ROBUSTEZ DE LOS MÉTODOS DE CONTROL DE LA CONSANGUINIDAD EN POBLACIONES DE CENSO REDUCIDO ANTE SITUACIONES PRÁCTICAS

Jesús Fernández[1], Miguel Ángel Toro[1], Armando Caballero[2]
[1]Departamento de Mejora Genética Animal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid
[2]Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos en un programa de conservación, junto con el de mantener niveles altos de variabilidad genética, es el de minimizar el incremento de consanguinidad en la población. Esto es cierto también para programas de mejora, ya que el aumento de la consanguinidad normalmente implica efectos desfavorables en caracteres productivos o de eficacia biológica. El aumento de consanguinidad y la pérdida de variabilidad genética dependen del censo efectivo, por lo que las estrategias de manejo de poblaciones deben estar dirigidas a la maximización de este parámetro, o a minimizar la tasa de consanguinidad (inversamente relacionada con el anterior). Con igual número de machos y hembras la estrategia óptima sería igualar las contribuciones, lo que produciría un censo efectivo equivalente a dos veces el censo de una población ideal.

Habitualmente, debido a problemas económicos o de manejo, el número de machos es menor que el de hembras. En este contexto se han propuesto diversos métodos jerárquicos y regulares para controlar el aumento de la consanguinidad. En todos ellos cada macho se aparea con r hembras y contribuye con un hijo y r hijas. En el esquema de Gowe y col. (1959) cada hembra deja una hija y un hijo con probabilidad $1/r$. En el esquema propuesto por Wang (1997) la hembra que deja el hijo ya no contribuye con una hija mientras que otra de las hembras apareada con el mismo macho deja dos hijas. El último esquema propuesto (Sánchez-Rodríguez y col. 2003) sugiere usar las mismas contribuciones que el método de Wang pero haciendo que el número y sexo de los hijos que contribuye una hembra estén determinados por el tipo de contribución de la madre. De esta manera se controlan las contribuciones a lo largo de las generaciones, obteniéndose resultados superiores a los de los métodos de Gowe y Wang.

Por otra parte, diferentes autores han propuesto que la mejor manera de controlar el incremento en consanguinidad es determinar el conjunto de contribuciones que minimiza el parentesco global de los padres ponderado por dichas contribuciones (ver, por ejemplo, Fernández y Toro 1999). Este es un método flexible que no fija de antemano las contribuciones y que no asume un diseño de apareamientos regular. Por tanto, se espera que sea de mayor utilidad práctica que los métodos jerárquicos mencionados anteriormente en aquellas situaciones que se desvían de las condiciones ideales. En el presente trabajo se compara el método de minimización del parentesco global con los métodos jerárquicos cuando existen factores estocásticos que afectan a la fecundidad o viabilidad de los individuos, o cuando la población de partida no es homogénea en cuanto a los parentescos entre individuos. El objetivo es comprobar la aplicabilidad de cada método, comprobando la robustez de los mismos frente a desviaciones de la situación ideal.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se simularon poblaciones compuestas por s = 2-8 machos y $d = s \times r$ hembras con r = 3-10. En cada caso, se corrieron 30 generaciones discretas manteniendo el censo y la relación entre sexos constante. Para ciertas simulaciones se asumió que los individuos en la población base (generación cero) eran no consanguíneos y no estaban emparentados entre sí, aunque en otros casos se comenzó a partir de poblaciones relacionadas diferencialmente, como se explica más adelante. Cada simulación se replicó 1.000 (diseños jerárquicos) o 200 veces (minimización del parentesco) y los valores de consanguinidad genealógica se promediaron para todas las generaciones.

Los métodos de manejo simulados fueron el propuesto por Wang (W), el propuesto por Sánchez-Rodríguez y col. (SBW) y la minimización del parentesco promedio (GC). En este último caso, para que las comparaciones fueran justas, se impuso un esquema en el que cada macho se apareaba con r hembras y luego se optimizaban las contribuciones de cada uno de los individuos. En los tres esquemas simulados el apareamiento fue al azar.

Para comprobar el comportamiento de cada método frente a desviaciones de las condiciones ideales se estudiaron dos situaciones. Por una parte se simularon casos en los que se producía un número aleatorio de fallos (muertes), muestreado de una Poisson con media λ = 1-2, en el esquema de selección decidido. Esto implicaba que se debía obtener un individuo "extra" de otra pareja que originalmente no debía producir más hijos. Otra situación práctica correspondía a la de poblaciones base con relaciones diferenciales y/o individuos consanguíneos. Esto se simuló con cinco generaciones con contribuciones y apareamientos no controlados previas a la implementación de cualquiera de los sistemas de manejo.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra la evolución de la consanguinidad promedio desviada de la que se genera usando el método W en condiciones ideales. Las líneas continuas corresponden al método GC, las discontinuas al método SBW y la línea punteada al método W. Las líneas gruesas corresponden a la situación en la que no hay muertes aleatorias y las finas al caso en el que ocurre un promedio de dos muertes aleatorias por generación.

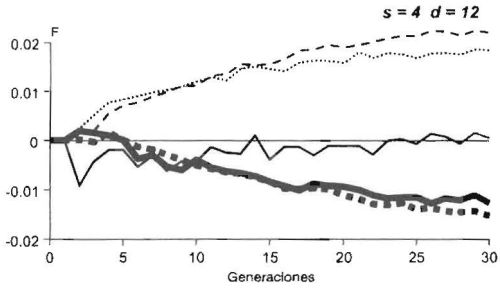


Figura 1. Evolución del coeficiente de consanguinidad cuando se producen una media de λ = 2 muertes aleatorias por generación. Significado de las líneas en el texto.

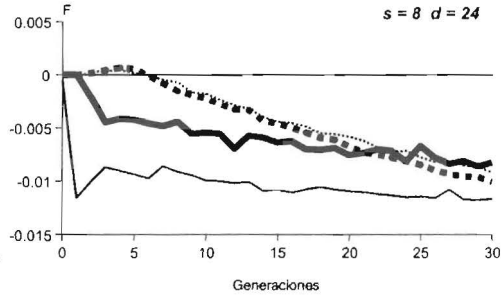


Figura 2. Evolución del coeficiente de consanguinidad cuando se parte de una población base con parentescos diferenciales. Significado de las líneas en el texto.

En condiciones ideales el método SBW comienza a ser mejor que el GC a partir de la generación 20 y es siempre mucho más eficiente que W. Pero cuando hay fallos

aleatorios, GC es muy superior en todo el periodo considerado y las diferencias entre W y SBW se reducen mucho. Un comportamiento similar se observa en la Figura 2, donde las líneas finas indican ahora el comportamiento cuando se permiten cinco generaciones previas sin manejo y, por tanto, los individuos de la población de partida están diferencialmente relacionados. Los valores de consanguinidad aparecen ahora desviados de los obtenidos bajo el método W pero para cada tipo de población base por separado (los valores de la población de partida no son comparables). Partiendo de relaciones no homogéneas la ventaja del método GC se extiende durante un periodo de tiempo mayor y la diferencia entre los métodos W y SBW se reduce ligeramente.

DISCUSIÓN

El aumento de la consanguinidad en poblaciones de censo reducido, tanto en programas de conservación como de mejora, es un parámetro a controlar por los efectos perjudiciales de la depresión consanguínea sobre caracteres productivos y de eficacia. El incremento de la consanguinidad es directamente proporcional al censo efectivo e inversamente proporcional a la tasa de consanguinidad. Así, maximizar (minimizar) estos parámetros debería garantizar los niveles de consanguinidad más bajos posibles a largo plazo. Pero hay que tener en cuenta dos factores. Por una parte es importante la consanguinidad que se produce a corto y medio plazo más que a largo plazo ya que, si ésta es elevada, la población puede ser inviable, imposibilitando el desarrollo del programa.

Por otra parte, las situaciones prácticas en las que se desarrollan los programas de conservación y mejora distan mucho de ser las condiciones teóricas para las que se optimizan los métodos. Por tanto, es necesario comprobar la robustez de éstos frente a desviaciones del óptimo. El problema con los diseños jerárquicos es que son demasiado rígidos y dependen mucho de sus suposiciones implícitas. En primer lugar, los métodos regulares no tienen en cuenta la posibilidad de que haya diferentes relaciones entre los individuos de la población de partida, asignando a todos ellos la misma probabilidad de contribuir hijos a la siguiente generación. Sin embargo, el método GC permite integrar esta información y presenta una mayor eficiencia en el control de la consanguinidad durante un intervalo de generaciones elevado. En segundo lugar, incluso pequeñas limitaciones en la fecundidad, prolificidad o viabilidad de la especie que consideremos hacen que los métodos jerárquicos pierdan mucha más eficiencia que el método GC. Este último permite, por su flexibilidad, reoptimizar buscando opciones alternativas. Por último, el número de individuos que se mantiene en un programa es dependiente de los recursos económicos. Por tanto, los censos pueden fluctuar y nos podemos encontrar con situaciones en las que el número de hembras no es múltiplo del de machos. En esta situación los métodos jerárquicos no son operacionales, en tanto que el método GC es capaz de proveer soluciones, ya que no asume de forma implícita un número total de hijos predefinido o un número concreto de hembras apareado con cada macho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fernández, J., Toro, M. A. 1999. J. Anim. Breed. Genet. **116:** 447-466.
Gowe, R. S., A. Robertson, B. D. H. Latter, 1959. Poultry Sci. **38:** 462-471.
Sánchez-rodríguez, L., P. Bijma, J. A. Woolliams, 2003. Genetics (en prensa).
Wang, J., 1997. Heredity **79:** 591-599.