ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE UN ÍNDICE DE SELECCIÓN REDUCIDO A CARACTERES DE PRODUCCIÓN CUANDO EL OBJETIVO DE SELECCIÓN CONSIDERA TAMBIÉN CARACTERES REPRODUCTIVOS

J.L. Campo y H. Turrado
Departamento de Genética y Biotecnología, Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria, Apartado 8111, 28080 Madrid

INTRODUCCIÓN

El número de caracteres incluídos en el índice de selección de Smith-Hazel suele coincidir con el de caracteres incluídos en el objetivo de selección, aunque hay casos en los que el índice tiene menor o mayor número de caracteres que el objetivo (índice reducido o aumentado, respectivamente). Ejemplos del primer tipo son aquellos programas que consideran simultáneamente caracteres de producción y caracteres de reproducción o de calidad, y el mejorador desea evaluar el efecto sobre la eficacia de la selección al eliminar algún carácter en el índice. Ejemplos del segundo tipo son aquéllos que incluyen en el índice caracteres sin valor económico directo pero que influyen intensamente en otros que sí lo tienen (madurez sexual y producción de huevos en ponedoras). La eficiencia relativa de estos índices en comparación con el original puede medirse como el cociente de las respuestas que producen en el objetivo de selección (Cunningham ,1969: Acta Agric. Scand. 19, 45-48).

Los resultados obtenidos con los índices reducidos en los programas de mejora han sido muy variables. Parratt y Simm (1987: Anim. Prod. 45, 87-96), y Simm y col. (1987: Anim. Prod. 45, 465-475) usaron caracteres de producción y de calidad de carne en ovino, eliminando o no del índice los segundos. Hovenier y col. (1994: 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 465-468) usaron índices reducidos similares en porcino. Amer y col. (1998: Anim. Sci. 67, 445-454) usaron caracteres de producción y de reproducción en vacuno de carne, eliminando o no del índice los segundos. Gjedren (1967: Acta Agric. Scand. 17, 263-275), y Sivanadian y Smith (1997: J. Anim. Sci. 75, 2016-2023) han analizado teóricamente la eficiencia de los índices aumentados. El objetivo de este estudio fue comparar la realidad con la teoría, usando un índice reducido para peso a los 21 y 31 días en *Tribolium castaneum*, alternativamente con el índice que incluía además la masa de huevos puestos entre los 28 y los 30 días. La correlación genética y la fenotípica entre la masa de huevos y los dos pesos era igual a cero.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento tenía cuatro repeticiones y cinco generaciones de selección por línea, con 20 pares de reproductores y 200 candidatos a la selección por línea (cinco machos y cinco hembras en cada familia). La proporción de selección era el 20%. El objetivo de selección ($H = a'g$) incluía los valores de mejora para el peso a los 21 días, el peso a los 31 días, y la masa de huevos entre los 28 y los 30 días (ponderaciones igual a 1). En la línea IC el criterio de selección era un índice que incluía la información fenotípica para los tres caracteres ($I = b'x$), mientras que en la línea IR se utilizaba un índice reducido a los dos primeros caracteres, eliminando la información fenotípica para la masa de huevos. La información fenotípica era individual para las hembras,

mientras que para los machos de la línea IC era fraternal en la masa de huevos. Los coeficientes del índice se calculaban por mínimos cuadrados ($P = b^{-1} G a$). En cada repetición había una línea control sin seleccionar. La respuesta observada a la selección se calculó como el coeficiente de regresión de la diferencia entre la línea seleccionada y la control en cada generación sobre el número de generación. El error típico de la respuesta se calculó como la raíz cuadrada de la varianza entre coeficientes de regresión dividida por el número de repeticiones. La respuesta esperada a la selección para cada carácter en la generación n+1 es:

$$\Delta_{n+1} = G_n bi / \sqrt{b' P_n b}$$

donde i es la intensidad de selección. La relación de recurrencia para calcular la matriz G teniendo en cuenta el efecto de la selección (Bulmer, 1971: Am. Nat. 105, 201-211), es (Tallis y Leppard, 1988: Theor. Apl. Genet. 75, 278-281):

$$G_{n+1} = (0{,}5G_n + 0{,}5k(b' P_n b)^{-1} G_n b b' G_n) + (0{,}5G_0) = G_{n+1}^{entre} + G_{n+1}^{dentro}$$

donde k es el cambio en la varianza como resultado de la selección. El cambio en la matriz P es el mismo que el correspondiente a la matriz G. Para tener en cuenta los efectos del muestreo (Keightly y Hill, 1987: Genetics 117, 573-582) y de la consanguinidad (Langlois, 1990: Genet. Sel. Evol. 22, 119-132) la matriz de varianzas genéticas entre familias se multiplica por 1-1/40, y la matriz de varianzas genéticas dentro de familias se multiplica por 1-F_n.

La respuesta esperada en el objetivo de selección es: $\Delta H = a' \Delta g$. La eficiencia relativa del índice reducido (Cunningham, 1969), es:

$$\sqrt{1 - \frac{b_3^2 w_{33}}{b' P b}}$$

donde w_{33} es el elemento diagonal de P^{-1} correspondiente a la masa de huevos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diferencia entre líneas para la respuesta observada en el objetivo de selección fue significativa ($P < 0{,}01$), siendo la respuesta de la línea IC aproximadamente el doble que la respuesta de la línea IR (Tabla 1). La respuesta era significativamente distinta de cero en ambas líneas. La eficiencia del índice reducido era 0,52. La respuesta para el peso a los 21 días era similar en ambas líneas, y significativamente distinta de cero; lo mismo ocurría para el peso a los 31 días. La respuesta observada para la masa de huevos en la línea IC era apreciable y significativamente distinta de cero. Aunque este carácter no fue medido en la línea IR hasta la generación 5, el valor medio en esta generación no era significativamente diferente al valor inicial, mostrando que no puede conseguirse respuesta en la masa de huevos si la selección se basa exclusivamente en los pesos, debido a la ausencia de correlación entre pesos y puesta.

La eficiencia esperada del índice reducido era 0,51 (Tabla 1), tanto en la generación inicial como en la generación final del experimento. La misma eficiencia debería esperarse si los efectos del muestreo y de la consanguinidad no fueran tenidos en cuenta. El valor observado en el experimento está en clara concordancia con el valor esperado, tanto en la generación inicial como en la final, cuando los parámetros genéticos pueden haber cambiado debido a la selección y a la deriva. La heredabilidad

realizada (regresión de las medias en cada generación sobre el diferencial de selección acumulado), fue mayor en la línea IC (0,63 ± 0,05) que en la línea IR (0,37 ± 0,16), siendo significativamente distinta de cero sólo en la primera. La heredabilidad del índice estimada en la población base (Lin y Allaire, 1977: Theor. Appl. Genet. 51, 1-3; Nordskog, 1978: Theor. Appl. Genet. 52, 91-94) era 0,57 para el índice completo, y 0,49 para el índice reducido. Las intensidades de selección observadas fueron similares en ambas líneas (1,26 y 1,21, respectivamente), y no muy distintas del valor esperado (1,39).

Los resultados obtenidos con el índice reducido están en concordancia con los resultados teóricos obtenidos por Gjedren (1967) y Sivanadian y Smith (1997) para el índice aumentado, con correlaciones genéticas y fenotípicas entre el carácter añadido y los restantes igual a cero, y heredabilidades altas y similares de todos los caracteres. En general, el cambio en respuesta será mayor cuando el carácter añadido o eliminado tiene heredabilidad alta, y correlaciones negativas con los restantes. Parratt y Simm (1987) obtuvieron ritmos de respuesta similares con ambos índices, en concordancia con la baja heredabilidad del carácter, y la alta y positiva correlación con los restantes, aunque los resultados de Simm y col. (1987) no concordaban con los esperados. Hovenier y col. (1994) obtuvieron un 90% de eficiencia para el índice reducido, en discordancia con la alta heredabilidad del carácter, y correlaciones medias no significativamente distintas de cero. La disminución moderada en eficiencia obtenida por Amer y col. (1998) para un índice reducido, estaba en concordancia con los valores medio-bajos de la heredabilidad y los de las correlaciones genéticas y fenotípicas de su estudio.

TABLA 1. Respuestas observadas por línea y generación, y respuestas esperadas en la generación inicial y en la final [1] (IC = índice completo, IR = índice reducido)

Carácter	Línea	Observada	Inicial	Final
Objetivo selección	IC	2,24 ± 0,12[a]	5,55	3,87 (4,38)
	IR	1,16 ± 0,08[b]	2,83	1,96 (2,27)
Peso 21 d	IC	0,66 ± 0,04[a]	0,88	0,61 (0,69)
	IR	0,72 ± 0,07[a]	1,73	1,20 (1,39)
Peso 31 d	IC	0,37 ± 0,05[a]	0,56	0,39 (0,44)
	IR	0,44 ± 0,04[a]	1,10	0,76 (0,88)
Masa de huevos	IC	1,21 ± 0,10	4,11	2,87 (3,25)

[1] Respuesta esperada teniendo en cuenta sólo el efecto Bulmer entre paréntesis
[ab] Los valores dentro de un carácter con distinto superíndice difieren entre sí ($P < 0,01$)