ITEA (2003), Vol. **99A N.° 3,** 192-202

ANÁLISIS DEL PROGRESO GENÉTICO EN EL ESQUEMA DE MEJORA DE LA RAZA LATXA

A. Legarra*, E. Ugarte*, F. Arrese**

* NEIKER, A.B. Instituto vasco de investigación y desarrollo agrario. Apdo. 46, 01080, Vitoria-Gasteiz, España

** ARDIEKIN. Apdo. 46, 01080, Vitoria-Gasteiz, España
Correo electrónico: alegarra@neiker.net.

RESUMEN

El progreso genético en el esquema de mejora de la raza Latxa (ecotipos Cara Negra y Cara Rubia) se estimó utilizando (1) valoraciones genéticas con metodología BLUP y (2) un análisis de las vías de selección utilizadas en la práctica en dicho esquema, seguido de un cálculo teórico de la respuesta a selección asumiendo un esquema simplificado. Posteriormente se compararon ambas estimaciones. El progreso genético estimado mediante BLUP fue de 2,97 y 2,95 l/año en los ecotipos de Cara Negra y Cara Rubia respectivamente, y el teórico calculado fue de 2,69 y 2,85 l/año para los mismos ecotipos. La importancia de las diferentes vías de progreso genético fue mayor para las vías hembra-macho y macho-macho, donde se pueden obtener mayores intensidades de selección y precisiones más altas en la estima de los valores genéticos. Se concluye que el rendimiento del esquema en su estado actual es bueno y que sólo un cambio importante en la estructura del mismo podría aumentar fuertemente el progreso genético. Asimismo, se concluye que el esquema simplificado es un buen predictor de las ganancias genéticas.

Palabras clave: Progreso genético, Selección, Ovino lechero.

SUMMARY
ANALYSIS OF THE GENETIC PROGRESS IN THE LATXA BREED BREEDING PROGRAM

The genetic progress in the Latxa breed (Black-Faced and Blond-Faced strains) was estimated using (1) BLUP evaluations and (2) an analysis of the selection pathways in the scheme followed by a theoretical estimation of genetic gains assuming a simplified scheme. Later, both estimations were compared. BLUP estimated genetic progresses were 2.97 and 2.95 l/year in Black-Faced and Blond-Faced respectively, and the theoretical ones were 2.69 and 2.85 l/year for the same strains. The most important genetic gains were obtained in the female-male and male-male selection pathways, where greater selection intensity and evaluation accuracy can be achieved. It is concluded that the efficiency of the program is good and that only a strong change in its structure could achieve a much higher genetic progress. Furthermore, the simplified scheme has shown to be a good predictor of the genetic gains.

Key words: Genetic progress, Selection, Dairy sheep.

Introducción

El esquema de mejora genética para producción de leche de la raza Latxa se inició en 1982 y hoy en día puede considerarse como totalmente consolidado. El criterio de selección es la lactación tipificada a 120 días o lactación tipo. Rutinariamente se realizan estimaciones de las ganancias genéticas obtenidas a través de dicho programa, obteniéndose un progreso estimado entre 2,5 y 3 litros anuales (UGARTE, 2002). Sin embargo, se desconoce hasta qué punto este progreso genético estimado concuerda con el teórico y cuál es la contribución que representa dentro del mismo cada una de las diferentes vías de selección (macho-macho; macho-hembra; hembra-macho; hembra-hembra).

El objetivo de este trabajo es el cálculo teórico de los progresos genéticos realizados en cada una de estas vías de selección y en el conjunto del esquema, y su comparación con las estimas de tendencias genéticas obtenidas a partir de las valoraciones genéticas. A través de dicha comparación se podrá conocer la eficiencia del esquema de mejora. Además, y puesto que para ello se definirá un esquema de selección simplificado basado en el esquema real, permitirá disponer de una herramienta muy útil para predecir respuestas genéticas en el programa de selección cuando se incorporen al mismo objetivos diferentes al aumento de la cantidad de leche y que actualmente están tomando gran importancia, como la calidad de la leche, la morfología mamaria o la resistencia frente al prúrigo lumbar (scrapie) (UGARTE *et al.*, 2002).

El trabajo se ha realizado tanto para el esquema de selección de Latxa Cara Negra de la Comunidad Autónoma del País Vasco (que será llamada simplemente Latxa Cara Negra a lo largo del artículo) como para el esquema de Latxa Cara Rubia.

Descripción del esquema de selección

El proceso de selección se inicia con la selección de los corderos ("Candidatos a testaje"), en base a la semisuma del valor genético aditivo estimado para sus padres (índice de pedigrí). Al estimarse dichos valores genéticos por metodología BLUP, se utiliza la información de todos los animales emparentados con el propio cordero. De estos corderos, los mejores son elegidos para ser puestos en testaje a través de Inseminación Artificial (IA), y son llevados al centro de selección de la raza, Ardiekin. El resto se utilizan como machos de monta natural (MN) dentro de los diferentes rebaños. De esta forma también se asegura la difusión del progreso genético a través de dichos machos, si bien este progreso es menor que a través de la IA. En el centro de selección los corderos sufren una nueva selección y se desechan aquellos que presentan defectos morfológicos, falta de aptitud a la recogida de semen o inadecuado desarrollo fisiológico, de tal forma que al final del proceso se testan aproximadamente un 50% de los machos que entran.

Para el testaje de cada macho se inseminan un mínimo de 100 ovejas en un mínimo de 10 rebaños. Los valores aditivos de dichos machos se estiman una vez que sus hijas han completado su primera lactación. En función de estos valores, algunos moruecos pasarán a ser considerados mejorantes, permaneciendo en el centro de selección para ser utilizados en IA. El resto se sacrifican. Con los machos mejorantes se realizan apareamientos dirigidos sobre las mejores hembras de la población para producir las hembras de reposición, los machos para el centro de selección y los machos para monta natural.

Por último, para la obtención de las hembras de reposición, la presión de selección

ejercida sobre la población de hembras es muy ligera debido a los condicionantes zootécnicos de la especie.

Material y métodos

Estimación de parámetros y tendencias genéticas

El progreso genético se calculó simplemente como la diferencia entre los valores aditivos estimados medios de los animales nacidos en los años 1989 y 1999 y dividiendo entre el número de años.

Las valoraciones genéticas de los animales se realizaron mediante metodología BLUP, modelo animal con el programa BLUPMA (JURADO, 1990). Las estimas de componentes de varianza y parámetros genéticos se obtuvieron por REML utilizando el programa VCE 4.2.5 (NEUMAIER y GROENEVELD, 1998). Tanto para la estima REML de parámetros genéticos como para las valoraciones BLUP se incluyó toda la información disponible desde el inicio del esquema (1984) hasta el año 2001. Las características de los datos se presentan en el cuadro 1. En ambos casos, el modelo utilizado incluyó los efectos rebaño-año, rebaño-mes de parto-número de parto-edad al parto, número de corderos nacidos vivos, intervalo parto-primer control, y los efectos aleatorios genético aditivo y permanente. Se incluyeron grupos genéticos según año de nacimiento y vía de selección.

Cálculo teórico de progresos genéticos

Dentro de este apartado, como primer paso, se definió un esquema de selección simplificado basado en las decisiones de selección tomadas (presión de selección, intervalo generacional, etc.) en el funcionamiento del esquema de mejora en la campaña 1998, que se consideró representativa. Es necesario indicar que muchos de los parámetros zootécnicos necesarios para el cálculo del progreso genético son de difícil estima y muy variables de un año a otro, especialmente las intensidades de selección. Siempre existe una imprecisión ligada al hecho de que muchas decisiones de desvieje y reposición están ligadas a otro tipo de causas diferentes a las estrictamente productivas, como problemas sanitarios, estándares raciales, calidad de semen en machos y otros.

Cuadro 1. Características de los datos utilizados para estimar parámetros y tendencias genéticas

Table 1. Features of the data used to estimate genetic trends and parameters

	Latxa Cara Rubia	Latxa Cara Negra
Número de lactaciones	117.918	363.979
Media (litros)	121,78	117,09
Desviación estándar	50,18	45,00
Total de animales en datos	46.904	150.081
Total de animales en genealogía	49.841	158.712

La respuesta teórica a la selección se calculó utilizando la fórmula de RENDEL y ROBERTSON (1950, citados por GIBSON (1992)) y para ello se asumió que el esquema de selección está basado en el uso de índices de selección y que dentro de cada grupo de animales existen unas relaciones de parentesco concretas. La fórmula de Rendel y Robertson trabaja distinguiendo los progresos genéticos en cuatro vías de selección: padre de hembra, madre de hembra, padre de macho y madre de macho. Además, en el esquema de mejora de la Latxa es necesario dividir la vía padre de hembra en tres sub-vías: hembras hijas de macho de monta natural, hembras hijas de macho en testaje y hembras hijas de macho mejorante, dado que los parámetros dentro de cada sub-vía no son iguales. Cada subvía debe ser adecuadamente ponderada según el número de animales que representa. Sin embargo no es necesario realizar esta distinción en la vía padre de macho, ya que todos los machos (tanto los machos usados en MN como los que se utilizan en IA) provienen de padres mejorantes. Por tanto, la fórmula de Rendel y Robertson se ve modificada de la siguiente manera:

$$R = \frac{\Delta G_{H-M} + \Delta G_{H-H} + p\Delta G_{MM-H} + q\Delta G_{MT-H} + (1-p-q)\Delta G_{MN-H} + \Delta G_{MM-M}}{L_{H-M} + L_{H-H} + pL_{MM-H} + qL_{MT-H} + (1-p-q)L_{MN-H} + L_{MM-M}}\sigma_a$$

donde:

• R es la respuesta genética anual.

• p es la proporción de hembras de reposición que nacen de machos mejorantes, q es la proporción de hembras de reposición que nace de machos en testaje y $(1-p-q)$ la de hembras de reposición nacidas de machos de monta natural.

• ΔG_i es el progreso genético (en unidades de la desviación estándar aditiva del carácter de interés) en la vía i-ésima y se calcula como $\Delta G_i = i_i r_{gi}$, donde se tienen en cuenta las intensidades de selección (i_i) y las precisiones en la estimación de los valores aditivos (r_{gi}). Se asumirá que dichos valores aditivos se estiman mediante índices de selección, y que dichos índices tienen la misma información para todos los animales incluidos en cada vía o sub-vía. Aunque en realidad se realizan valoraciones BLUP, si los índices de selección utilizan una cantidad de información similar a la que utiliza el BLUP el error derivado de esta asunción normalmente se considera despreciable. En cualquier caso, deliberadamente se han utilizado índices relativamente simples, ya que uno de los objetivos de este apartado es modelizar el proceso de selección de forma sencilla para poder estimar respuestas genéticas a objetivos de selección que incluyan varios caracteres. Para cada tipo de animal se calcularon las precisiones en la evaluación genética a partir de los parámetros de heredabilidad y repetibilidad (VAN VLECK *et al.*, 1987).

• L_i es el intervalo generacional en cada vía, definido como la media de la edad de los progenitores al nacimiento de su descendencia destinada a la reposición.

• y σ_a es la desviación estándar aditiva del carácter de interés.

En la expresión, los subíndices se refieren a las vías hembra madre de macho (H-M), hembra madre de hembra (H-H), macho mejorante padre de hembra (MM-H), macho en testaje padre de hembra (MT-H), macho de monta natural padre de hembra (MN-H) y macho mejorante padre de macho (MM-M).

A continuación se describen las decisiones que se tomaron en el proceso de selección para cada vía en 1998. Se han considerado las

siguientes restricciones prácticas que afectan a la recogida de corderos para selección: no se recogen hermanos (es decir, si dos gemelos poseen un alto índice de pedigrí se elige solamente uno de ellos) y el período que se considera adecuado para la recogida de los mismos es el período central de paridera de cada rebaño, que se estimó como la fecha media de parto del rebaño ± 30 días, lo que reduce ligeramente el número de corderos elegibles.

Asimismo, y para poder calcular la precisión de las estimas de los valores genéticos, se ha asumido que la selección de las hembras como madres de machos se realiza en función de una evaluación genética basada en tres lactaciones. En el caso de los machos seleccionados como padres se asume que dichos padres han sido evaluados en base a un test de progenie con 20 hijas. Los corderos se seleccionan según las estimas de sus progenitores.

a) Vías hembra

Vía hembra madre de macho

La población que constituyó el grupo de "Candidatos a testaje" es la suma de los corderos recogidos para testaje (83 en Cara Negra y 51 en Cara Rubia) y de aquellos que se seleccionaron para machos de monta natural, que fueron 302 corderos en Cara Negra y 125 en Cara Rubia. Por tanto, los animales elegidos para el grupo de "Candidatos a testaje" fueron 385 en Cara Negra y 176 en Cara Rubia, provenientes de otras tantas madres. La selección de estos animales se realizó de entre todos los corderos nacidos de todas las hembras paridas en el período antes citado. De acuerdo a las restricciones mencionadas, el número de corderos elegibles fue de 11.954 en Cara Negra y 5.173 en Cara Rubia, que provinieron del mismo número de madres.

Vía hembra madre de hembra

Las corderas para reposición se eligen entre las corderas nacidas en la misma época indicada para los moruecos. En este caso no se aplica la restricción de que no se pueden elegir ambas gemelas para reposición, de tal manera que el número de corderas elegibles es superior al de corderos, siendo de 14.046 para Cara Negra y 5.990 para Cara Rubia. En el año 1998 se identificaron para reposición un total de 8.429 hembras en Latxa Cara Negra y 4.542 en Latxa Cara Rubia. Las madres de estas hembras fueron 7.174 madres elegidas de 11.954 posibles en Cara Negra, y 3.922 elegidas de 5.173 en Cara Rubia.

b) Vías macho

En estas vías hay que tener en cuenta, como se ha mencionado anteriormente, aquellos animales que efectivamente pasan a ser testados, cuyo número es menor al de machos que entraron al centro de inseminación debido a la selección que sufren en el mismo (crecimiento, conformación, falta de líbido, mala calidad seminal, etc.). En 1998 se utilizaron en inseminación un total de 38 y 64 moruecos en Cara Rubia y Cara Negra respectivamente, de los que 14 y 21 eran machos mejorantes, y el resto machos en testaje.

Vía macho padre de hembra

Los porcentajes que representan dentro de la población las hijas procedentes de cada una de las vías de selección (hijas de padre mejorante, hijas de padres en testaje e hijas de padres de MN) son respectivamente 19, 17 y 64% en Cara Negra y 21, 19 y 60% en Cara Rubia.

• En la vía padre de testaje, la presión de selección se realiza al elegir de entre los "candidatos a testaje" aquellos que serán sometidos a testaje. Fueron 83 corderos elegidos de 385 y 51 corderos de entre 176 corderos en Cara Negra y Cara Rubia, respectivamente.

• En la vía padre mejorante, existe una presión adicional de selección al seleccionar los animales, en base a su test de progenie, de entre los machos en testaje. En el caso de Cara Negra fueron 21 de 64 posibles y en Cara Rubia 14 de 38 posibles. Se debe tener en cuenta que al provenir de una población ya seleccionada, la varianza aditiva sobre la que se realiza la selección es inferior (ROBERTSON, 1977).

• En la vía padre de monta natural aparentemente se *pierde* ganancia genética ($\Delta G < 0$). La razón es que estos animales, los machos de monta natural, son los *peores* del grupo de los llamados "candidatos a testaje" (302 de 385 en Cara Negra y 125 de 176 en Cara Rubia), al ser el remanente de dicho grupo una vez elegidos los machos que se someten a testaje, y por tanto su valor aditivo medio es inferior al del grupo. Esto no es más que una aparente paradoja ya que la utilización de estos moruecos difunde la mejora genética realizada por selección de sus progenitores que se toma en cuenta en las vías hembra-macho y macho-macho. Ante el desconocimiento de las paternidades vía monta natural, el intervalo generacional de estos animales se calculó como la media de la edad de los moruecos de monta natural vivos.

Vía macho padre de macho

Los moruecos de los que se seleccionan corderos para candidatos a futuros mejorantes se eligieron exclusivamente de padres mejorantes. Por tanto, la presión de selección se calcula de la misma forma que en el apartado anterior.

Resultados

Estimación de parámetros y tendencias genéticas.

Los parámetros genéticos estimados se presentan en el cuadro 2. Las estimas de

Cuadro 2. Parámetros genéticos (± error estándar) de lactación tipificada a 120 días: varianzas aditiva, permanente y residual (en litros^2) y ratios (heredabilidad y repetibilidad)
Table 2. Genetic parameters (± standard error) of 120 days milk yield: additive, permanent and residual variances (in litres^2) and ratios (heritability and repeatability)

	Latxa Cara Negra	Latxa Cara Rubia
Varianza aditiva	265	306
Varianza permanente	276	318
Varianza residual	750	881
Heredabilidad	0,21 (±0,03)	0,20 (±0,05)
Repetibilidad	0,42 (±0,03)	0,41 (±0,05)

heredabilidades son similares a las descritas anteriormente para la raza Latxa (UGARTE *et al.*, 1996; UGARTE *et al.*, 1997).

Las estimaciones de progreso genético para Cara Negra y Cara Rubia se muestran en las figuras 1 y 2 respectivamente. La tendencia genética (2,95 y 2,97 l/año para los ecotipos de Cara Negra y Cara Rubia respectivamente, que suponen un 2,4% y 2,5% de las medias fenotípicas respectivas) es uniforme, lo cual parece indicar una buena marcha del esquema.

Cálculo teórico de progresos genéticos

Los progresos genéticos estimados para cada vía y en total se muestran en los cuadros 3 y 4 para Cara Negra y Cara Rubia respectivamente. Como era de esperar, el mayor progreso genético viene aportado por la selección de las madres de machos (donde se puede aplicar una gran intensidad de selección, si bien poco precisa) y de la selección de padres de machos, donde la intensidad de selección no es tan alta pero sí la precisión de la misma.

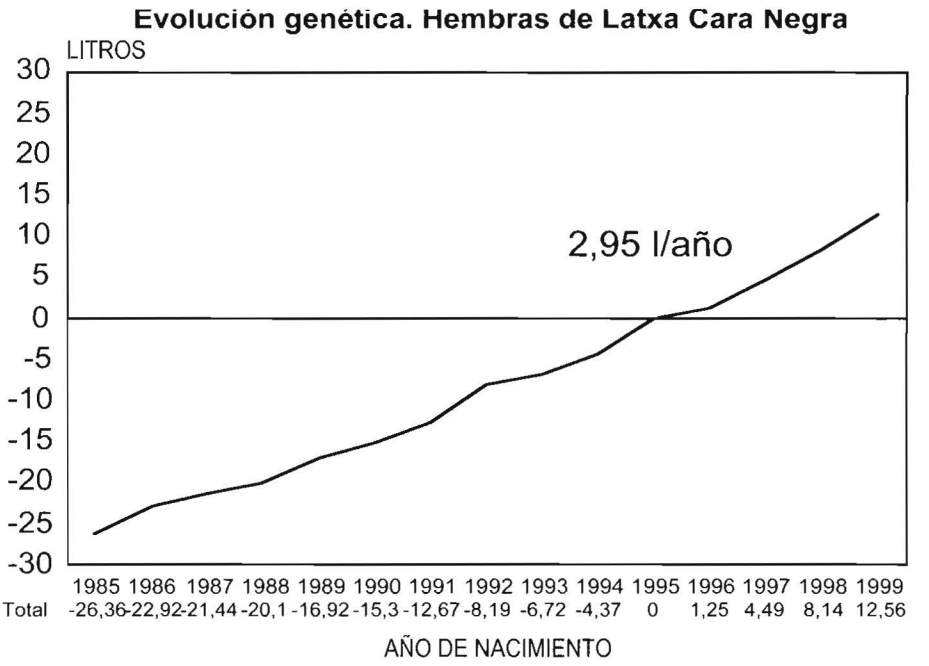


Figura 1. Tendencia genética de Latxa Cara Negra. Medias de los valores aditivos estimados de las hembras nacidas en el año de referencia.

Figure 1. Genetic trend in Black-Faced Latxa. Averages of estimated breeding values of the females born in each year.

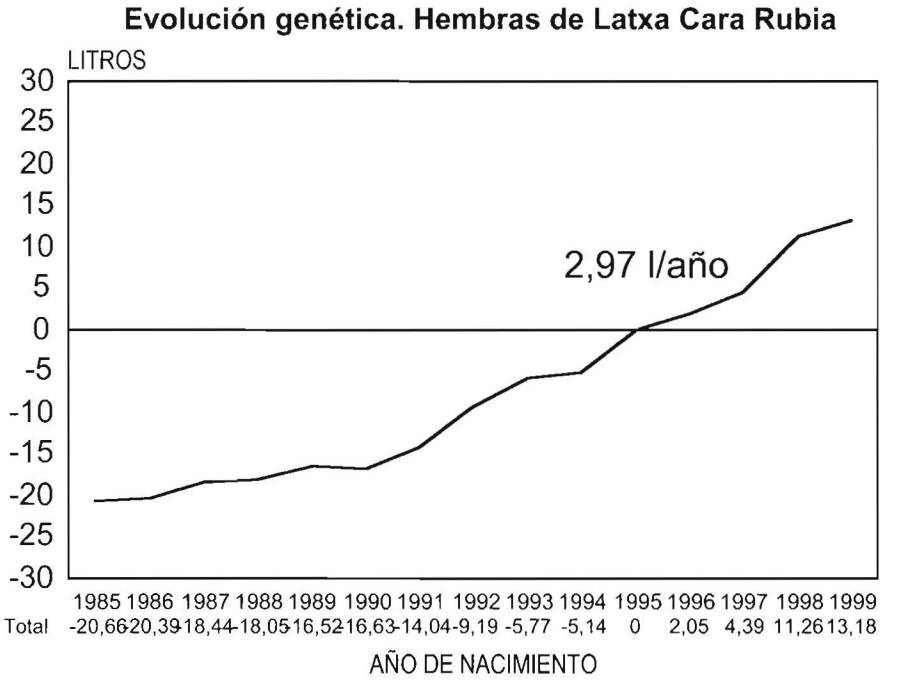


Figura 2. Tendencia genética de Latxa Cara Rubia. Medias de los valores aditivos estimados de las hembras nacidas en el año de referencia.

Figure 2. Genetic trend in Blond-Faced Latxa. Averages of estimated breeding values of the females born in each year.

Cuadro 3. Cálculo del progreso genético teórico en Latxa Cara Negra

Table 3. Theoretical genetic progress in Black-Faced Latxa

Vía	ΔG	L	ponderación
Hembra-Macho	1,31	4,64	1
Hembra-Hembra	0,38	4,96	1
Macho de Monta Natural-Hembra	-0.27	4,59	0,64
Macho en Testaje-Hembra	0,63	2,03	0,17
Macho mejorante-Hembra	1,30	5,03	0,19
Macho-Macho	1,30	4,28	1
Ganancia genética total anual (medida en desviaciones estándar genéticas)	0,175		

Cuadro 4. Cálculo del progreso genético teórico en Latxa Cara Rubia
Table 4. Theoretical genetic progress in Blond-Faced Latxa

Vía	ΔG	L	ponderación
Hembra-Macho	1,27	4,58	1
Hembra-Hembra	0,24	4,76	1
Macho de Monta Natural-Hembra	-0.30	4,15	0,60
Macho en Testaje-Hembra	0,54	1,96	0,19
Macho mejorante-Hembra	1,16	5,14	0,21
Macho-Macho	1,16	5,14	1
Ganancia genética total anual (medida en desviaciones estándar genéticas)	0,154		

Discusion

En el cuadro 5 se comparan las estimas de progreso genético obtenidas de forma teórica y de forma empírica. Se puede observar que los progresos genéticos esperados y realizados son similares lo cual parece lógico ya que para la estima de la ganancia genética según la fórmula de Rendel y Robertson se han utilizado los parámetros "reales" del esquema que están muy influidos por la aplicación práctica del mismo. Los datos indicarían que se está obteniendo un progreso genético ligeramente mayor al calculado de forma teórica. Sin embargo, hay que tomar los resultados con precaución, ya que en ambos casos se han realizado muchas asunciones. En todo caso, los resultados sí indican que el esquema está obteniendo unos buenos progresos genéticos.

En el cuadro 6 se presenta la importancia relativa de las diferentes vías de selección para la raza Latxa, la raza Lacaune (Barillet, 1990) y la raza Holstein de vacuno lechero (Groen, 1990). Todos estos autores calcularon las vías de progreso genético en esquemas simplificados como el aquí presentado, por lo que resulta difícil decir si existen verdaderas diferencias entre unos esquemas y otros. Aparentemente, sí parece existir en la raza Latxa una menor importan-

Cuadro 5. Comparación de los progresos genéticos teóricos y estimados según valoraciones BLUP
Table 5. Comparison of theoretical and estimated using BLUP genetic progresses

	Latxa Cara Negra	Latxa Cara Rubia
Progreso teórico genético anual, medido en desviaciones estándar genéticas	0,154	0,175
Progreso genético teórico anual, l/año	2,69	2,85
Progreso genético estimado en las valoraciones BLUP, l/año	2,97	2,95

Cuadro 6. Importancia relativa de cada vía de progreso genético en diferentes especies y razas lecheras

Table 6. Relative importance of each pathway of genetic gain in different dairy species and breeds

	Hembra-macho	Hembra-hembra	Macho-Macho	Macho-hembra
Latxa Cara Negra	39%	11%	39%	11%
Latxa Cara Rubia	38%	11%	42%	8%
Lacaune[1]	39%	13%	31%	17%
Vacuno lechero[2]	33%	6%	43%	18%

([1]) BARILLET, 1990.
([2]) GROEN, 1990.

cia de la vía macho-hembra. Esto es debido a la menor utilización de la inseminación artificial y por tanto a una menor presión de selección por esa vía. El menor uso de la inseminación artificial viene determinado por su relativa complejidad y alto coste.

Por otra parte, dado que el progreso genético estimado con ambas metodologías es similar, se considera que la descripción simplificada del esquema de selección es válida para calcular respuestas genéticas dentro del mismo.

Conclusion

El esquema de mejora genética de la raza Latxa presenta en la realidad un progreso genético similar al estimado teóricamente según sus condicionantes prácticos. Por lo tanto, el aumento de progreso genético se derivaría de cambios sustanciales en la estructura del mismo (aumento del número de inseminaciones; testaje a edades más tempranas, monta natural controlada que permita mayor conocimiento de la genealogía, etc.).

El esquema de mejora genética simplificado definido en este trabajo puede ser utilizado como modelo para la estima de progresos genéticos.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó gracias a una beca concedida por el INIA a Andrés Legarra. Agradecemos a Leo Alfonso su ayuda y comentarios.

Bibliografía

BARILLET F., 1990. Amélioration génétique des brebis laitières. Seminario avanzado sobre mejora de la calidad en la producción del ovino de leche. 102 páginas. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza.

GIBSON J.P., 1992. Economic breeding plans. Nordic Graduate Course. 174 páginas. Greve, Dinamarca.

GROEN Ab.F., 1990. Influences of production circumstances on the economic revenue of cattle breeding programmes. Anim. Prod., 51, 469-480.

JURADO J.J., 1990. "Programa BLUPMA", nº 113 del catálogo de Software de Interés en Agricultura, 81.

NEUMAIER A., GROENEVELD E., 1998. Restricted Maximum Likelihood estimation of covariances in sparse linear models. Gen. Sel. Evol., 30, 3-26.

ROBERTSON A., 1977. The effect of selection on the estimation of genetic parameters. Z. Tierz. Zuchtungsbio., 94, 131-135.

UGARTE E., SERRANO M., DE LA FUENTE L.F., PÉREZ-GUZMÁN M.D., ALFONSO L., GUTIÉRREZ J.P., 2002. Situación actual de los programas de mejora genética en ovino de leche. ITEA, 98A (2), 102-117.

UGARTE E., URARTE E., ARRESE F., ARRANZ J., SILIÓ L., RODRÍGUEZ C., 1996. Genetic parameters and trends for milk production of blond-faced Latxa sheep using bayesian analysis. J. Dairy Sci., 79, 2268-2277.

UGARTE E., URARTE E., ARRANZ J., ARRESE F., SILIÓ L., RODRÍGUEZ C., 1997. Introducción de grupos genéticos en la evaluación de ovejas Latxa cara negra. ITEA, Vol. Extra 18, 397-399.

UGARTE E., 2002. Resultados del programa de mejora genética de la raza Latxa. Jornadas técnicas para técnicos y controladores de ovino. 7 de Noviembre de 2002. Arkaute, Álava.

VAN VLECK L.D., POLLAK E.J., OLTENACU E.A.B., 1987. Genetics for the animal sciences. 391 pp. Ed. W.H. Freeman and Company. New York, EE.UU.

(Aceptado para publicación el 1 de diciembre de 2003).