

MEJORA GENÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE FIBRAS DE CACHEMIRA

C. Díaz
A. Moreno

Dpto. de Mejora Genética y Biotecnología
Ctra. de la Coruña km 7
28040 Madrid
España

RESUMEN

Se presentan distintos aspectos de la mejora genética de la producción de fibras de Cachemira. En primer lugar se describe la situación de la producción de fibras de origen animal con una referencia particular a la producción de fibra de Cachemira. Se plantean los aspectos de la fisiología de la fibra que diferencian este tipo de animales de otras especies productoras de fibra. Se describe el protocolo utilizado a la hora de muestrear la fibra sobre el animal en vivo y determinar sus características. Se definen distintos caracteres de calidad y cantidad de fibra que son de interés en este tipo de poblaciones así como la variabilidad genética descrita en estos caracteres y las correlaciones entre ellos. Se discuten distintos objetivos a la selección en función de los precios del mercado internacional de la fibra. Por último, se describen las actuaciones realizadas en la población de Cachemira española, haciendo énfasis en la implementación del BLUP con restricciones y técnicas de programación lineal empleadas para imponer restricciones.

Palabras claves: Cachemira, Objetivos de selección, Caracteres de fibra, Selección con restricciones.

SUMMARY

GENETIC IMPROVEMENT OF CASHMERE FIBRE PRODUCTION

Different aspects relative to genetic improvement of Cashmere fibre production are discussed. The world situation of animals' fibres is described together with a description of Cashmere production. Characteristics of the physiology and metrology of fibre are also presented. In addition, genetic variability associated to traits of interest as well as genetic correlations among them are presented. Three selection objectives are discussed taking into account the price of fibre in the international market. Finally, some selection criteria based on restricted BLUP and selection strategies through the use of lineal programming techniques applied to Spanish Cashmere are outlined.

Key words: Cashmere, Selection objective, Fibre traits, Restricted selection.

Introducción

El sector agropecuario español, como el del resto de los países de la Unión Europea, está bajo la creciente necesidad de diversificar sus actividades dado que las producciones tradicionales están cerca de satisfacer las demandas del mercado. Una alternativa clara son los productos no alimentarios de alto valor añadido, lo que coincide con la política agrícola de la UE.

La producción de fibras de origen animal para uso en la industria textil presenta una situación muy diversa en función del origen de la fibra (cuadro 1). De aquellos tipos de fibra cuya producción está estabilizada, la fibra de Cachemira es la de mayor valor económico.

Tradicionalmente el término de Cachemira hacía referencia a las cabras procedentes de Asia. Actualmente, la definición de Cachemira viene impuesta por razones de mercado. Se define como cabras Cachemira aquellas cabras con doble capa de abrigo que producen fibra con diámetro inferior a $18,5\ \mu\text{m}$. En las cabras de Cachemira existe una gran diversidad de genotipos con un rango muy amplio de variación tanto en diámetro como en producción de fibra. Se describen algunos tipos, tales como, Siberia (producción $>500\text{g}$ y diámetro $>20\ \mu\text{m}$), China y Mongolia (diámetro $<16\ \mu\text{m}$ y producción entre $100\text{-}300\text{g}$). Existen algunas regiones chinas donde se dan animales de excelente calidad (diámetro entre $15\text{-}17\ \mu\text{m}$) y alto nivel de producción (500 g). Los países tradicionalmente productores de fibra Cachemira son asiáticos (China, Mongolia, Irán, Afganistán, Siberia, Pakistán e India) aunque a partir de la década de los ochenta se incorporaron Australia, Nueva Zelanda y Reino Unido, que actualmente

junto con Estados Unidos, son los principales países procesadores.

En Europa existe un creciente interés por la producción de fibras textiles de origen animal, tales como Cachemira, mohair, angora y lanas de calidad (MILNE, 1997). Existen en realidad distintas iniciativas por parte de cooperativas de productores que aúnan esfuerzos para la producción de la materia prima, el procesado y la comercialización del producto elaborado. Así, al amparo de una red temática financiada por la UE, se han de constituir bases de datos que englobarán la información generada en cada país para las distintas especies.

OSORO y col. 1995, han identificado la producción de fibra de Cachemira en España como un complemento a los sistemas de producción tradicionales por el valor añadido que se puede obtener de la fibra. La Cachemira es la fibra de origen animal que presenta una mayor asociación con el lujo y la calidad. El valor de la fibra de Cachemira es una función de varias características, fundamentalmente de calidad y cantidad.

La introducción de cabras de Cachemira en España se realizó en el marco de un proyecto INIA de carácter multidisciplinar, que ha integrado aspectos relacionados con la genética, los sistemas de manejo, reproducción, enfermedades parasitarias y economía.

Fisiología y Medida de la fibra

Las cabras de Cachemira son animales de doble capa de abrigo. Sobre su piel se distinguen dos tipos de folículos pilosos; los folículos primarios que producen pelo con diámetro $> 50\ \mu\text{m}$ y longitud de $6\text{-}20\text{ cm}$ y cuyo papel biológico es la protec-

CUADRO 1
SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL

Tipo de Fibra	Animal Productor	Producción (Tm)	Tendencia
Alpaca y Llama	Camélidos	4.000	Estable
Angora	Conejo	7.000	Estable
Pelo Camello	Camélidos	1.500	Decrec.
Cashgora	Cabra Angora x Cabra salvaje	50	Decrec.
Cachemira	Cabra Cachemira	5.000	Estable
Mohair	Cabra Angora	20.800	Estable
Vicuña	Camélido	No disp.	Inaccesible
Lana de Yak	Bóvido	1.000	Decrec.

Fuente: Ho Phan. 1997. European Fine Fibre Network Workshop Report 1.

ción física y, folículos secundarios productores de fibra con diámetro de 4 -30 μm y longitud de 4-8 cm, cuya función es la de aislante térmico (LUPTON y col. 1995 citado por HERRMANN y WORTMANN, 1995).

La población de folículos, aparentemente, queda fijada entre los 3-6 meses de edad (LAMBERT y col. 1984). El folículo desarrolla un ciclo continuo de actividad de crecimiento, maduración, permanencia, y muda (CHASE, 1954). En el Hemisferio Norte la máxima actividad folicular tiene lugar entre el solsticio de verano y el solsticio de invierno. Las cabras de Cachemira presentan un patrón de crecimiento de la fibra y muda estacional. Durante el invierno presentan doble capa de abrigo. En primavera, bajo la influencia del aumento de horas de luz, se produce la muda de la fibra que se lleva a cabo durante algunas semanas. Se ha observado variación en el inicio de la muda entre animales aunque dentro de animales, los

ciclos de actividad folicular están más o menos sincronizados.

Protocolo para determinar las características de fibra Cachemira

Los animales, machos y hembras, son pesados y controlados a los cinco meses de edad tomando muestra de vellón de 10 cm^2 en el punto medio del lateral del animal. Estas muestras se almacenan en una habitación en seco. Antes de iniciar el proceso de medida, las citadas muestras, se llevan a una cámara de acondicionamiento con temperatura y humedad relativa controladas ($20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ y $65\% \pm 5\%$). En primer lugar se pesa la muestra obtenida. A continuación se procede a la separación manual de pelo y fibra y se pesan por separado. El siguiente paso es el lavado de la fibra con éter de petróleo. Posteriormente se mide la longitud de la fibra (con una regla graduada), extendiendo ésta sobre un tablero de terciopelo.

La determinación del diámetro de la fibra se realiza por microscopía de proyección y análisis de imagen (CUE.2.2) midiéndose 200 fibras por muestra.

En la actualidad se está imponiendo el analizador óptico del diámetro de la fibra (OFDA), por su rapidez y porque permite trabajar con un mayor volumen de muestra. Sin embargo, aún no está resuelta la falta de consistencia entre las determinaciones del diámetro de la fibra obtenida por diferentes métodos y/o en diferentes laboratorios (HERRMANN and WORTMANN, 1994-95). Lo cual obviamente puede presentar un problema a la hora de establecer criterios de selección en un programa de Mejora que implique la intervención de distintos países y/o laboratorios.

Definición de los caracteres de posible interés en el Programa de Mejora Genética

En el Programa de Mejora Genética que se está desarrollando actualmente los caracteres de posible interés son medidos sobre el animal joven, a los cinco meses de edad. Esto se hace con el fin de no dilatar las decisiones a la hora de seleccionar los reproductores y así disminuir el intervalo generacional. Sobre el cabrito se definen:

- Diámetro medio de la fibra (D.M.): media en μm de doscientas fibras de la muestra.
- Desviación estándar del diámetro de la fibra (DE_d).
- Peso vivo (Kg): peso del animal el día en que se toma la muestra del vellón.
- Rendimiento: definido como la razón del peso de la fibra al peso total (pelo más fibra), en porcentaje.

- Peso en gramos de fibra de Cachemira en la muestra (P_CACH): se obtiene como el producto del rendimiento por el peso total de la muestra.

- Longitud de la fibra (mm): se toman tres medidas máxima, media y mínima.

- Medulación: número de fibras meduladas sobre el total de fibras medidas. Expresado en porcentaje.

- Producción anual estimada (PAE) en gramos: obtenida utilizando la fórmula de BISHOP y RUSSEL (1994)

$$\text{PAE} = 53,6 (\text{PV})^{0,703} \text{P_CACH} / 0,4$$

donde, PV representa el peso vivo del animal el día que se toma la muestra y, P_CACH el peso de fibra Cachemira en la muestra. Mediante esta fórmula se extrapola la fibra producida en la superficie muestreada a la superficie corporal total.

Existen algunos trabajos que están determinando caracteres histológicos que podrían tener algún interés para ser utilizados en la selección, tales como densidad de folículos secundarios y razón de folículos secundarios a primarios (PATTIE y RESTALL, 1989). La definición de los caracteres es un tema aún abierto. Se ha observado que el PAE sobrestima la producción real y por otro lado existe la ya citada falta de consistencia entre laboratorios. A estas dificultades podemos añadir el desconocimiento que existe de los caracteres de fibra en el animal adulto ya que el muestreo siempre se hace sobre el animal joven.

Información para la venta de fibra en el animal adulto

Hay dos procedimientos para la recogida de la fibra Cachemira que son peinado y

esquilado. En España, por razones de manejo y costes de mantenimiento de los animales, se ha optado por el peinado.

El valor de la fibra en la industria textil viene determinado por el peso total del esquilado o peinado junto a una escala de apreciación visual relativa al contenido en fibra (1 < 20%; 2 = 20-40%; 3 = 40-60%; 4 = 60-80%; 5 > 80%) y la calidad de fibra. Para ésta última se establecen tres categorías según la apreciación visual del diámetro: hilado con diámetro de fibra inferior a 16,5 micras; tejido para diámetro de fibra entre 16,5 y 18,5 micras; las fibras con diámetro superior a 18,5 micras no se consideran fibra de Cachemira. Otros criterios de calidad son el color (blanco, no blanco, coloreado) y la apreciación visual de la longitud de la fibra. Fibras inferiores a 3 cm o superiores a 10 cm son rechazadas.

Caracterización productiva de la población de Cachemira española

La población de Cachemira española procede de Escocia. La Cachemira escoce-

sa representa un "pool" de genes de distintas procedencias (Islandia, Siberia, Tasmania, Nueva Zelanda y cabra autóctona) que han sido tratadas como una población única y sometida a un proceso de selección (BISHOP y RUSSEL, 1994).

En el cuadro 2 se presentan las medias fenotípicas de los caracteres que han sido medidos en la población española a los cinco meses de edad. Como puede apreciarse la fibra española es de alta calidad (comercialmente, fibras por debajo de 16,5 micras son así consideradas) con una producción de Cachemira (PAE) muy próxima a las referidas en otras poblaciones de Cachemira a estas edades.

De acuerdo a las características productivas medias de la población de Cachemira española, se ha determinado cual sería el ingreso bruto medio por animal únicamente obtenido en función del valor de la fibra. Para ello hemos recogido el sistema de precios del Mercado Europeo de 1997 (RUSSEL, 1998). En éste mercado se consideran tres categorías de precios de acuerdo al diámetro medio. Fibras por debajo de 16,5 μ m

CUADRO 2
MEDIAS FENOTÍPICAS DE LOS CARACTERES CONTROLADOS EN CABRAS DE CACHEMIRA EN ESPAÑA

Carácter	N	Media	D.E.
D.M ^a (μ m)	411	13,95	1,30
DE_d ^a (μ m)	411	2,64	0,43
PAE ^a (g)	347	228	146
PDM ^a (kg)	401	19,1	6,1
P_CACH ^a (g)	361	0,216	0,132
LM (mm) ^a	362	31,9	12,7
Rendimiento %	362	35,4	14,2
Medulación %	362	1,2	1,4

^a DM = diámetro medio; DE_d = desviación estandar del diámetro; PAE = producción anual estimada; PDM = peso vivo el día de la muestra; P_CACH = Peso de la fibra de la muestra en gramos; LM = longitud media de la fibra.

(17.908 pts./kg); fibras con un diámetro entre 16,5 μm y 18,5 μm (13.585 pts./kg), y fibras por encima de 18,5 μm sin precio establecido ni valor comercial en el mercado de la Cachemira. El valor comercial que se podría asignar a la fibra producida por la Cachemira española se establece siguiendo el procedimiento de PONZONI y GUIFFORD (1990). A precios de mercado de 1997, el precio medio de la Cachemira española sería de 17.799 pts. / kg o 4.058 pts. por animal.

Parámetros genéticos

Existe un número muy limitado de referencias bibliográficas relativas a los caracteres productivos en poblaciones de Cachemira. Los caracteres involucrados en la producción de fibra presentan, en general, heredabilidades entre moderadas y altas. El rango de valores encontrados para diámetro medio de la fibra varía entre 0,47 y 0,99 (BISHOP, 1994; BISHOP y RUSSEL, 1996) para peso de la fibra de Cachemira entre 0,36 y 0,62 (BISHOP, 1994; BISHOP y RUSSEL, 1996) mientras que el peso vivo presenta heredabilidades más consistentes y similares a las encontradas en otras especies (BISHOP, 1994). Este rango de valores representa una mezcla de poblaciones y de edades.

Es a su vez de especial importancia la correlación genética existente entre todos los caracteres relacionados con la fibra. En este sentido, las estimas encontradas en la literatura son altas y positivas; siendo especialmente altas las estimas de correlaciones genéticas entre diámetro medio y cantidad de fibra que oscilan entre 0,62 y 0,83 (PATTIE y RESTALL, 1989; BIGHAM *et al.*, 1993; BISHOP y RUSSEL, 1996). Por el contrario, no parece existir una asociación clara entre

las características de la fibra y peso vivo de los animales. Las correlaciones genéticas con el peso vivo, tanto para diámetro como para cantidad de fibra, citadas en la literatura no parecen ser distintas de cero (PATTIE y RESTALL, 1989; BIGHMAN y col., 1993; BISHOP y RUSSEL, 1996).

Los parámetros genéticos que han sido utilizados en la población española son los estimados por BISHOP y RUSSEL (1996), dado que la población española procede de la escocesa y la cantidad de información originada en la primera hasta la fecha es muy limitada. Por otra parte dada la relativa consistencia encontrada en la literatura de las estimas de heredabilidad (moderadas o altas) de los caracteres relacionados con la fibra, se esperaría una respuesta rápida a la selección. Sin embargo, la existencia de correlaciones genéticas (igualmente consistentes en la literatura) altas y positivas entre los distintos caracteres hacen crítico el planteamiento de los objetivos y las estrategias de selección por las posibles respuestas correlacionas indeseables. Por ejemplo, en un estudio de simulación de un núcleo realizado por DÍAZ y col. (1998) se observó que seleccionar únicamente para aumentar la producción de fibra conllevaría un incremento anual en el diámetro de 0,5 micras. Por otra parte existen evidencias experimentales que así lo indican; de la línea de selección desarrollada en el MLURI para disminuir el diámetro se obtuvo como respuesta correlacionada una reducción del 38% de la Producción Anual Estimada en cuatro años de selección (RUSSEL, 1998).

Según las estimas obtenidas por BISHOP y RUSSEL (1996), la heredabilidad del diámetro medio de la fibra (DM) es de 0,68 y 0,55 la heredabilidad asociada a la PAE. La estima de correlación genética entre ambos caracteres es de 0,83.

Objetivos de selección

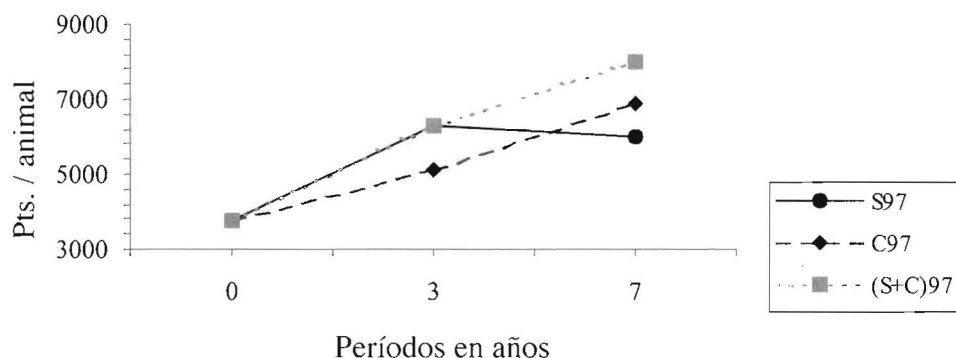
Como ya se ha dicho anteriormente, desde un punto de vista comercial calidad y cantidad de fibra son esenciales. Por tanto, la producción de fibra y por consiguiente, la mejora genética de la fibra de Cachemira, debe abordar esos dos grupos de caracteres. Los caracteres de calidad vienen determinados por la industria textil y su principal componente es el diámetro medio de la fibra; aunque existen otras características adicionales tales como el color, la longitud, el lustre, el rizo, etc. Desde el punto de vista de la selección centraremos nuestro interés en el diámetro medio de la fibra y la Producción Anual Estimada (PAE) como caracteres de calidad y cantidad, respectivamente.

Tomando en cuenta los precios medios de mercado de 1997 que ya han sido indicados anteriormente, si la selección se orientara a la búsqueda de calidad, un decremento de una unidad en el diámetro medio produciría un incremento de 95 pts. / kg en el precio de la fibra producida. Por el contrario, si el proceso de selección resultara en el incremento de un micrómetro en el diámetro medio supondría una pérdida de valor de 397 pts. / kg a precios del mercado 1997 y con las medias de la población actual de Cachemira española (cuadro 2). Como puede observarse la relación calidad precio no es lineal, y por lo tanto la consecuencia, en términos de ingresos percibidos por el productor, dependerá en gran medida del efecto que, incrementar o disminuir una micra en el diámetro medio de la fibra, tenga sobre la cantidad de fibra producida.

Desde esta perspectiva económica discutiremos a continuación distintos objetivos de selección. Para ello, se utilizan los resultados del estudio de simulación realizado por DÍAZ y col. (1998) anteriormente men-

cionado. En dicho trabajo, se compararon distintas estrategias de selección con restricciones aplicado a un núcleo de cabras de Cachemira. Las distintas estrategias de selección se orientaron a mantener el diámetro de la fibra constante. Los resultados del citado estudio mostraron que la selección para incrementar la producción sin restricción en el diámetro se traduciría en un aumento de producción de 52 g anuales con un incremento de diámetro de 0,5 micras. Sin embargo, si seleccionáramos para aumentar la cantidad con restricción en el diámetro, el aumento medio de producción obtenido sería de 25 g anuales mientras que el diámetro se mantendría constante.

En la Figura 1 se presentan los efectos de tres objetivos de selección distintos, medidos en términos de ingresos brutos por animal. Dichos objetivos son: selección para aumentar cantidad sin restricción en diámetro (S), selección para aumentar cantidad con restricción en diámetro (C) y por último, una combinación de ambas que sería, selección sin restricción en diámetro los tres primeros años y restricción en los siguientes. Se observa claramente que la elección entre los distintos objetivos depende de la perspectiva en el tiempo. Al cabo de tres años de selección, S implicaría un ingreso adicional de 1.166 pts. por animal respecto a C. Por el contrario, si consideramos un periodo de siete años de selección, S supondría una pérdida de 875 pts. por animal respecto a C. Una combinación de ambos objetivos parece ser la mejor opción, puesto que a corto plazo implicaría los mismos ingresos que S y a más largo plazo supondría una ventaja con respecto a C (1.090 pts./animal). Las diferencias que serían esperadas entre los tres escenarios podrían explicarse por el efecto que el incremento del diámetro tiene sobre el pre-



S = selección para aumentar cantidad sin restricción en diámetro; C = selección para aumentar cantidad con restricción en diámetro y S+C = selección S en los tres primeros años y C en los siguientes.

Figura 1. Ingresos brutos medios por animal bajo distintos objetivos de selección

cio de la fibra y que no parece ser compensado por una mayor producción. Así por ejemplo, bajo la estrategia S, tendríamos animales de mayor producción, pero en su mayor parte estarían en el segundo tramo de precios ($16,5 - 18,5 \mu\text{m}$) y la fibra del 28 % de los animales de nuestra población no tendría valor económico. En cambio, en la combinación de S+C, el 76% de la población se mantendría en el primer nivel de precios ($< 16,5 \mu\text{m}$) y el 24% restante en el segundo tramo.

Por lo tanto, del conocimiento del mercado internacional se deduce que seleccionar para disminuir diámetro no tendría sentido dado los niveles de calidad de nuestra población en la actualidad; mientras que aumentar la producción sólo tendría sentido a corto plazo. Si además tenemos en cuenta que existen ciertas evidencias de que el diámetro medio de la fibra incrementa con la edad (PATTIE y RESTALL, 1989) se espera que restringir el diámetro medio de la fibra nos permitiría asegurar un valor comercial para todo el rebaño.

Actuaciones en la población de Cachemira española

En la población de Cachemira española, de entre todos los caracteres controlados en los animales, hemos centrado nuestro interés sobre el diámetro medio de la fibra y la Producción Anual Estimada como caracteres representativos de la calidad y cantidad de la fibra.

En un primer período, se testaron los machos importados de Escocia y los apareamientos se organizaron para evitar consanguinidad. En el año 1995 se pudieron evaluar por primera vez los animales de Cachemira. Dado que en ese momento se disponía únicamente de información sobre el diámetro medio de las muestras tomadas en los cabritos nacidos en el año 1994, se realizó una evaluación genética mediante la aplicación de un BLUP-Modelo Animal. La heredabilidad considerada fue 0,68 (BISHOP y RUSSEL, 1996). El modelo de evaluación contempló, la localización, el sexo y la edad del animal el día de la toma de la

muestra como covariable. Puesto que sólo disponíamos de información para el diámetro de la fibra los machos fueron seleccionados para disminuir dicho diámetro, es decir mejorar calidad. Para comprobar si los caracteres respondían a la selección como era esperado, se estimó la respuesta esperada para diámetro en función de los valores medios predichos para los machos padres de los individuos nacidos en el año 1996 (única información de la que se dispone actualmente en este sentido). Para obtener la respuesta esperada, se utilizaron las valoraciones genéticas de esos machos obtenidas a partir de su propia información. Asumiendo que todos los machos tenían la misma contribución a la descendencia se hubiera esperado un decremento en el diámetro de 0,16 micras, pero tomando en cuenta las contribuciones diferenciales de los machos el decremento esperado sería de 0,26 micras, coincidiendo éste último valor con la media de los individuos nacidos en 1996.

A partir de 1995, los animales fueron controlados para los otros caracteres que se citan en el cuadro 2. Para la evaluación genética se implementó un BLUP-Modelo Animal Multicarácter para diámetro medio y Producción Anual Estimada. Los animales han estado ubicados en Asturias (dos fincas) y Guadalajara. De los 17 machos que figuran como padres con hijos con datos, 10 tienen descendencia en al menos dos de las localizaciones para asegurar la conexión entre rebaño. En la evaluación realizada en el año 1997, se valoraron un total de 856 animales, 367 de los cuales poseían información propia. Vía hembras no se ha practicado selección hasta la fecha dado que uno de los objetivos era incrementar el tamaño del rebaño. Los apareamientos se verificaron para minimizar el incremento de consanguinidad.

Con posterioridad y en base a los resultados de la simulación para el manejo del núcleo de selección se ha implementado un BLUP con Restricciones (QUAAS y HENDERSON, 1976) para la selección de hembras en el núcleo, y técnicas de programación lineal aplicadas a las valoraciones BLUP multicarácter, para la selección de los machos (DÍAZ y col., 1998). La programación lineal nos permite maximizar la respuesta en cantidad de fibra sujeta a una serie de restricciones tanto en el diámetro como en el número mínimo de machos y número máximo de hembras a cubrir por macho. Las soluciones obtenidas nos indican el número de machos a seleccionar y la proporción de hembras a cubrir por cada uno de los machos para obtener el máximo de la función sometido a las restricciones impuestas. La programación lineal es un instrumento de gran flexibilidad para imponer restricciones (DÍAZ, 1998, resultados no publicados), de manera tal que nosotros podríamos establecer el incremento en diámetro deseado (esperado) y en función de esta restricción buscar la combinación de machos que maximizan el incremento de producción.

Agradecimientos

Los resultados así como el conocimiento adquirido por los autores sobre la genética y fisiología de la fibra, metrología y la producción de cabras de Cachemira fueron obtenidos durante el desarrollo del proyecto SC93-193 del Plan Sectorial del M.A.P.A.

Bibliografía

- BISHOP S., 1994. Strain comparisons and genetic parameters for cashmere goats. In: Proc. 5th WCGALP. Vol 19, 401-408.

- BISHOP S.C. y RUSSEL F.J., 1994. Cashmere production from feral and imported cashmere goat kids. *Anim. Prod.* 58, 135-144.
- BISHOP S. y RUSSEL A., 1996. The inheritance of fibre traits in a crossbred population of cashmere. *Anim. Sci.* 63, 429-436.
- CHASE H.B., 1954. Growth of hair. *Physiological Reviews*, 34, 632-633.
- DÍAZ C., Toro, M. y REKAYA R., 1998. Comparison of restricted selection strategies: an application to selection of Cashmere goats. *Livest. Prod.* (Aceptado).
- HERRMANN S. y WORTMANN F.J., 1994-1995. First results of the round trial of fibre diameter testing facilities. *Fine Fibre News*, 4, 6-16.
- HERRMANN S. y WORTMANN F.J., 1995. Developments of models for the simultaneous estimation of fibre quality and yield in raw cashmere fleeces. *Fine Fibre News*, 5, 6-10.
- LAMBERT A., RESTALL B.J., NORTON B.W. y WINTER J. D., 1984. The post-natal development of hair follicles groups in the skin of the Australian feral goat. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 15, 420-423.
- MANDAKH B. and ZAGDSUREN Y., 1998. Selection index for improvement on Mongolian Cashmere goat performance. In: *Proc. 6thWCGALP*. Vol 24, 96-98.
- MILNE J., 1997. European Fine Fibre Network Workshop Report 1, 2-3.
- OSORO K.; MARTÍNEZ A. y ORMAIZABAL J.J., 1995. Posibilidades de la cabra de Cachemira. *ITEA*. Vol. Extra. 16 (1), 204-206.
- PATTIE W.A. and RESTALL B.J., 1989. The inheritance of Cashmere in Australian Goats. 2. Genetic Parameters and breeding values. *Livest. Prod. Sci.* 21, 251-261.
- PATTIE W. A. and RESTALL B.J., 1990. Breeding for cashmere. In: *Proc. Of The Scottish Cashmere*. The variable alternative. Battleby, 21st July, 1990, 13-31.
- PONZONI R.W. and GIFFORD D.R., 1990. Developing breeding objectives for Australian Cashmere goats. *J. Anim. Breed. Genet.* 107, 35-370.
- QUAAS R.L. y HENDERSON C.R., 1976. Selection criteria for altering growth curve. *Dept. Anim. Sci. Cornell University*. Ithaca, N.Y. Mimeo.
- RESTALL B. J. and PATTIE W.A., 1989. The inheritance of Cashmere in Australian Goats. 1. Characteristics of the base population and the effects of environmental factors. *Livest. Prod. Sci.* 21, 157-172.
- RUSSEL A. 1998. Breeding programme achieves significant gains in Cashmere production. *Scottish Cashmere News*, 36, 1-2.