

**HEREDABILIDAD Y PARAMETROS AMBIENTALES DEL
PESO Y CRECIMIENTO EN CORDEROS LACTANTES DE
PARTO SIMPLE**

**HERITABILITY AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR
PRE-WEANING GROWTH TRAITS OF SINGLE LAMBS**

*Por J. A. Carriedo, *
A. Río, y
F. San Primitivo **

Palabras clave: heredabilidad, crecimiento predestete, peso corderos, raza Churra.
Key words: lamb weights, pre-weaning growth, heritability, Churra sheep breed.

SUMMARY

Data on 2188 Churra lambs were used to estimate heritability and environmental parameters for birth weight, weaning weight and pre-weaning daily gain. The study was carried out on lambs born and reared single. The heritability was estimated by paternal half-sib analyses. Data were statistically analysed by least squares (LS) and maximum likelihood (ML) procedures.

Heritability estimates for birth weight, weaning weight and pre-weaning daily gain were: $0,29 \pm 0,07$, $0,17 \pm 0,05$ and $0,16 \pm 0,05$, respectively.

For birth weight, weaning weight and pre-weaning daily gain, the environmental factors flock, year of birth, and sex of lamb were statistically highly significant. For weaning weight, age at weaning was the most important factor of variation, explaining 13,7% of the total variation. For weaning weight and pre-weaning daily gain, season lambing was found to be a highly significant variation factor while the lactation number of dam was a highly significant variation factor on birth weight and weaning weight.

RESUMEN

A partir de 2.188 registros de corderos de raza Churra se ha estimado la heredabilidad y los parámetros ambientales del peso al nacimiento, peso al destete y ritmo de

* Dpto. Producción Animal. Universidad de León.

An. Fac. Vet. León. 1988, 34, 15-27

crecimiento en la fase predestete. La heredabilidad ha sido estimada a partir de un diseño de medios hermanos. Para los análisis estadísticos se ha seguido el método de mínimos cuadrados (LS) y el de máxima verosimilitud (ML).

Las estimaciones que se han obtenido para las variables indicadas, peso al nacimiento, peso al destete y ritmo de crecimiento en la fase predestete, han sido, respectivamente: $0,29 \pm 0,07$, $0,17 \pm 0,05$ y $0,16 \pm 0,05$.

Para el peso al nacimiento, peso al destete y ritmo de crecimiento predestete, los factores de variación ambiental rebaño, año de parto y sexo mostraron una influencia estadísticamente altamente significativa. Para el peso al destete, la edad del cordero fue en nuestro estudio el factor de variación más importante, explicando el 13,7% de la varianza total. Para el peso al destete y el ritmo de crecimiento predestete, la estación de parto fue un factor estadísticamente altamente significativo mientras el número de lactación de la madre lo fue sobre el peso al nacimiento y al destete.

INTRODUCCION

La producción cárnica de las razas ovinas lecheras es un componente importante de la rentabilidad económica de este tipo de explotaciones.

Puede resultar importante, dentro de un análisis de decisiones sobre los parámetros que deben ser mejorados genéticamente, conocer, desde el punto de vista genético, tanto la heredabilidad de determinados componentes de la producción cárnica, como la influencia de aquellos parámetros ambientales que suelen registrarse e influir sobre la producción cárnica.

Bajo esta concepción, hemos realizado el presente estudio, que contempla la estimación de la heredabilidad del peso al nacimiento, peso al sacrificio y velocidad de crecimiento, considerando únicamente los "efectos genéticos directos".

Por otra parte, se han contemplado aquellos factores ambientales controlados por los ganaderos y que pudieran explicar parte de la varianza fenotípica total.

Este estudio se ha realizado en rebaños de ovejas de raza Churra en los cuales los corderos son sacrificados a una edad temprana, en el entorno de las tres semanas de vida, estando el correspondiente peso alcanzado en el entorno de los 9 kg. Los corderos permanecen con la madre durante toda su vida, dependiendo su alimentación de la leche producida por ésta. En consecuencia, la velocidad de crecimiento corresponde a la fase predestete, y el peso al sacrificio con el peso al destete, llevado a cabo en el entorno de las tres semanas.

El esquema de la secuencia operativa que hemos seguido en nuestro estudio, reflejada en el Apartado de Resultados y Discusión, ha sido la siguiente:

1. Análisis de los factores ambientales.
2. Resultados de las heredabilidades y discusión de la metodología estadística utilizada en comparación con la que frecuentemente se ha empleado en el ganado ovino así como para el vacuno.
3. Discusión biológica de las estimaciones de la heredabilidad e implicaciones posibles en la mejora del ganado ovino de raza Churra.

MATERIAL Y METODOS

El estudio ha sido llevado a cabo a partir de los registros genealógicos y productivos de dos rebaños de ovejas de raza Churra pertenecientes a la Excma. Diputación Provincial de Burgos. Se explotan en régimen de semiestabulación, con temporadas de

pastoreo. Únicamente se han considerado los partos simples en este estudio, siendo el número total de registros o corderos 2.188.

Las variables analizadas han sido, el peso al nacimiento, la velocidad de crecimiento predestete, y el peso al destete llevado a cabo en el entorno de las tres semanas, correspondiendo esta última variable en los rebaños de ovejas lecheras de Raza Churra analizados, con el peso al sacrificio.

El criterio que se siguió en estos rebaños ha sido sacrificar a un peso con una variabilidad relativamente baja, en el entorno de 9 kg., los cuales son alcanzados a una media de tiempo de tres semanas. La velocidad de crecimiento se determinó por diferencia entre el peso al sacrificio y al nacimiento dividida entre la edad al sacrificio.

La heredabilidad se estimó a partir de la proporción de varianza explicada por el factor de variación semental o progenitor masculino del cordero, multiplicada por cuatro, correspondiendo este parámetro con un efecto genético directo, en la forma establecida por Harvey ⁸.

El modelo seguido ha sido:

$$y_{ijklpmn} = \mu + R_i + Y_{j(i)} + E_k + L_l + M_p + S_{m(i)} + D_{n(i)} + e_{ijklpmn}$$

correspondiendo los términos Y, E, L, M y R con los factores de variación año, estación, y número de parto, sexo y rebaño, respectivamente. El término "S" corresponde al factor de tipo genético semental o padre, y "D" la madre.

La variable dependiente "y" representa, en los tres análisis contemplados, cada uno de los tres caracteres analizados en nuestro estudio: peso al nacimiento, peso al sacrificio, y velocidad de crecimiento.

En el análisis del peso al sacrificio se incluyó en el modelo matemático, como variable independiente continua, la edad al sacrificio, para realizar las estimaciones relativas al peso al sacrificio ajustadas o condicionadas para la edad. No obstante, los análisis relativos al peso al sacrificio no presentan una rigurosidad estadística adecuada debido a que la variable edad de sacrificio no es realmente "independiente". Entre ambas variables existe una interdependencia, no siendo la relación exclusivamente en un sentido, es decir de "causa-efecto", ya que, aunque por supuesto al aumentar la edad lo hace el peso, también los corderos con mayor peso al sacrificio se sacrifican generalmente antes. Esta problemática presenta una incidencia más importante sobre la estimación de los efectos medios que sobre la estimación de los componentes de varianza.

Considerando los subíndices del modelo matemático "ijklpmn", anteriormente indicados, la representación en el modelo de la variable independiente edad corresponde como:

$$X_{ijklpmn}$$

El factor progenitor femenino o madre "D", fue considerado como aleatorio en el modelo, siguiéndose como método de estimación paramétrica el de máxima verosimilitud (ML), asumiéndose inicialmente en el algoritmo como proporción de varianza atribuible a este factor el 10%. Este factor, madre, fue absorbido en el procedimiento de cálculo. Los análisis estadísticos se han efectuado siguiendo el programa LSMLMW de Harvey ⁸.

El número total de sementales ha sido 27, siendo en todos los casos el número de hijos de cada semental superior a "20".

El método seguido es un método de máxima verosimilitud "simplificado", en el sentido de no haberse incluido la matriz de parentesco, y con características "especiales", ya que únicamente es estrictamente ML para la "madre", siendo las estimaciones del componente de varianza del semental "mínimo-cuadráticas".

El factor "madre" es incluido correctamente, en el sentido de considerarse aleatorio, siendo la varianza atribuible a este factor, "a priori", el 10%. En principio la forma de ser, considerado el factor semental, podría ser algo problemática, no considerándose en el algoritmo "a priori" la proporción de varianza atribuible a este factor de variación. Esto es debido a que la utilización del programa LSMLMW de Harvey ⁸ únicamente permite este aspecto para un único factor (la madre en nuestro caso). Debido, fundamentalmente, a que el número mínimo de hijos por semental es prefijado y **relativamente alto, superior a "20", el método seguido es adecuado.**

Para el factor "madre" al ser el número de hijos muy bajo, es necesario considerar "a priori" la varianza atribuible a este factor, lo cual permitirá en el método ML ponderar adecuadamente en relación a este factor.

El número total de registros o corderos ha sido 2.188, siendo el número total de años, dentro de cada uno de los dos rebaños estudiados, 19 y 9 respectivamente. Para el primer rebaño se han considerado dos periodos de años diferenciales, por lo que a efectos de los análisis estadísticos el número de rebaños-periodos han sido tres, con 9, 10 y 9 años, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para las variables peso al nacimiento, peso al sacrificio, y velocidad de crecimiento, en la tabla 1 figuran las medias y los coeficientes de variación.

TABLA 1
Medida y coeficiente de variación de las variables peso al nacimiento y sacrificio, velocidad de crecimiento, y edad al sacrificio

VARIABLE	MEDIA	COEFICIENTE DE VARIACION
Peso al nacimiento	4,3 Kg	15%
Peso al sacrificio	9,0 Kg	12%
Edad al sacrificio	20,4 d	26%
Velocidad de crecimiento	239 g/d	23%

La edad media al sacrificio, 20,4 días, se puede considerar como bastante temprana, con pesos medios al sacrificio de 9 kg., relativamente bajos.

El coeficiente de variación del peso al sacrificio, 12%, ha sido bajo, debido a que el criterio productivo que se sigue en los rebaños ha sido sacrificar a los animales a un peso relativamente prefijado, con un rango de valores poco amplio, en vez de hacerlo a una edad constante.

Como consecuencia, el coeficiente de variación de la edad al sacrificio ha sido alto, 26%, siendo este aspecto especialmente importante al estudiar el peso al sacrificio. Así, en el análisis estadístico de esta última variable, siempre se ha ajustado para la edad al sacrificio en el modelo matemático seguido.

Se podría haber estudiado la heredabilidad de la edad al sacrificio, pero para ello habría sido necesario ajustar en el modelo matemático en relación al peso al sacrificio, considerándose esta última como covariable. En este sentido, el ajuste en relación al peso al sacrificio, considerada como variable "independiente", es problemático.

De las tres variables que hemos analizado en nuestro estudio creemos que los análisis que presentan una mayor rigurosidad estadística son los referentes a la velo-

cidad de crecimiento, basándonos en la función de distribución probabilística de esta variable aleatoria.

En la secuencia que se ha indicado en la Introducción figura el análisis de los factores de variación ambiental que han sido controlados.

En la tabla 2 se indican los resultados obtenidos sobre la influencia de los factores de variación ambiental sobre cada una de las tres variables, peso al nacimiento y sacrificio, y ritmo de crecimiento, figurando, para cada factor, el valor de la "F" con su grado de significación estadística y la proporción de varianza explicada.

TABLA 2
Valores de la "F", nivel de significación estadística, y proporción de varianza explicada (V%), de cada factor de variación, para las variables peso al nacimiento y sacrificio, y ritmo de crecimiento

Factor de variación	Grados de libertad	Peso al nacimiento		Peso al sacrificio		Ritmo de crecimiento	
		F	sign. V%	F	sign. V%	F	sign. V%
Rebaño	2	60,8	*** 15,4	33,1	*** 9,9	13,4	*** 3,9
Número de parto	8	23,9	*** 8,4	4,5	*** 1,5	1,4	N.S. 0,2
Estación de parto	2	3,4	* 0,5	17,7	*** 3,9	15,3	*** 3,4
Año dentro rebaño	22	3,6	*** 3,6	1,9	** 3,4	4,3	*** 9,2
Sexo	1	85,5	*** 5,7	81,4	*** 6,4	58,2	*** 4,7
Semental	24	3,8	*** 4,8	2,4	*** 3,3	2,3	*** 3,2
Edad (regresión)	1	—	—	408	*** 13,7	—	—
Total	2188	—	—	—	—	—	—

Nivel de significación estadística:

* P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01; *** P ≤ 0,001; N.S. P > 0,05

V% - Proporción de varianza explicada

La influencia del sexo sobre el peso al nacimiento y sacrificio así como sobre el ritmo de crecimiento fue altamente significativa, siendo la proporción de varianza explicada del orden de 5-6% (tabla 2). En la tabla 3 figura la media y el error típico del peso al nacimiento y sacrificio, y ritmo de crecimiento, según el sexo.

TABLA 3
Media y error típico del peso al sacrificio y al nacimiento según el sexo

Sexo	Peso al sacrificio (Kg)	Peso al nacimiento (Kg)	Ritmo crecim. (g/d)
macho	9,17 ± 0,07	4,64 ± 0,04	237 ± 3,9
hembra	8,79 ± 0,07	4,40 ± 0,04	219 ± 4,0

Gjedrem ⁷ ha encontrado para el tipo de sexo una influencia altamente significativa sobre el peso al nacimiento y al mes de edad, y el ritmo de crecimiento. La diferencia

entre machos y hembras, fue, para el peso al nacimiento y a los 28 días de edad, 0,24 kg. y 0,48 kg., respectivamente.

Para el peso al nacimiento y destete, y ritmo de crecimiento, la diferencia de los machos en relación con las hembras encontrada por nosotros fue, respectivamente: 0,24 kg., 0,38 kg. y 18 g/d (tabla 3). Nuestras estimaciones están por lo tanto en concordancia con las apuntadas por Gjedrem ⁷.

El número de parto ha tenido una importancia altamente significativa sobre el peso al nacimiento y sacrificio (tabla 2). La proporción de varianza explicada para el peso al nacimiento fue alta (8,4%), mientras que para el peso al sacrificio fue baja (1,5%). Este factor de variación no fue estadísticamente significativo para la velocidad de crecimiento (tabla 2). En la tabla 4 figura la media y el error típico según el número de parto de la madre, para el peso al nacimiento.

TABLA 4
Media y error típico del peso al nacimiento, para el n.º de parto

Número parto	Peso al nacimiento (Kg)
1	4,09 ± 0,03
2	4,39 ± 0,03
3	4,47 ± 0,04
4	4,58 ± 0,05
5	4,56 ± 0,05
6	4,58 ± 0,06
7	4,55 ± 0,08
8	4,66 ± 0,11
9	4,80 ± 0,24

Para el peso de los corderos al nacimiento la diferencia entre el primer y segundo parto, 0,30 kg. (tabla 4), ha sido alta. A nivel de tendencia, también se puede observar un ligero aumento entre partos sucesivos, hasta el tercer o cuarto parto (tabla 4).

En relación a los trabajos revisados por nosotros, se ha encontrado para el número de parto una influencia sobre el peso al nacimiento y al mes de edad de los corderos, así como sobre el ritmo de crecimiento, altamente significativa ^{7, 11, 16, 20}.

Gjedrem ⁷ indica que para edades de la madre tempranas, 1, 2 y 3 años, las diferencias de peso al nacimiento fueron importantes, aumentando estas diferencias a los 28 días de edad. Stobart y col. ²⁰ encontraron una influencia del factor número de parto sobre el peso de los corderos al nacimiento y al destete estadísticamente significativa, teniendo los corderos de madres de dos años un peso 0,50 kg. inferior que los descendientes de ovejas de cuatro o más años. Mavrogenis ¹¹ también ha encontrado una influencia altamente significativa del número de parto sobre el peso al nacimiento y a los 42 días de edad. Las diferencias señaladas por estos autores para el peso al nacimiento están en el mismo sentido que las apuntadas por nosotros.

Para el peso al sacrificio, las diferencias estimadas por nosotros creemos que son discutibles y de interpretación problemática debido al factor edad de sacrificio, como se ha indicado en el apartado de Material y Métodos. Por lo tanto "únicamente" se constata que existe una diferencia altamente significativa entre el primer y segundo parto, sin hacer ningún tipo de inferencia adicional sobre la diferencia de peso al sacrificio.

Para las variables analizadas, peso al nacimiento y sacrificio y ritmo de crecimiento, el factor de variación rebaño fue altamente significativo (tabla 2). La importancia del factor rebaño sobre el peso al nacimiento y sacrificio fue alta, explicando el 15,4 y 9,9% de la varianza total, respectivamente. La influencia del rebaño sobre el ritmo de crecimiento fue relativamente poco importante, explicando el 3,9% de la varianza total. A nivel descriptivo, los corderos con un mayor peso al nacimiento presentaron también un mayor peso al sacrificio.

La influencia de la estación de parto sobre el peso al nacimiento, fue baja, siendo únicamente significativa al nivel del 5% (tabla 2). Para el ritmo de crecimiento y el peso al sacrificio, aunque la influencia fue altamente significativa (tabla 2), la proporción de varianza explicada fue relativamente baja, 3,4 y 3,9%, respectivamente. Los corderos nacidos en otoño presentaron el mayor ritmo de crecimiento y peso al sacrificio.

El año de parto se ha mostrado como un factor de variación con una influencia altamente significativa sobre el peso al nacimiento y el ritmo de crecimiento, y muy significativa sobre el peso al sacrificio (tabla 2). Esta influencia ha sido también constatada por otros autores ^{7, 11}.

Para la estructura de datos analizados se tiene un tipo de distribución de los sementales a lo largo de los años fuertemente desequilibrado e incluso con cierto grado de desconexión. En nuestro estudio, debido a la problemática de este tipo de diseños desequilibrados ¹⁷, se ha llevado a cabo una agrupación de determinadas parejas de años, siendo el número real de años considerados en nuestro estudio 28 (Material y Métodos), y el número de años que figuran en los análisis estadísticos 25 (tabla 2).

Para el peso al sacrificio la edad se mostró como el factor de variación más importante (tabla 2), explicando el 13,7% de la varianza total.

En el modelo hemos asumido una relación lineal del peso con la edad, es decir un incremento de peso en términos absolutos constante, para el rango de valores considerados. En el análisis de este aspecto podría haber sido de interés asumir otro tipo de ecuaciones diferenciales, infinitesimales, para el incremento de peso fácilmente integrable, como la constancia del incremento de peso en términos relativos, en relación al peso vivo así como el peso metabólico ²⁰.

Para el peso al nacimiento y sacrificio, y ritmo de crecimiento, se ha estimado la heredabilidad como efecto genético directo. En la tabla 5 figura, para cada una de estas tres variables, la estimación de la heredabilidad obtenida.

TABLA 5
Estimaciones de la heredabilidad del peso al nacimiento y sacrificio, y ritmo de crecimiento

Variable	Heredabilidad
Peso al nacimiento	0,290 ± 0,071
Peso al sacrificio	0,176 ± 0,052
Ritmo de crecimiento	0,166 ± 0,050

Como se ha indicado en la secuencia establecida en el Apartado de Introducción, en la discusión relativa a las heredabilidades se ha basado, en primer lugar, en la comparación de la "metodología estadística" seguida por nosotros en relación a la que frecuentemente se utiliza en el ganado ovino, así como en el ganado vacuno.

Aunque algunos aspectos de esta discusión pueden ser considerados como de revisión bibliográfica, se han incluido en este apartado ya que otros, como los resul-

tados obtenidos según el porcentaje de varianza asumida inicialmente en el método ML, así lo requerían.

La metodología estadística que hemos seguido para la estimación de la heredabilidad (Material y Métodos) es adecuada teniéndose en cuenta, por un lado, en el modelo matemático de estimación paramétrica seguido, y por otro lado al no tenerse que considerar el efecto "camada". En relación al modelo matemático son destacables dos aspectos: los factores de variación incluidos en el modelo, por un lado, y por otro, el propio método de estimación paramétrica, mínimos cuadrados, LS, máxima verosimilitud, ML, máxima verosimilitud restringida, REML, etc.

El factor de variación "padre de los corderos" ha sido considerado en los modelos destinados a la estimación de los efectos genéticos directos implicados en la heredabilidad, en estudios realizados en el ganado ovino ^{7, 4, 10, 22, 2, 5, 18, 19}. En este tipo de modelos matemáticos, en el que la heredabilidad se estima a partir de la proporción de varianza explicada por el factor "padre del cordero", puede incluirse además el factor "madre del cordero" con dos finalidades. Por un lado para llevar a cabo la estimación de determinados efectos maternos, y por otro lado para que la estimación de la heredabilidad sea más correcta estadísticamente. En este último sentido, se ha estimado la heredabilidad como efecto genético directo, mediante modelos en los que se han incluido los factores progenitor masculino y femenino de los corderos ^{4, 10, 22, 5}.

En los modelos seguidos para el ganado vacuno, generalmente se incluye el factor progenitor masculino (semental) y el progenitor femenino (madre), en un diseño de clasificación cruzada en relación a ambos factores, considerándose los dos factores genéticos como "aleatorios" y los restantes factores ambientales como fijos ^{23, 14, 3, 24, 1}.

La inclusión del factor progenitor femenino en los modelos destinados a la estimación de la heredabilidad a partir de la varianza explicada por el semental, es un aspecto discutible, que está relacionado en cierta medida con el método de estimación paramétrica que se siga. Al ser el número de descendientes por oveja relativamente bajo, la estructura del diseño estadístico, en el que se incluyen los factores padre y madre en un modelo de clasificación cruzada o factorial, es en principio estadísticamente problemática. En este sentido, si se siguen los métodos de estimación paramétrica más adecuados, como el de máxima verosimilitud (ML), la inclusión del factor "madre" origina que las estimaciones de la heredabilidad sean más correctas. En contraposición, cuando se siguen métodos más sencillos computacionalmente, obteniéndose estimaciones mínimo cuadráticas para el factor "madre", la inclusión de este factor de variación es negativa desde el punto de vista estadístico.

En el modelo que hemos seguido en nuestro estudio, para el factor "madre" se ha asumido inicialmente en el método ML como proporción de varianza atribuible a este factor aleatorio el 10%. Considerando en distintos análisis estadísticos una serie de valores iniciales de la proporción de varianza de la "madre" con un rango relativamente amplio, los resultados obtenidos sobre las estimaciones de la heredabilidad fueron muy semejantes, por lo que no seguimos un proceso iterativo, efectuándose una única etapa.

En nuestro estudio, únicamente se han considerado los moruecos con más de veinte descendientes, no siendo por lo tanto bajo el número de elementos por nivel (semental) para este factor de variación. En este contexto, cuando el número de elementos por semental es suficientemente alto, las estimaciones mínimo-cuadráticas no difieren sustancialmente de las de máxima verosimilitud, incidiendo también el "desequilibrio del diseño" en este aspecto. En contraposición, cuanto más bajo sea el número de elementos por celda, las estimaciones mini-cuadráticas se diferencian más de las de máxima verosimilitud.

No obstante, un método de estimación paramétrica que se puede considerar como óptimo con carácter general, es el que contemple en el modelo los dos progenitores, paterno y materno, efectuándose estimaciones de máxima verosimilitud (ML) o de máxima verosimilitud restringido (REML) para ambos factores aleatorios. En este modelo se contemplaría además la matriz de parentesco de los sementales, e incluso la de parentesco entre todos los animales (modelo animal, AM, y modelo animal restringido, REAM) ^{21, 6, 23, 24, 12, 13}.

Wilson y col. ²⁴, indican que, para el ganado vacuno, las estimaciones de la heredabilidad que se obtienen con métodos computacionalmente complejos, como ML, REML, REAM, no difieren sustancialmente, en determinados casos, de las que se efectúan mediante el Método III de Henderson, cuando el número de hijas por semental es suficientemente alto y el grado de desequilibrio y desconexión del diseño no es muy alto. Wilson y col. ^{23, 24}, en el ganado vacuno, también señalan que no se obtienen diferencias apreciables en la estimación de la heredabilidad cuando no se contempla en el modelo matemático la matriz de parentesco entre los sementales.

Los métodos de estimación paramétrica que se utilizan en el ganado ovino son generalmente menos complejos que los seguidos en el ganado vacuno, siendo el más frecuente en el ganado ovino el de mínimos cuadrados (LS), y en el ganado vacuno el ML, REML, REAM, etc. En los trabajos que hemos revisado sobre el ganado ovino, no se han utilizado estos métodos indicados para el ganado vacuno, ML, REML, REAM, no considerándose tampoco en el modelo la matriz de parentesco de los sementales.

Para las variables peso al sacrificio y velocidad de crecimiento, el efecto de la selección en la estimación de la heredabilidad ⁹ no se ha tenido en cuenta. Este aspecto no es una causa de sesgo importante en nuestro estudio, ya que, para cada una de las tres variables contempladas, no se ha obtenido una respuesta a lo largo de los años considerados.

En algunos trabajos efectuados en el ganado vacuno se incluye en el modelo matemático como factor fijo el "grupo de sementales" al que se subordina el factor aleatorio semental. Este factor corresponde a agrupaciones de sementales contemporáneos, así como de distintas procedencias, y puede ser especialmente importante su inclusión cuando el progreso genético es apreciable. En nuestro trabajo no tiene interés contemplar este factor, teniendo en cuenta que las variables analizadas no han sufrido una evolución constante a lo largo de los años atribuible a la selección. En los trabajos revisados sobre el ganado ovino no se ha incluido en los modelos matemáticos este factor "grupo".

En el ganado ovino el modelo puede tener en cuenta que existen partos múltiples (dobles, triples, etc.), lo cual introduce un componente de variabilidad familiar para grupos de hermanos carnales o variabilidad de la "camada". En el ganado vacuno, al ser muy baja la frecuencia de partos múltiples éstos no se contemplan, simplificándose el tipo de modelo matemático, correspondiendo a un modelo de clasificación cruzada en relación a los factores de variación progenitor masculino y femenino.

En el ganado ovino, cuando se tiene en cuenta el factor de variación "camada", al estar ésta frecuentemente constituida por un único cordero, y en otros casos por dos, siendo generalmente los partos triples escasos, la valoración del efecto de la camada puede ser problemático estadísticamente. En contraposición, si no se tiene en cuenta el efecto de la camada en el modelo también se puede cometer, en determinados casos, una incorrección estadística.

Martin y col. ¹⁰, han abordado esta problemática efectuando análisis separados para cada tipo de parto, simple, doble y triple, así como con todos los registros conjuntamente. A partir del coeficiente de correlación intraclase del factor de variación semental o padre del cordero, estiman la heredabilidad multiplicando este coeficiente

por 4; 3,57 y 2,38, para los análisis con corderos de parto sencillo, doble o triple, respectivamente. La estimación la realizaron a partir de un modelo de clasificación cruzada o factorial en relación a los factores padre y madre del cordero.

En nuestro estudio hemos considerado únicamente corderos de parto simple para no tener que contemplar en el modelo estadístico el efecto del factor de variación "camada", por la problemática indicada.

En el último punto de la secuencia seguida en nuestro estudio, indicada en el Apartado de Introducción, ha figurado, por un lado, la discusión biológica de las heredabilidades estimadas, en relación con los resultados obtenidos por otros autores en el ganado ovino y vacuno, y por otro lado las posibles implicaciones en la mejora del ganado ovino churro.

En las tablas 6 y 7 figuran algunas de las estimaciones de la heredabilidad efectuadas en el ganado ovino y vacuno, respectivamente, relativas a trabajos revisados por nosotros.

TABLA 6
Estimaciones de la heredabilidad del peso al nacimiento, y crecimiento predestete y postdestete obtenidas por algunos autores en el ganado ovino

Autores	Heredabilidad \pm error típico		
	Peso al nacimiento	Crecimiento predestete (c) o peso (p)	Crecimiento postdestete
Martín y col.	0,22 \pm 0,25 0,17 \pm 0,08	0,48 \pm 0,26 (p) 0,24 \pm 0,09 (p)	
Gjedrem	0,12 \pm 0,05	0,18 \pm 0,06 (p)	
Bonaiti y col.	0,24 \pm 0,05	0,24 \pm 0,05 (c)	0,31 \pm 0,06
Wolf y col.	0,06 \pm 0,05	0,00 \pm 0,04 (c)	0,10 \pm 0,05
Barillet y col.	0,35 \pm 0,09 0,29 \pm 0,09	0,26 \pm 0,07 (c)	0,36 \pm 0,09 0,34 \pm 0,10

TABLA 7
Estimaciones de la heredabilidad del peso al nacimiento, crecimiento predestete y postdestete obtenidas por algunos autores en el ganado vacuno

Autores	Heredabilidad \pm error típico		
	Peso al nacimiento	Crecimiento predestete	Crecimiento postdestete
Rico y Planas	0,14 \pm 0,09	0,17 \pm 0,12	0,36 \pm 0,18
Arnasson y Kassa-Mersha	0,11 \pm 0,06	0,22 \pm 0,09	
Wilson y col.	0,41 0,19	0,13 0,16	0,16 0,15
Bertrand y Benyshek	0,22 0,25	0,16 0,28	

Estas estimaciones de la heredabilidad se refieren a los caracteres peso al nacimiento, crecimiento predestete y crecimiento postdestete. En la columna en la que figura el crecimiento predestete en determinados casos se incluye en lugar de esta variable el peso al destete, llevado a cabo a una edad constante.

En el ganado ovino y vacuno, las estimaciones de la heredabilidad del peso al nacimiento encontradas por los autores indicadas en las tablas 6 y 7 generalmente se encuentran comprendidas dentro del rango de valores 0,15-0,30.

Las estimaciones de la heredabilidad del ritmo de crecimiento en la fase predestete (tablas 6 y 7) están generalmente comprendidas dentro del rango de valores 0,15-0,30. Para el crecimiento en la fase postdestete los valores son algo superiores, pudiéndose indicar como intervalo del rango 0,20-0,40. El valor medio de la heredabilidad del ritmo de crecimiento en la fase predestete y postdestete creemos que puede ser del orden de 0,22 y 0,30, respectivamente. Estos valores corresponden con heredabilidades consideradas "baja-media" y "media".

En la fase predestete, la variabilidad de las estimaciones de la heredabilidad del crecimiento encontradas por diversos autores es alta, debido a la metodología estadística y a los efectos maternos.

En la fase postdestete, la importancia de los efectos maternos, genético y ambiental, así como del efecto genético "abuela", es baja, en contraposición a la gran influencia que presentan estos efectos maternos sobre el crecimiento predestete. Para los efectos genéticos directos se tiene en ambos caracteres un efecto antagónico a los efectos maternos, siendo de menor importancia estos efectos directos en el crecimiento predestete ^{2, 11, 22}.

De las tres variables consideradas en nuestro estudio los análisis estadísticos más adecuados y rigurosos son, "a priori", los concernientes a la velocidad de crecimiento.

Nuestra estimación relativa al peso al nacimiento está comprendida dentro del rango de valores que figuran en las tablas 6 y 7, y es muy semejante a los valores encontrados por Barillet ² en el ganado ovino, situándose no obstante hacia los valores más altos que se indican en estas dos tablas. Para el peso al nacimiento, en los datos relativos a nuestro trabajo, se tiene una relativamente baja precisión de medición, por lo que se debería aumentar el tamaño muestral para llevar a cabo estimaciones con una precisión estadística adecuada.

Para el peso al sacrificio, la estimación que hemos obtenido ajustando para la edad, 0,17 \pm 0,05, ha sido muy semejante a la del ritmo de crecimiento, 0,16 \pm 0,05. "A priori", el peso al sacrificio, en nuestro estudio, es una variable estadísticamente problemática en cierta medida. No obstante, la estimación efectuada es congruente con la obtenida para el ritmo de crecimiento.

La función de distribución de la variable ritmo de crecimiento en la fase predestete, así como la propia medición de la variable, son estadísticamente adecuadas. La estimación de la heredabilidad del ritmo de crecimiento obtenida es rigurosa estadísticamente y de interés aplicativo en la selección y mejora.

Aunque la estimación puntual de la heredabilidad, 0,16, está dentro del rango de valores de las tablas 6 y 7, no obstante se sitúa hacia los valores inferiores. La importancia de los efectos maternos puede ser una causa biológica de la relativamente baja importancia de los efectos genéticos directos.

Un valor de la heredabilidad de 0,16, correspondiente a la estimación obtenida para el ritmo de crecimiento predestete, se puede considerar, en general, como bajo.

No obstante, para un carácter con una heredabilidad de 0,16 y un coeficiente de variación de 0,23 es posible obtener mediante selección respuestas no despreciables.

En el contexto de la mejora del ganado ovino de raza Churra, a la hora de considerar

los caracteres en los que deba basarse la selección, es necesario tener en cuenta, por un lado, la heredabilidad que presentan, y por otro lado su importancia económica.

En otros estudios efectuados por nosotros hemos estimado la heredabilidad y variabilidad de la producción láctea y de la prolificidad. Para la producción láctea obtuvimos como heredabilidad 0,24, siendo el coeficiente de variación de 0,32. Para la prolificidad en cada parto, cuantificada como tipo de parto, simple o doble, la heredabilidad fue 0,12.

La variabilidad genético-aditiva del peso y crecimiento predestete no es alta, en comparación con la de los caracteres de rendimiento y composición lecheros, teniendo además estos últimos una mayor importancia económica. En un esquema de selección del ganado churro los caracteres de producción lechera deben ser considerados como prioritarios.

En comparación con la prolificidad, las heredabilidades y variabilidad genética de los caracteres de peso y crecimiento predestete no son inferiores, pero considerando además la importancia "económica" estimamos que la prolificidad es un carácter de selección preferente en comparación con el peso y crecimiento predestete.

Como corolario, admitimos que en la selección del ganado ovino de raza Churra no se debe contemplar el peso y crecimiento de los corderos, debido a su comparativamente baja importancia genético-aditiva y económica.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARNASON, TH. y KASSA-MERSHA, H. (1987). Genetic parameters of growth of Ethiopian Boran cattle. *Anim. Prod.*, 44: 201-209.
- 2) BARILLET, F., BIBET, B. y BOUIX, J. (1982). Genetic parameters of the growth 0-150 days within two standardized breeding environments for Lacaune sheep breed. *II Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*. Madrid, 4-8 de octubre de 1982.
- 3) BERTRAND, J.K. y BENYSHEK, L.L. (1987). Variance and covariance estimates for maternally influenced beef growth traits. *J. Anim. Sci.*, 64: 728-734.
- 4) BONAITI, B., FLAMANT, J.C., PROD'HON, M., BERNY, F. y DESVIGNES, A. (1976). Estimation des paramètres génétiques de la vitesse de croissance et du poids des agneaux avant le sevrage en race MERINOS D'ARLES. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 8: 357-365.
- 5) BOUIX, J., BIBE, B. y LEFEVRE, C. (1982). Genetic parameters of growth and carcass quality for meat-sheep in progeny testing station. *II Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*. Madrid, Octubre de 1982.
- 6) DEMPFLÉ, L. (1982). Problems in estimation of breeding values. *II Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*. Madrid, Octubre de 1982.
- 7) GJEDREM, T. (1967). Phenotypic and genetic parameters for weight of lambs at five ages. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 17: 199-216.
- 8) HARVEY, W.R. (1985). User's guide for LSMLMW. The Ohio State University. Columbus, U.S.A. Mimeografía.
- 9) HENDERSON, C.R. (1975). Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, 31: 423-447.
- 10) MARTIN, T.G., SALES, D.I., SMITH, C. y NICHOLSON, D. (1980). Phenotypic and genetic parameters for lamb weights in synthetic line of sheep. *Anim. Prod.*, 30: 261-271.
- 11) MAVROGENIS, A.P. (1982). Environmental and genetic factors influencing milk production and lamb output of Chios sheep. *Livest. Prod. Sci.*, 8: 519-527.
- 12) MEYER, K. (1985). Genetic parameters for dairy production of Australian Black and White cows. *Livest. Prod. Sci.*, 12: 205-219.
- 13) MEYER, K. (1987). Estimates of variances due to sire x herd interactions and environmental covariances between aternal half-sibs for first lactation dairy production. *Livest. Prod. Sci.*, 17: 95-115.
- 14) NADARAJAH, K., NOTTER, D.R., MARLOWE, T.J. y ELLER, A.L. (1987). Evaluation of phenotypic and genetic trends in weaning weight in Angus an Hereford population in Virginia. *J. Anim. Sci.*, 64: 1.349-1.361.
- 15) RICO, C. y PLANAS, T. (1982). Factores que afectan el crecimiento predestete en la raza Cebú. *II Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*. Madrid, octubre de 1982.
- 16) RICORDEAU, G., RAZUNGLES, J., TCHAMITCHIAN, L., LEFEVRE, C., y BRUNEL, J.C. (1982). Paramètres phénotypiques et génétiques des caractères de croissance et de reproduction des brebis croisées Berrichon du Cher x Romanov F1 à F4. *Ann. Génét. Sél. anim.*, 14: 327-352.
- 17) SCHAEFFER, L.R. (1975). Disconnectedness and variance component estimation. *Biometrics*, 31: 969-977.
- 18) SHRESTHA, J.N.B., REMPEL, W.E., BOYLAN, W.J. y MILLER, K.P. (1983). General, specific, maternal and reciprocal effects for ewe productivity in crossing five breeds of sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 63: 497-509.
- 19) SHRESTHA, J.N.B., VESELY, J.A., CHESNAIS, J.P. y CUTHVERTSON, D. (1986). Genetic and phenotypic parameters for daily gain and body weights in Dorset lambs. *Can. J. Anim. Sci.*, 66: 289-292.
- 20) STOBART, R.H., BASSETT, J.W., CARTWRIGHT, T.C. y BLACKWELL, R.L. (1986). An analysis of body weights and maturing patterns in Western Range ewes. *J. Anim. Sci.*, 63: 729-740.
- 21) THOMPSON, R. (1982). Methods of estimation of genetic parameters. *II Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*. Madrid, octubre de 1982.
- 22) WOLF, B.T., SMITH, C., KING, W.B. y NICHOLSON, D. (1981). Genetic parameters of growth and carcass composition in crossbred lambs. *Anim. Prod.*, 32: 1-9.
- 23) WILSON, D.E., WILLHAM, R.L. y BERGER, P.J. (1985). Mixed model methodology for unifying within-herd and national beef sire evaluation. *J. Anim. Sci.*, 61: 814-823.
- 24) WILSON, D.E., BERGER, P.J. y WILLHAM, R.L. (1986). Estimates of beef growth trait variances and heritabilities determined from field records. *J. Anim. Sci.*, 63: 386-394.