosómico se ha perdido. En el presente trabajo hemos observado una pérdida en cada uno de los tres pares de cromosomas metacéntricos, correspondiendo el total al 1,83% de la suma de los cromosomas originales. Este

resultado confirma el obtenido por Bunch *et al.* (1976).

Por último conviene hacer referencia a los trabajos de White (1954), que sugirió que la formación de cromosomas bibraciales implicaba una rotura cerca del centrómero en un cromosoma acrocéntrico y una posterior fusión con otro también acrocéntrico; Niebhur (1972), que dió evidencia de que las translocaciones de este tipo son dicéntricas y Evans *et al.* (1973) que concluyeron que, a partir de estructuras dicéntricas, la cantidad de material heterocromático centromérico va disminuyendo a lo largo de la evolución. Todos estos trabajos confirman las conclusiones obtenidas.

## Bibliografía

- Borland, R. 1964. The chromosomes of domestic sheep. *J. Hered.* 55:61-64.
- Bruère, A.N. and R.D. Mc Laren. 1967. The idiogram of the sheep with particular reference to secondary constriction. *Can. J. Genet. Cytol.* 9:543-553.
- Bruère, A.N. *et al.* 1972. Chromosome polymorphism and its possible implications in the select Drysdale breed of sheep. *Cytogenetics* 11:233-246.
- Bunch, T.D. *et al.* 1976. Sheep-goat hybrid karyotypes. *Theriogenology* 6(4):379-385.
- Bunch, T.D. *et al.* 1976. Translocation of acrocentric chromosomes and their implications in the evolution of sheep (*Ovis*). *Cytogenet. Cell Genet.* 17:122-136
- Bunch, T.D. 1978. Fundamental karyotype in domestic and wild species of sheep. *J. Hered.*

## Agradecimientos

Agradecemos al Centro de Selección del Merino Español de Hinojosa del Duque (Córdoba) y a la explotación ganadera Hermanos Muñoz de Antequera (Málaga) el que hayan puesto a nuestra disposición los animales necesarios para la realización del presente trabajo de Investigación. Así mismo quisiéramos agradecer especialmente a D. José Subires Antunes, Jefe del Servicio de actividades agropecuarias de la Excma. Diputación de Málaga, y a esta misma, el apoyo y la selección de animales a estudiar. Del mismo modo agradecemos a D. José M<sup>a</sup> Rodero Franganillo, del Centro de Cálculo de la Facultad de Veterinaria, su colaboración en el cálculo estadístico.

69: 77-80.

- Bunch, T.D. and C.F. Nadler. 1980 : Giemsa-band patterns of the tahr and chromosomal evolution of the tribe *Caprini*. *J. Hered.* 71:110-116.
- Cohen, M.M. *et al.* 1966. Racial differences in the length of the Y human chromosome. *Cytogenetics* 5:34-52.
- Cribiu, E.P. 1975. Variación interracial de la taille du chromosome Y chez *Bos taurus*, L. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 7:139-144.
- Cribiu, E.P. y C.P. Popescu. 1974. L'idiogramme de *Bos taurus* L. *Ann. Génét. Sel. Anim.* 6(3):291-296.
- Denver Study Group. 1960. A proposed standard System of nomenclature human mitotic chromosomes. *Lancet* i: 160-162.
- Doolittle, R.F. and B. Blomback. 1964. Amino-

CROMOSOMAS DE OVIS ARIES Y CAPRA HIRCUS.

- acid sequence investigations of fibrinopeptides from various mammals: Evolutionary implications. *Nature* 202:147-152.
- Evans, H.J. 1965. A simple microtechnique for obtaining human chromosome preparations with some comments on DNA replications in sex chromosomes of the goat, cow and pig. *Expl. Cell Res.* 38:511-516.
- Evans, H.J. et al. 1973. Chromosome homology and heterochromatin in goat, sheep and ox studied by banding techniques. *Chromosoma* 42:383-402.
- Giménez-Martín, G. y J.M. López-Saez 1962. Cromosomas de los mamíferos domésticos. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (B)* 60:121-122.
- Grouchy, J. De et al. 1964. Microtechnique pour l'étude des chromosomes humains á partir d'une culture de leucocytes sanguins. *Ann. Génét.* 7:45-46.
- Gustavsson, I. 1969. Cytogenetics, distribution and phenotypic effects of a translocation in Swedish cattle. *Hereditas* 63:68-169.
- Hansen, K.M. 1973. Q-band karyotype of the goat (Capra hircus) and the relation between goat and bovine Q-bands. *Hereditas* 75:19-29.
- Hansen, K.M. 1973. The karyotype of the domestic sheep (Ovis aries) identified by quinacrine mustard staining and fluorescence microscopy. *Hereditas* 75:233-240.
- Hook, E.B. 1977. Exclusion of chromosomal mosaicism: tables of 90%, 95% and 99% Confidence limits and comments on use. *Am. J. Hum. Genet.* 29:94-97.
- Levan, A. et al. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52:201-220.
- Matejka, M. et E.P. Crihiu. 1987. Idiogramme et representation schematique des bandes G des chromosomes du mouton domestique (Ovis aries, L.) *Génét. Sel. Anim.* 19(1):113-126.
- McFee, A.F. et al. 1965. Chromosome analysis of peripheral leucocytes of the sheep. *J. Animal Sci.* 24:551-554.
- Melander, Y. 1957. The mitotic chromosomes of some cavicorn mammals (Bos taurus, L., Bison bonasus, L. and Ovis aries, L.). *Hereditas* 45:649-664.
- Mensher, S.H. et al. 1987. Comparative study of elongated chromosomes in sheep and goats. *J. Anim. Sci.* 65(1):198.
- Nadler, C.F. et al. 1971. Cytogenetic analysis of wild sheep populations in northern Iran. *Cytogenetics* 10:137-152.
- Niebuhr, E. 1972. Dicentric and monocentric robertsonian translocation in man. *Humangenetik* 16:217-226.
- Ohno, S. et al. 1964. X-autosome ratio and the behaviour patterns of individual X-chromosomes in placental mammals. *Chromosoma* 15:14-30.
- Ponce De Leon, F. and J.B. Mrcum. 1975. G-band identification of the chromosomes of sheep. *J. Hered.* 66:221-226.
- Popescu, C.P. 1972. Mode de transmission d'une fusion centrique dans la descendance d'un bouc (Capra hircus, L.) hétérozygote. *Ann. Genet. sel. Anim.* 4(3):355-361.
- Schendl, W. and R. Czacker 1974. Centromeric heterochromatin and comparison of G-banding in cattle, goat and sheep chromosomes (Bovidae). *Citogenet. Cell Genet.* 13:246-255.
- Shivago, P.I. 1931. Karyotypische studien an ungelaten. I-Uber die chromosomenkomplexe der schafe und ziegen. *Z. Zellforsch.* 13:511-522.
- White, M.J.D. 1954. *Animal cytology and evolution.* Cambridge University Press. London.
- Woodsdalek, J.E. 1922. Studies on the cells of sheep with special reference to spermatogenesis, oogenesis and sex-determination. *anat. Rec.* 23:103.
- Wurster, D.H. and K. Benirschke 1968. Chromosome studies in the superfamily Bovoidea. *Chromosoma* 25:152-171.