

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ENTRE LINEAS DE RATON SELECCIONADAS POR EL PESO CORPORAL Y LA PROLIFICIDAD

Por Y. Bayón (1)
L.F. Fuente (1)
F. San Primitivo (1)

INTRODUCCION

Los planes de mejora de la producción cárnica en las especies polítopas prevén la selección de líneas especializadas paternas y maternas. La selección de las líneas maternas se centra en la mejora de los caracteres reproductivos, mientras que en el caso de las líneas paternas se basa en los caracteres relacionados con el cebo.

La programación de un proceso de selección en una población animal requiere predecir tanto la respuesta directa a la selección como la respuesta correlacionada en otros caracteres. Además es preciso conocer cómo evolucionan las líneas seleccionadas para el conjunto de los caracteres de interés zootécnico, así como la influencia del proceso de selección en la diferenciación global de las líneas.

En este sentido la utilización de animales de laboratorio, de fácil manejo y corto intervalo generacional, resulta de gran interés para permitir conocer cómo se comportan los caracteres a seleccionar.

MATERIAL Y METODOS

Se llevó a cabo un proceso de selección divergente para el peso corporal y la prolificidad, partiendo de una población de ratón albino de laboratorio, estirpe NMRI. Esta población dio origen a cinco líneas diferenciadas, cuatro de las cuales fueron sometidas a selección y una quinta no seleccionada, C, que se mantuvo como línea testigo.

La selección para el peso corporal se basó en el peso individual a los 42 días de edad, que fue aumentado en la línea W+ y disminuido en la línea W-. La selección para prolificidad se realizó en base al número de descendientes nacidos vivos en los

(1) Dpto. de Producción Animal.

tres primeros partos de cada hembra (TN-3) en las líneas L+ y L-, o líneas ascendente y descendente, respectivamente.

Se realizó selección individual para ambos caracteres, aunque en el caso del carácter TN-3 se efectuó solamente sobre las hembras. El sistema de cría fue monógamo y continuo, estando cada línea constituida por 50 parejas en cada generación. Las camadas fueron estandarizadas a ocho animales. Las características de ambos procesos de selección, así como la respuesta directa y la respuesta correlacionada obtenida en cada línea durante trece generaciones de selección han sido descritos en anteriores publicaciones: 1, 2, 13, 14.

En la generación número 13, y con el fin de estudiar de una forma conjunta el resultado de la selección para cada una de las líneas, se eligieron un total de 11 caracteres de interés desde el punto de vista de la producción animal y que pueden ser agrupados de la siguiente manera:

Caracteres de peso corporal:

-Peso a los 21 y 42 días de edad, ganancia 21-42 días y peso de la hembra al apareamiento.

Caracteres de prolificidad:

-Tamaño de la primera, segunda y tercera camada, y total tres primeras camadas.

Caracteres componentes de la prolificidad:

-Tasa de ovulación, número de óvulos que no llegan a la implantación y número de fetos muertos hasta el día 16 de gestación.

Para estudiar conjuntamente las líneas en base a los caracteres citados, se utilizó un análisis de componentes principales. Este análisis proporciona una estimación de la variabilidad conjunta, entre las cinco líneas, para los 11 caracteres estudiados. Así mismo permite analizar de una forma global las relaciones que existen entre estos caracteres después de la selección.

RESULTADOS

En la tabla I se representan los valores medios de los 11 caracteres estudiados en las líneas L+, L-, C, W+ y W-, en la generación 13 de la selección.

La proporción de varianza explicada por los tres componentes principales, así como los porcentajes de dependencia para los 11 caracteres se incluyen en la tabla II.

Los resultados del análisis de componentes principales indican que el primer componente o factor (CP1) asume el 78,30% de la varianza generalizada y el segundo componente (CP2) el 10,76%, lo que supone que ambos conjuntamente explican el 89,06% de dicha varianza, permitiendo representar en el plano la distancia o separación entre las cinco líneas perdiendo muy poca información. La representación gráfica de las líneas en el plano de los dos componentes principales se ofrece en la figura 1.

La mayor diferencia entre líneas, correspondiente al CP1 separa las líneas ascendentes de las descendentes representando pues la dirección de selección. Este componente está asociado a los caracteres de peso corporal, tasa de ovulación y también, aunque en un grado ligeramente inferior, al tamaño de la camada. Indica, pues, la relación que existe entre mayor tamaño corporal (o peso a cualquier edad) y mayor prolificidad.

La separación es mayor entre las líneas de peso (W+ y W-), dado que esta selección originó una mayor divergencia entre las líneas, tanto de caracteres de peso como de prolificidad, en comparación con la selección para el tamaño de las tres primeras camadas. La distancia al origen de coordenadas es semejante entre las líneas W+ y W-, así como entre las líneas L+ y L-. La línea C se sitúa próxima al origen.

El eje CP2 separa las líneas seleccionadas para prolificidad de las líneas seleccionadas para peso corporal, discrimina pues las líneas por el carácter para el cual se han seleccionado. Este componente se encuentra asociado fundamentalmente a la supervivencia pre-implantación, al estar negativamente correlacionado con el número de óvulos que no llegan a la implantación, parámetro que incluye los fallos en la fertilización y los fallos en la implantación.

En el segundo componente se rompe la asociación «peso - tasa de ovulación - prolificidad», pues la selección elimina la proporcionalidad entre la tasa de ovulación y la mortalidad embrionaria. Este efecto queda claramente de manifiesto por la separación en este eje entre las líneas L+ y W+. Para este segundo componente el valor más elevado corresponde a la línea L+ y el más bajo a la línea W+. De esta forma, la selección para aumentar el tamaño de las tres primeras camadas ha originado una mejora en la supervivencia pre-implantación respecto a la línea testigo, mientras que en la línea W+ el aumento en la tasa de ovulación ha ido acompañado de un incremento muy elevado en las pérdidas pre-implantación. La línea L- se sitúa para el CP2 en un punto cercano a la línea C, que resulta ser la más próxima al origen de coordenadas. Desde el punto de vista general se puede observar cómo cada línea se encuentra situada en un cuadrante y su definición es originada por la dirección de la selección y el carácter seleccionado.

El tercer componente principal explica el 8,63% de la variación, lo que junto con los dos primeros componentes supone el 97,69% de la varianza total. En la figura 2 se representan gráficamente las cinco líneas en el plano de los componentes segundo y tercero. El tercer componente principal representa la supervivencia embrionaria postimplantación, al estar correlacionado exclusivamente con el número de fetos muertos y de una forma negativa. Para este tercer componente el valor más elevado lo presenta la línea C, indicando que todos los sistemas de selección han originado un aumento en la mortalidad post-implantación. Este cambio, ha sido especialmente acusado en la línea L- que ha presentado el valor más bajo para el CP3.

En la figura 3 se representan los once caracteres en el plano de los dos primeros componentes principales. Es necesario señalar que esta asociación está originada por la covarianza introducida por las líneas seleccionadas y no por la asociación entre variables dentro de cada línea.

Los grupos de caracteres más correlacionados son, por una parte, los caracteres de peso corporal a diferentes edades entre sí, así como con la tasa de ovulación, y por otro lado los tamaños de las camadas. En grupos independientes aparecen el número de óvulos implantados y el número de fetos muertos.

DISCUSION

El primer componente principal obtenido del análisis, y que explica la mayor parte de la variabilidad entre las cinco líneas estudiadas, representa fundamentalmente el peso o tamaño corporal, que aparece estrechamente relacionado con la tasa de ovulación y que también presenta relación con las diferentes medidas de la prolificidad.

Todas las medidas realizadas del peso corporal a diferentes edades presentaron una correlación elevada, que no fue modificada al utilizar distintos sistemas de selección. Esta íntima relación deriva de que las modificaciones obtenidas en el peso corporal parecen tener su origen en una aceleración en los procesos de crecimiento celular (hiperplasia e hipertrofia)¹⁷. De esta forma los cambios en el peso corporal a una edad determinada van acompañados, en la mayor parte de los casos, por modificaciones en el peso en otros puntos de la curva de crecimiento¹⁸.

No obstante, cuando la selección se basa en el peso corporal medido en edades anteriores al destete, el peso post-destete puede no sufrir modificaciones debido a que la respuesta directa obtenida tendría su origen en el efecto materno que parece ser el principal determinante del peso corporal pre-destete⁷. Este efecto no se manifiesta cuando, como en nuestro caso, la selección se basa en el peso corporal en edades posteriores al mismo.

Por lo que se refiere a la tasa de ovulación, ésta presenta una correlación genética y fenotípica positiva y elevada con el peso corporal¹⁵, por ello todos los procesos de selección que originan cambios en el peso modifican también el número de óvulos producidos por la hembra.

En el análisis realizado en nuestro trabajo, se ha obtenido una asociación de los caracteres de prolificidad y peso corporal en sus diferentes medidas. De esta manera la relación obtenida entre los valores de las líneas para el CP1 ($W- < L- < C < L+ < W+$) representa a la vez las diferencias en peso y en prolificidad entre las mismas.

No obstante, las relaciones entre peso y prolificidad son complejas ya que estos caracteres presentan una correlación genética positiva y una correlación ambiental negativa⁸. Los procesos de selección para el peso corporal originan generalmente cambios importantes en prolificidad a través de las modificaciones en la tasa de ovulación^{6, 11, 12, 16}. Por el contrario la selección para prolificidad determina una respuesta moderada o reducida en peso^{9, 10}. Incluso en algunas ocasiones, el efecto fenotípico negativo del tamaño de la camada sobre el peso corporal puede enmascarar la respuesta correlacionada en este último carácter, especialmente en aquellos casos en los cuales no se efectúa estandarización del tamaño de la camada³. En nuestro caso, esta práctica se llevó a cabo en todas las líneas lo que permitió detectar modificaciones en el peso corporal, aunque ligeras, en las líneas seleccionadas para prolificidad.

Los componentes principales segundo y tercero representan en conjunto la supervivencia pre-natal siendo sus elementos integrantes la supervivencia pre-implantación (CP3). Según es aceptado por la mayoría de los autores la tasa de ovulación y la supervivencia pre-natal son caracteres determinados por sistemas genéticos distintos. Falconer¹¹ ha sugerido que la tasa de ovulación presenta una determinación genética fundamentalmente aditiva, mientras que la supervivencia pre-natal estaría controlada en su mayor parte por alelos deletéreos recesivos presentes en la población en frecuencias generalmente bajas. Por otra parte, en el caso de la supervivencia pre-natal no parece posible establecer una asociación con el peso como ocurre con la tasa de ovulación⁵. Esta afirmación encuentra apoyo en la diversidad de resultados obtenidos con respecto a este carácter en experimentos de selección basados en el peso corporal^{4, 5, 12, 16}.

Bradford⁵ observa un aumento considerable en las pérdidas pre-natales al seleccionar para aumento de peso, lo que origina que esta línea no presente incremento alguno en el tamaño de la camada. Este autor sugiere que en términos fisiológicos la explicación puede encontrarse en que la «capacidad uterina» ya sea la capacidad física o el sistema endocrino necesario para llevar a término la gestación actúa como factor limitante en las líneas de elevado peso corporal, lo que asocia en alguna medida con el elevado grado de engrasamiento que éstas presentan generalmente.

La supervivencia pre-natal es un carácter complejo ya que presenta una gran interdependencia madre-descendencia. En las especies como el ratón, en las cuales la madre aporta un número de óvulos elevado, existiría un umbral de capacidad uterina (determinado por la madre) que fijaría el número de embriones que pueden ser llevados a término, de forma que sobrevivirían los más viables (efecto debido a las crías). De esta forma, parece existir un antagonismo entre el aumento de la tasa de ovulación y el mantenimiento de la tasa de supervivencia embrionaria, de manera que al modificar la tasa de ovulación mediante selección existe un cierto nivel en dicha tasa a partir del cual la mortalidad aumenta y el número de nacidos se estabiliza.

El estudio realizado en nuestras líneas permitió diferenciar los componentes pre- y post-implantación de la supervivencia pre-natal que presentaron un comportamiento distinto.

La supervivencia pre-implantación presenta relación con el CP2 explicando gran parte de las diferencias encontradas para este componente entre las cinco líneas estudiadas. Los resultados obtenidos indican que los cambios originados en la supervivencia pre-implantación han sido distintos según el carácter objeto de selección. Así el incremento en la tasa de ovulación ha ido acompañado de un descenso en las pérdidas pre-implantación en la línea L+ y un aumento muy acusado en las mismas en la línea W+.

Finalmente la supervivencia post-implantación representa al tercer componente principal y no muestra relación con ninguno de los restantes caracteres medidos. Las cuatro líneas seleccionadas presentan un aumento en la mortalidad post-implantación respecto a la línea testigo. Este efecto pudo estar relacionado en las líneas L+ y W+ con el mayor número de embriones que la hembra mantenía en gestación. Sin embargo, el incremento fue máximo en la línea L-, lo que indica que al menos en dicha línea el incremento en la mortalidad post-implantación tuvo un origen distinto, posiblemente relacionado con el aumento en la proporción de alelos deletéreos.

La tasa porcentual de supervivencia pre-natal, considerada globalmente, se mantuvo en la línea L+ al mismo nivel que en la línea C, a pesar del incremento en la tasa de ovulación, mientras que por el contrario, dicha tasa aumentó considerablemente en la línea W+². De esta forma, la superioridad en tasa de ovulación de la línea W+ sobre la línea L+ se redujo, en gran parte, en el tamaño de la camada. Así la selección para incrementar el peso corporal pareció actuar en contra del equilibrio fisiológico entre el número de óvulos producidos y el número de embriones que la hembra es capaz de desarrollar. Por el contrario, la selección para incrementar el carácter TN-3 mejoró este equilibrio al permitir un incremento en la tasa de ovulación sin aumentar las pérdidas embrionarias.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de la variabilidad entre cinco líneas de ratón obtenidas a partir de una población inicial común mediante distintos procesos de selección. Las líneas se seleccionaron en base a los siguientes caracteres: aumento (W+) y disminución (W-) en el peso corporal a los 42 días, aumento (L+) y disminución (L-) en el número de descendientes nacidos en las tres primeras camadas (TN-3). La línea C se mantuvo como testigo.

En la generación número 13 de selección se midieron en todas las líneas los once caracteres siguientes: peso corporal a los 21 y 42 días, ganancia 21-42 días, peso de la

hembra al apareamiento, tamaño de la primera, segunda y tercera camada, TN-3, tasa de ovulación, no implantados y fetos muertos.

Tomando como base los citados caracteres se realizó un análisis de componentes principales que permitiera estimar la variabilidad conjunta. El primer componente principal representa la dirección de la selección y está asociado a los caracteres de peso corporal, tasa de ovulación y prolificidad. El segundo componente separa las líneas por el carácter para el cual se han seleccionado y se encuentra asociado fundamentalmente a la supervivencia post-implantación, que sufre un descenso en las cuatro líneas seleccionadas, siendo este descenso más acusado en la línea L-.

SUMMARY

The overall variability among five lines of mice derived from a common base population through selection processes was studied. The lines were selected in the following way: increased (W+) and decreased (W-) 42-days body weight, and increased (L+) and decreased (L-) total number of young born in the first three births (TN-3). Line C served a control.

In generation 13 the following 11 traits were recorded in the five lines: 21-days and 42-days body weight, 21-42 days gain, female weight at mating, first, second and third litter size, TN-3, ovulation rate, ova that failed to implant, dead fetuses.

A principal component analysis was performed to estimate the overall variability of the lines on the basis of the mentioned traits. The first principal component symbolizes the selection direction and it is associated to body weight, ovulation rate and litter size. The second component differentiates the lines through the selection criterion. That component is related to pre-implantation survival and it was improved in the L+ line. The third component is related to post-implantation survival. That trait decreased in all the selected lines relative to the control, showing the lowest value in the L- line.

TABLA I
Valores medios de los caracteres estudiados en las cinco líneas para la generación n.º 13 de selección

Carácter	Línea				
	L+	L-	C	W+	W-
Peso a los 21 días	14,21	12,64	13,54	17,48	10,60
Peso a los 42 días	32,57	29,44	32,38	39,94	23,54
Ganancia 21-42 días	18,36	16,80	18,84	22,46	12,94
Peso al apareamiento	34,65	31,96	33,46	45,16	25,33
1ª camada	11,89	10,08	11,03	11,26	7,28
2ª camada	11,11	8,87	10,42	10,03	7,46
3ª camada	11,63	9,06	9,24	11,40	7,55
Total 3 camadas	34,73	27,53	29,64	32,88	22,74
Tasa de ovulación	16,87	13,97	15,56	18,65	13,88
No implantados	2,70	1,98	2,86	4,38	2,43
Fetos muertos	0,96	1,47	0,58	0,91	1,09

TABLA II
 Porcentajes de dependencia para los tres componentes principales y los 11 caracteres estudiados

Variable	CP1	CP2	CP3
Peso a los 21 días	93,28	-4,56	-1,94
Peso a los 42 días	94,66	-2,24	-0,85
Ganancia 21-42 días	93,63	-1,04	-0,32
Peso al apareamiento	88,79	-6,53	-3,67
1ª camada	77,23	20,46	-0,06
2ª camada	69,54	26,40	3,99
3ª camada	85,19	5,18	-3,34
Total 3 camadas	84,76	13,09	-0,30
Tasa de ovulación	90,81	-3,81	0,13
No implantados	62,58	-34,70	1,44
Fetos muertos	-20,80	0,32	-78,83
Varianza explicada por cada componente	78,30	10,76	8,63
Varianza explicada acumulada	78,30	89,06	97,69

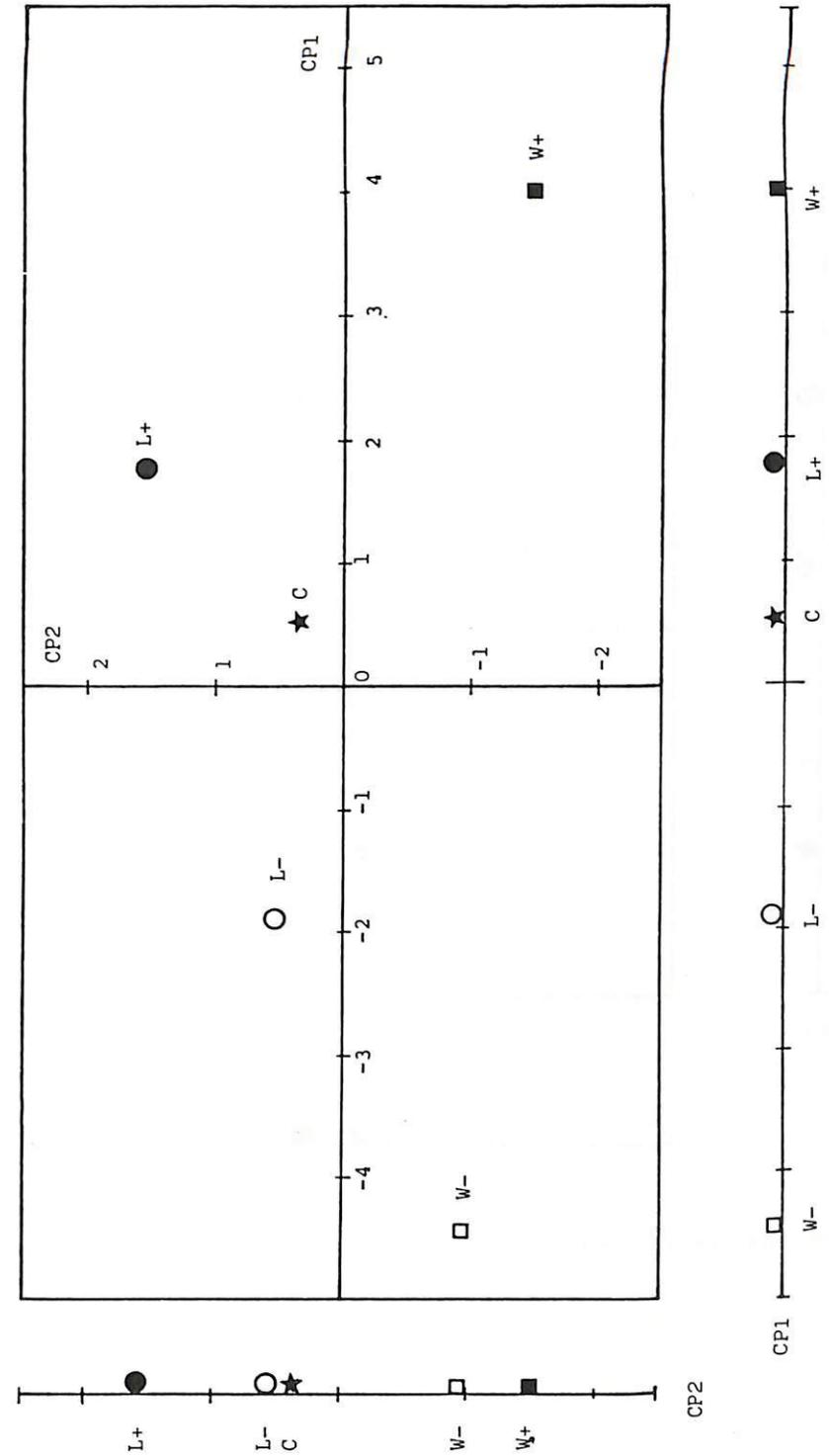


Fig. 1.- Representación de las líneas en el plano de los dos componentes principales.

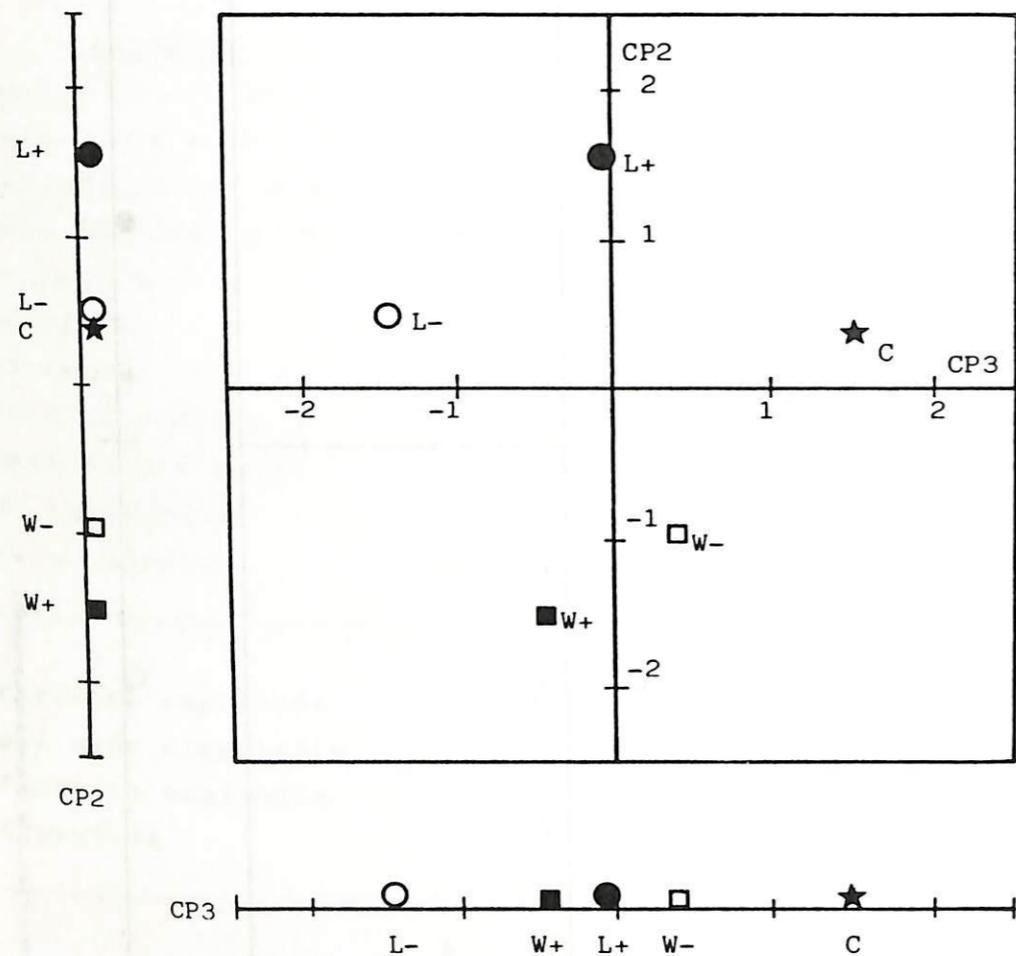


Fig. 2.- Representación de las líneas en el plano de los componentes segundo y tercero.

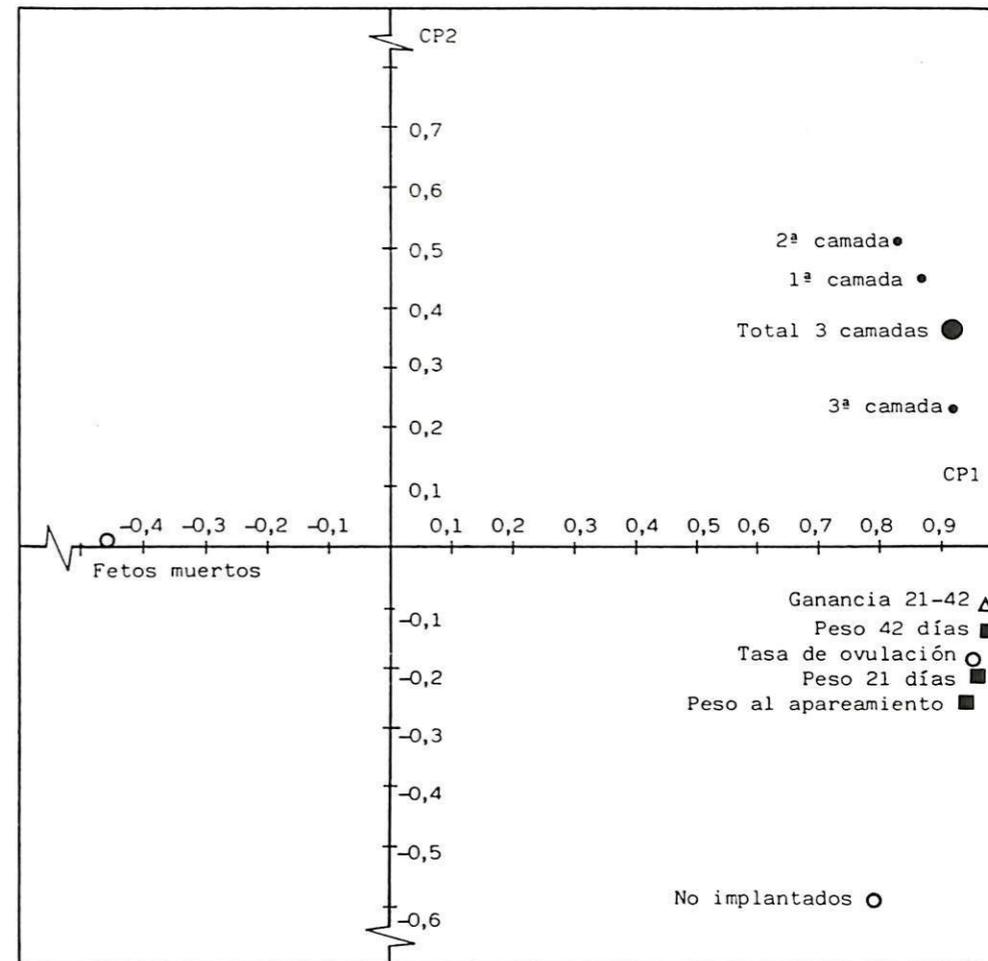


Fig. 3.- Representación de los once caracteres en el plano de los dos componentes principales.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BAYON, Y. (1986). Estudio de los caracteres, prolificidad y peso corporal en el ratón (*mus musculus*) mediante procesos de selección y cruzamiento. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria, León.
- 2) BAYON, Y.; FUENTE, L.F. y SAN PRIMITIVO, F. (1986). Effects of selecting for litter size and body weight on the components of litter size in mice. *Livest. Prod. Sci.*, 46: 195-203.
- 3) BAKKER, H.; WALLINGA, J.H. y POLITIEK, R.D. (1978). Reproduction and body weight of mice after longterm selection for large litter size. *J. Anim. Sci.*, 46: 1.572-1.580.
- 4) BARRIA, N. y BRADFORD, G.E. (1981). Long-term selection for rapid gain in mice II.- Correlated changes in reproduction. *J. Anim. Sci.*, 52: 739-747.
- 5) BRADFORD, G.E. (1971). Growth and reproduction in mice selected for rapid body weight gain. *Genetics*, 69: 499-512.
- 6) BUTLER, I. von; WILLEKE, H. y PIRCHNER, F. (1984). Two-way within family and mass selection for 8-week body weight in different mouse populations. *Genet. Res.*, 43: 191-200.
- 7) EISEN, E.J. (1972). Long-term selection response for 12-day litter weight in mice. *Genetics*, 72: 129-142.
- 8) EISEN, E.J. (1978). Single-trait and antagonistic index selection for litter size and body weight in mice. *Genetics*, 88: 781-811.
- 9) EISEN, E.J. y DURRANT, B.S. (1980). Effects of maternal environment and selection for litter size and body weight on biomass and feed efficiency in mice. *J. Anim. Sci.*, 50: 664-679.
- 10) FALCONER, D.S. (1955). Patterns of response in selection experiments with mice. *cold. Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 20: 178-196.
- 11) FALCONER, D.S. (1960). The genetics of litter size in mice. *J. Cell. Comp. Physiol.*, 56: 153-167.
- 12) FOWLER, R.E. y EDWARDS, R.G. (1960). The fertility of mice selected for large or small body size. *Genet. Res.*, 1: 393-407.
- 13) FUENTE, F. y SAN PRIMITIVO, F. (1985a). Selection for large and small body litter size of the first three litters in mice. *Genet. Sel. Evol.*, 17: 71-83.
- 14) FUENTE, F. y SAN PRIMITIVO, F. (1985b). Selection for large and small body weight in mice, and its implications for multiparous species. *Z. Tierzüchtg. Züchtbiol.*, 102: 221-229.
- 15) LAND, R.B. (1970). Genetic and phenotypic relationships between ovulation rate and body weight in the mouse. *Genet. Res.*, 15: 171-182.
- 16) LEGATES, J.E. (1969). Direct and correlated responses to selection in mice. En: *Genetics Lectures, Vol. 1*: 149-165. Ed. R. Bogart. Oregon State Press, Corvallis.
- 17) MCCARTHY, J.C. (1980). Morphological and physiological effects of selection for growth in mice. En: *Selection Experiments in Laboratory and Domestic Animals*, pp. 100-109. Ed. A. Robertson. Commonw Agric. Bur., Slough.
- 18) TIMON, V.M. y EISEN, E.J. (1969). Comparison of growth curves of mice selected and unselected for postweaning gain. *Theor. Appl. Genet.*, 39: 345-351.

ESTUDIO DE LA COMPOSICION CORPORAL DE CORDEROS LACTANTES MEDIANTE ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES *

Por A.R. Mantecón (1)
R. Peláez (1)
J.A. Carriedo (1)

INTRODUCCION

El conocimiento de la composición corporal de los animales, por su importancia en el campo de la nutrición animal y, en general, cuando se tratan de evaluar los rendimientos productivos de los animales parece un aspecto fundamental en el estudio de una determinada raza.

En los estudios de composición corporal son numerosas las medidas posibles, tanto en lo que se refiere a la composición química como a las proporciones de las distintas partes del cuerpo y, por lo tanto, parece aconsejable la utilización de un método de análisis estadístico de tipo multivariante.

Por otra parte, se asume que la composición corporal está determinada por un conjunto de variables con un grado relativamente alto de relación, por lo que podemos suponer que a partir de un número de variables relativamente bajo se podría explicar la información o variabilidad del carácter denominado «composición corporal».

En un estudio inicial se pretende sintetizar la información relativa a las variables que determinan la composición corporal basándose en el análisis del grado de relación de las variables de composición corporal.

En este contexto hemos tratado, por un lado, de cuantificar la importancia relativa de las variables en el conjunto de medidas que definen la composición corporal y por otro lado la agrupación de las variables en función de su grado de relación.

MATERIAL Y METODOS

La composición corporal de los animales es consecuencia, para una determinada

* Trabajo subvencionado por la CAYCIT. Proyecto núm. 3372/83.
(1) Dpto. de Producción Animal.