

APLICACIÓN PRÁCTICA DE PROGRAMAS DE SELECCIÓN EN AVES

J. L. Campo

Área de Genética Animal

I.N.I.A.

Apartado 8.111, Madrid

RESUMEN

Se resume cual es la situación actual de los programas de selección en gallinas de puesta y en gallinas de carne, así como los problemas con los que se enfrenta la mejora genética avícola, y las líneas de investigación en curso. Se indican también los trabajos recientes relacionados con la aplicación de las nuevas tecnologías estadísticas y la biotecnología en avicultura.

SUMMARY

This paper attempts to review the actual breeding programs of the egg production and meat production sectors in the poultry industry. The role of the new statistical technologies (BLUP, REML) and the genetic engineering is also considered.

Introducción

De los diferentes sistemas de mejora existentes en la práctica, la avicultura representa el extremo en el que los programas de selección se realizan por un pequeño número de compañías multinacionales cuyas características principales son: 1) Mantenimiento de varias estirpes con un tamaño de población elevado (5.000-20.000 aves por estirpe). 2) Selección dentro de la estirpe para varios caracteres, dando distinto énfasis a cada carácter en cada estirpe. 3) Condiciones ambientales controladas. 4) Generaciones de selección separadas 5) Información individual y familiar de 8-10 hermanas y 80-100 hermanastras. 6) Cruces terminales simples o tres-vías.

Las granjas de selección-multiplicación-producción están separadas en dos grandes grupos: producción de huevos y producción de carne ("broilers"), siendo diferentes también desde el principio las pirámides de producción de huevo blanco y marrón.

Gallinas de puesta

Los tres objetivos principales en gallinas ponedoras son: 1) Número de huevos por gallina alojada (incluye mortalidad). 2) Eficiencia alimenticia. 3) Calidad de huevo.

Las ponedoras de huevo blanco o marrón son sólo competitivas en número de huevos, masa de huevos y eficiencia alimenticia,

existiendo un fuerte antagonismo entre calidad y producción. El índice de selección clásico es el método usado generalmente para estos caracteres.

Los caracteres de incubabilidad-fertilidad son también imprescindibles y suelen utilizarse niveles independientes para mantenerlos en un programa multicarácter, dado que estos caracteres dependen de genes recesivos con efectos grandes negativos y baja frecuencia. Otra alternativa es seleccionar los animales con mejores caracteres productivos y el mismo valor para caracteres reproductivos que la población base (índice empírico con restricción). En ponedoras de huevo marrón, la selección para intensidad de color de cáscara aumenta la incubabilidad.

Los caracteres de comportamiento (inmovilidad muscular por ejemplo) serán cada vez más importantes, en relación con la resistencia al estrés (cociente heterofilos/linfocitos es el más usado) y la adaptación a diferentes medios (antagonismo comportamiento-producción). La industria avícola ya no puede aplicar sistemas de producción basados exclusivamente en la producción, sin considerar el bienestar del animal.

Los mercados especiales de productos de calidad tendrán más importancia cada vez. La calidad incluye: frescura, recomendaciones de la dieta (colesterol), alarma alimenticia (ausencia de salmonella), contaminación ambiental, y ética de la producción intensiva ("free-range"). Euribrid ya tiene en el mercado estirpes para producción semi-intensiva de huevos.

Los problemas de roturas de los huesos de las alas en aves enjauladas están incrementándose cada día.

La diversidad de producto comercial será prioritaria para los mejoradores, que deberán disponer de gran variabilidad genética y poseer flexibilidad en responder a la demanda.

El sexado genético de pollitos de un día está totalmente resuelto sólo en ponedores de huevo marrón (utilizando el gen barrado o el plateado, ligados al sexo), siendo ésta su principal ventaja respecto a las ponedoras de huevo blanco.

En relación con la puesta habrá que conseguir: 1) Madurez sexual temprana. 2) Pico de puesta alto. 3) Mayor número de semanas sobre el 90% de puesta. 4) Mayor persistencia y mejor calidad de cáscara al final de la puesta. 5) Curva de peso de huevo más plana. 6) Menos huevos con defectos de cáscara.

El avance en la madurez sexual habrá que hacerlo sin aumentar el número de huevos pequeños. El control de la longitud de pata a las 8 semanas será importante en relación con el control de la madurez sexual. La mejora actual se ha obtenido avanzando la edad al primer huevo y aumentando la producción en los primeros 4-6 meses de puesta. La mejora hasta 1 huevo/día habrá que hacerla en la segunda fase de la puesta.

La mejora de la producción en un segundo año de puesta es muy difícil; la mudabilidad de las estirpes será importante en el futuro (las de huevo marrón son mucho más difíciles de mudar que las de huevo blanco; otra desventaja es la dificultad del miraje; en cambio son más dóciles y ponen pocos huevos pequeños).

La selección indirecta de gallos (superficie de cresta-barbillas) se está imponiendo junto con la valoración de hermanas, para mejorar la puesta.

En relación con la eficiencia alimenticia hay varias posibilidades: 1) Consumo diario. 2) Consumo por huevo. 3) Índice de conversión. 4) Ingreso por venta de huevos - coste del alimento. 5) Consumo alimenticio residual (consumo real menos el predicho basado en el peso corporal y la masa de huevos). La selección por el primer criterio reduce la productividad, mientras que la selección por alguno de los cuatro primeros criterios reduce el peso corporal. La selección por el cuarto criterio puede aumentar el peso del huevo más allá de lo deseable.

LEENSTRA *et al.* (1994; V WCGALP, 20, 49-52) han seleccionado para consistencia de heces. La eficiencia alimenticia aumenta y la polución ambiental disminuye. Usaron un índice empírico con restricción para ausencia de cambio en peso de huevo: 45% puesta: 20% consumo: 20% dureza de cáscara: 15% consistencia heces.

En relación con la calidad del huevo los caracteres fundamentales son: 1) Peso de huevo (óptimo intermedio). 2) Dureza de cáscara (gravedad específica; el estudio de las proteínas estructurales tendrá importancia creciente). 3) Color de cáscara (intensidad y uniformidad; hay que combinar la objetividad del reflectómetro con la subjetividad para huevos rosas, con manchas, etc). 4) Índice de forma. 5) Altura de albumen. 6) Manchas de sangre y carne.

El criterio de selección en ponedoras suele ser un índice clásico que incluye masa de huevos (número de huevos, peso del huevo) y peso del ave (como integrantes del "output"), y el consumo alimenticio ("input").

Excepto el tamaño del huevo y la dureza de la cáscara, que siempre se incluyen en el índice, los demás caracteres de calidad sólo se consideran cuando son un problema en la estirpe considerada.

Los consumidores eligen por color más que por evitar inclusiones, porque el huevo marrón se asocia con el "free-range". El huevo fresco no influye en la elección, aunque si se les pregunta es lo primero. El color de la yema influye más que la frescura, aunque los mejoradores no se preocupan de esto al controlarse por la alimentación.

Los huevos con bajo contenido en colesterol y alto contenido en ácidos grasos omega-3 son una realidad cercana.

La demanda de ovoproduitos es imparable en Estados Unidos (resuelven el antagonismo dureza de cáscara-puesta, están libres de salmonella, huevos enriquecidos), y será necesaria la producción de estirpes con distinto cociente yema/albumen.

En Estados Unidos son reacios a abandonar la producción en jaulas de varias aves, y tienen un programa de selección de grupos (MUIR, 1996; Poultry Science, 75, 447-458). Las respuestas obtenidas en cinco generaciones han sido muy importantes en mortalidad, puesta y masa de huevos, sin que haya variado el peso del huevo. El modelo incluye efectos genéticos directos sobre el individuo, y asociados sobre el grupo de hermanas alojadas en la misma jaula.

Gallinas de carne

En producción de carne: 1) Disminuir la edad para 2 kg. 2) Aumentar eficiencia alimenticia. 3) Aumentar calidad (problemas actuales: grasa abdominal, ascitis, patas, muerte súbita, calidad muscular).

En carne, HAVENSTEIN *et al.* (1994, Poultry Science, 73, 1785-1812) han demostrado que la nutrición ha supuesto una mejora de 300 gr. en el peso a los 56 días, desde 1955,

mientras que la genética ha supuesto 2 kg; en conversión, nutrición y genética son idénticas. Utilizaron un diseño 2 x 2 con dos estirpes (control 1957 y Arbor Acres 1991), y con dos alimentos (1957 y 1991).

En producción de carne hay tres situaciones distintas de mercado: canal limpia (eficiencia alimenticia o peso-consumo será el criterio de selección), canal entera (añadir el % canal en el criterio de selección), o canal despiezada (añadir % de pechuga).

El pollo de carne ha sido seleccionado fundamentalmente para ritmo de crecimiento (además de conformación y conversión), sin que haya habido un incremento paralelo de los sistemas respiratorio y circulatorio, y de su capacidad para suministrar oxígeno a esa mayor masa muscular. Actualmente existen problemas de hipoxemia, con fallo en el lado derecho del corazón y grandes cantidades de líquido en la cavidad abdominal (ascitis).

El color de la piel es imprescindible pues hay mercados que exigen "broiler" amarillo y otros lo exigen blanco. En Asia el pollo de carne debe tener fibromelanosis, que origina una carne muy oscura. El gen del cuello desnudo es imprescindible si la producción es en zonas de altas temperaturas.

El contenido en el plasma de lipoproteínas de muy baja densidad como criterio de selección para separar líneas magras y grasas no ha tenido plena aceptación. El contenido es mayor en estirpes con rápido crecimiento (los materiales que forman la yema del huevo aumentan en estas estirpes). Fósforo en plasma es una medida fiable de lipoproteínas.

La incubabilidad-fertilidad es el peor problema en reproductoras pesadas. Hay que mantener altos niveles de calidad de

huevo. El gen del enanismo ligado al sexo se irá imponiendo en la línea materna.

Los caracteres de comportamiento tendrán importancia creciente, debido al desarrollo de mercados especiales de calidad en los que el crecimiento rápido es indeseable ("label rouge").

El sexado genético solo se ha conseguido recientemente en "broilers" de plumaje rojo con plumas blancas (utilizando el gen plateado en presencia del inhibidor blanco dominante).

Nuevas tecnologías estadísticas

En relación con la aplicación del BLUP en avicultura, GIBSON *et al.* (1995; Poultry Science, 74, 1566-1576) han comparado el índice de selección (individual + hermanas + hermanastras) y el BLUP para datos simulados en ponedoras y 10 generaciones de selección. La respuesta relativa índice/BLUP oscilaba entre 96 y 99% y el aumento de consanguinidad era más alto con el BLUP.

Mc ALLISTER *et al.* (1990; IV WCGALP, 16, 69-72) compararon la selección por niveles independientes con el BLUP, utilizando un experimento con numerosas repeticiones de una sola generación, para catorce caracteres distintos, en seis poblaciones de ponedoras Leghorn. Obtuvieron resultados similares con ambos métodos.

En relación con la estimación de parámetros genéticos por REML, GROENEVELD *et al.* (1994; British Poultry Science, 35, 669-676) han publicado la estimación simultánea de varianzas-covarianzas usando REML (modelo animal) y Henderson 3 (modelo padre-madre) en una población seleccionada de Leghorn. Las estimas por

REML (cuando se consideraban datos de las siete primeras generaciones) eran muy altas para puesta, peso de huevo y peso de ave, en comparación con las calculadas por ANOVA tradicional. Durante las tres primeras generaciones usaron niveles independientes (masa de huevos, peso de ave, conversión) y luego un índice con restricción (maximizar conversión manteniendo constante el peso de huevo, y no permitiendo deterioro en la calidad de cáscara). Las heredabilidades de otros caracteres (conversión, consumo residual) fueron similares con ambos métodos. Al considerar sólo datos de la primera generación, las estimas por REML eran similares a las estimadas por ANOVA.

HAGGER (1990; *British Poultry Science*, 31, 701-713) estimó con un modelo animal la respuesta a la selección para ingreso menos coste alimenticio en ponedoras Rhode Island Red x White Plymouth Rock. Los caracteres registrados fueron puesta, peso de huevo y consumo. Observó una respuesta lineal de 0,45 unidades monetarias por generación (5 generaciones). Un gran incremento en peso de huevo fue la razón más importante para la obtención de la respuesta indicada. Las heredabilidades fueron calculadas por REML (criterio de selección, puesta, peso de huevo, masa de huevos, madurez sexual, peso de ave, eficiencia).

WANG *et al.* (1994; *V WCGALP*, 20, 86-89) han estimado por REML la heredabilidad de caracteres productivos en una línea materna para broilers (peso de ave, ritmo de crecimiento, consumo, conversión, peso de canal, % grasa abdominal).

WEI y VAN DER WERF (1993; *Journal Animal Science*, 71, 57-65) estimaron las varianzas aditivas y dominantes en caracteres de puesta (número de huevos, peso de huevo, gravedad específica) con un modelo

animal aditivo+dominante, un modelo animal aditivo y un modelo padre-madre utilizando REML. Encontraron buena concordancia entre el modelo animal dominante y la heredabilidad padre-madre. El modelo aditivo daba estimas de heredabilidad mayores que el modelo dominante.

WEI y VAN DER WERF (1995; *Journal Animal Science*, 73, 2220-2226) han estimado heredabilidades y correlaciones genéticas en puros y cruces para caracteres de puesta.

WEI *et al.* (1992; *XIX WPC*, 1, 721-725) estimaron por REML la heredabilidad para puesta, peso de huevo y gravedad específica.

BESBES *et al.* (1992; *Genetics, Selection, Evolution*, 24, 539-552) estimaron heredabilidades y correlaciones genéticas de ponedoras por REML utilizando un modelo animal multicarácter reducido (puesta, peso de huevo, peso de ave, gravedad específica). Las estimas multivariantes coincidían con las univariantes y, en general, con las clásicas.

TIXIER-BOICHARD *et al.* (1995; *Poultry Science*, 74, 1245-1252) estimaron por REML los parámetros genéticos de dos líneas de Rhode Island Red seleccionadas divergentemente para consumo residual. Los caracteres considerados, además del criterio de selección, fueron: puesta, madurez sexual, peso de huevo, espesor de cáscara, peso de ave, consumo, conversión, superficie de barbillas, longitud de patas.

GIBSON *et al.* (1996; *TAG*, 92, 483-491) han estimado por REML las heredabilidades de cinco caracteres (puesta, peso de ave, peso de huevo, dureza de cáscara, madurez sexual), con dos estructuras distintas: datos de esa generación y las cinco siguientes o datos de esa generación y la siguiente. En el

primer caso las heredabilidades se sobrestimaban, mientras que en el segundo caso se infraestimaban. Utilizaban un índice de selección con información individual y familiar (hermanas y hermanastras) después de ajustar para efectos fijos.

Biotecnología

En relación con los estudios de genética molecular en avicultura, BUMSTEAD y CRITTENDEN coordinan el proyecto europeo y americano, respectivamente, sobre el mapa genético aviar (1995; *Trends in Genetics*, 11, 190-194). BUMSTEAD *et al.* utilizan un retrocruce a partir del cruce entre dos líneas consanguíneas de Leghorn Blanca; CRITTENDEN *et al.* utilizan un retrocruce a partir del cruce entre "Red Jungle Fowl" y una línea consanguínea de Leghorn Blanca. Entre los dos proyectos hay 461 marcadores identificados.

La utilidad de la genética molecular será máxima en estudios relacionados con la re-

sistencia a enfermedades, calidad del producto comercial y obtención de huevos enriquecidos con proteínas de uso farmacéutico (similar a las obtenidas en la leche de mamíferos). En relación con la calidad de la carne de pollo, CAHANER *et al.* han descubierto recientemente una banda ligada a un bloque de genes que afectan significativamente al porcentaje de grasa abdominal (la eficiencia de la selección clásica para reducir este carácter es limitada y exige el sacrificio de varios hermanos del candidato a la selección). Ahora hacen selección intrafamiliar de pollitos de un día basada en su DNA. En relación con la calidad de cáscara puede ser útil el paso de genes de la pintada, que para un espesor de cáscara dado tiene un 50% más dureza que la gallina. LAMONT *et al.* (1996; *Animal Genetics*, 27, 1-8) han identificado 20 marcadores incluyendo: madurez sexual, ritmo de puesta, color de cáscara, peso ave, altura de albumen, puesta total, dureza de cáscara. Retrocruce (y segunda generación a partir de éste) de dos líneas comerciales de ponedoras.