

¿EXISTEN LÍMITES EN LA SELECCIÓN AVÍCOLA? LAS PRODUCCIONES ALTERNATIVAS Y LAS RAZAS LOCALES (I)



MICHELE TIXIER-BOICHARD

LVI Symposium de la AECA.
San Sebastián. Octubre 2019

INTRODUCCIÓN

La domesticación de las aves domésticas comenzó hace varios miles de años y ha conducido a la diversificación de las razas que han poblado toda la tierra, migrando junto con las poblaciones humanas.

A escala evolutiva, la domesticación y, aún más, una fuerte selección para el aumento de los niveles de producción, representan un período muy corto de tiempo. Pero aún más corto es el período en el que se ha desarrollado la genética molecular, desde la década de 1990, con un impacto importante en la reproducción de los animales, incluida la caracterización de la diversidad genética.

Como uno se puede preguntar si esto puede durar para siempre, en qué condiciones y para qué sistema alimentario, **aquí analizaremos primero los diversos mecanismos o factores que pueden limitar la respuesta de selección y luego las posibles estrategias para manejar tales límites, incluyendo el empleo de razas locales.**



TEORÍA DE LA SELECCIÓN Y POSIBLES LÍMITES

La teoría de la selección se ha establecido hace sólo un siglo y se ha aplicado a gran escala en la genética aviar. Su poder es estar basada en un modelo simple y generalista, el modelo infinitesimal, que **establece la hipótesis de que un gran número de genes, cada uno de ellos con un pequeño efecto aditivo, está controlando la variación de un carácter cuantitativo.**

Los efectos alélicos se consideran independientes de un gen a otro y se supone que se distribuyen normalmente, de modo que el valor

genético de un individuo para un carácter es simplemente la suma de efectos alélicos en todos los genes. **El valor genético no puede medirse directamente y se estima comparando el rendimiento de los animales relacionados,** cuanto mayor sea la similitud entre ellos mayor será la contribución de los genes aditivos.

Por lo tanto, se espera que una selección con éxito aumente progresivamente la frecuencia de los alelos favorables, de forma que se llegue a una meseta cuando se hayan fijado todos los alelos favorables. En esa etapa, la variación del rendimiento sólo refleja la variación ambiental y no habrá más respuesta a la selección hasta que se alcance el límite. Cuanto menor sea el tamaño de la población inicial, más rápido se alcanzará el límite.

La historia de los conceptos subyacentes a la reproducción animal ha sido revisitada por Hill y Kirkpatrick, - 2010 -, desde el punto de vista de la biología evolutiva. Por su parte, Robertson - 1960 - indica que **"la mitad de la respuesta final a la selección tiene lugar en 1.4 Ne generaciones"**, donde Ne es el tamaño efectivo de la población. Por lo tanto, para una población con un Ne de 40, que es bastante pequeña, la respuesta de selección todavía debe tener lugar después de 56 generaciones. Y dado que las líneas avícolas generalmente tienen un valor Ne superior a 40, no se espera ningún límite de selección en la actualidad.

Sin embargo, la selección real difiere de la teoría por varias razones:

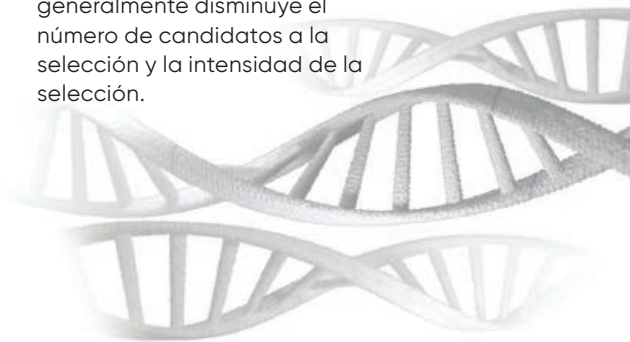


- Puede esperarse una meseta de selección si el objetivo de ésta permanece siempre igual, pero tan pronto como se añade un nuevo carácter en el mismo, diferentes genotipos pueden funcionar mejor y el conjunto de alelos más favorables cambiará.
- La meseta de selección está estrechamente asociada con el modelo aditivo, que es una simplificación excesiva de la realidad genética, ignorando el dominio y la epistasia; y tan pronto como tengan lugar interacciones entre los genes, la clasificación de los genotipos cambiará y éstas contribuirán a mantener la variación genética.
- Además, si los efectos alélicos de un gen determinado están influenciados por los alelos de genes vecinos, el valor de un individuo se modificará cuando se produzca la recombinación y modifique los "alelos vecinos";
- Pueden surgir alelos nuevos por mutación, pero este fenómeno es raro.
- Los efectos alélicos pueden depender del entorno donde se mide el carácter y las interacciones del genotipo y el medio ambiente son una predicción inquietante de los valores de reproducción y pueden impedir la fijación de un "mejor genotipo".

La falta de cualquier respuesta de selección correspondería a una línea completamente endogámica o a individuos clonados donde todos los candidatos a la selección son homocigotos para los mismos alelos.

Esta es una de las razones por las que la endogamia es una preocupación importante en todos los programas de reproducción.

La endogamia induce la fijación alélica al azar: algunas líneas endogámicas pueden funcionar mejor que otras por casualidad, y la mayoría de ellas es probable que presenten defectos genéticos. Aunque la aparición de anomalías genéticas puede no limitar la selección *per se*, generalmente disminuye el número de candidatos a la selección y la intensidad de la selección.



EVIDENCIA DE LÍNEAS EXPERIMENTALES

Los experimentos de selección se realizan generalmente en poblaciones con un tamaño limitado, durante un número variable de generaciones. Hay algunos experimentos de selección a muy largo plazo en aves que harían posible observar los límites de la misma.

El más largo en las aves domésticas ha sido realizado por Marks – 1996 –, quien seleccionó codornices por su peso corporal a las 4 semanas durante 97 generaciones. Se seleccionaron dos líneas, una alimentada con una dieta óptima – P –, y otra con una baja en proteína – T –. En la P se observó una respuesta a la selección hasta la generación 97, con alguna meseta transitoria, mientras que en la T hubo observó una meseta más larga, pero todavía una respuesta después de la generación 90. Durante la prueba se realizaron varios ensayos derivando sublíneas seleccionadas con una composición dietética diferente y se llegó a la conclusión de que cambiar el entorno de selección podría aumentar la respuesta. El tamaño efectivo, N_e , de cada línea se puede estimar en el 70, teniendo en cuenta el número de machos y hembras utilizados. Por lo tanto, el número de 97 generaciones se acercó a $1.4 N_e$, y todavía no se había observado ninguna meseta de selección.

En las gallináceas, el experimento de selección más largo es probablemente el realizado sobre la selección divergente en el peso corporal a las 8 semanas, realizado por Siegel y col. – 2013 – durante 54 generaciones, quienes no encontraron ningún límite de selección para la línea de alto peso después de 54 generaciones – con N_e 40 – mientras que sí en la línea baja, comenzando antes en las hembras que en los machos, pero sin respuesta después de la generación 50.

Una asimetría similar fue observada en la respuesta de selección en las líneas de White Leghorn seleccionadas de manera divergente para la respuesta de anticuerpos a los glóbulos rojos de las ovejas: en la generación 36 aun ocurría una respuesta de selección en la línea alta, mientras que en la baja el límite se produjo después de la generación 12 - Zhao y col., 2012 -.

Estas experiencias muestran poca evidencia de los límites de selección para el alto valor de un carácter, incluso en una población de tamaño limitado.

El mecanismo que mantiene la respuesta de selección en esas poblaciones cerradas no se ha establecido claramente: generalmente se pensaba que se habían producido mutaciones, pero también se debe considerar el impacto de la recombinación rompiendo los haplotipos críticos. La situación era diferente en las líneas seleccionadas para el bajo valor del carácter, donde la meseta de selección se observaba con más frecuencia, probablemente como resultado de un límite fisiológico. Dependiendo del carácter, se podría alcanzar un límite también para valores altos.

Estos experimentos ilustran la importancia de las respuestas de selección correlacionadas desfavorables que están creando límites por razones biológicas.

LIMITES EN LAS LÍNEAS DE ALTA SELECCIÓN

Respuesta a la selección, diversidad y consanguinidad

Aplicada en el siglo XX la teoría cuantitativa de la genética con alta eficiencia a la producción avícola industrial, el rendimiento alcanzado ha sido muy alto, tanto para el crecimiento como para la puesta, con líneas muy especializadas mantenidas en un entorno bien controlado.

En el pollo, la comparación de resultados entre los comerciales del 2001 y otros de crecimiento lento, mantenidos sin seleccionar desde 1957, ha mostrado un aumento de 3 veces en el peso corporal a 84 días de edad e ilustra muy bien el impacto de la selección - Havenstein y col., 2003 -.

Los estudios moleculares han mostrado que una selección intensiva podría originar una pérdida de diversidad genética a nivel del ADN. Cualquiera que sea el tipo de marcadores de ADN utilizados - microsátelites o polimorfismos de nucleótido único -, la clasificación es siempre la misma:

Las ponedoras blancas, que proceden de una sola raza, exhiben la variación más baja del genoma, mientras que las marrones la exhiben intermedia, los broilers la más alta y en las razas locales se puede encontrar de todo en la escala de heterocigotidad, de baja a alta, dependiendo de su historia y del tamaño de población.

La aparente paradoja de una alta diversidad molecular en el broiler a pesar de una intensa selección sobre el ritmo de crecimiento puede estar relacionada con el mayor número de razas utilizadas en la base de estas líneas en comparación con el proceso de selección que tuvo lugar en las ponedoras.

Una meseta de selección no parece haber sido encontrada en las especies de aves comerciales. Los niveles de endogamia se pueden estimar mediante análisis genealógico y más recientemente mediante el uso de marcadores moleculares. Un nivel alto de endogamia a menudo puede conducir a una baja capacidad reproductiva. Esto podría estar relacionado con una mayor frecuencia de alelos nocivos, como los letales recesivos y se ha estudiado recientemente en ponedoras: **una mayor proporción de variantes nocivos, en comparación con las sinónimas, se ha observado en la más endogámica de 3 líneas de puesta** - Derks y col., 2018 -.



LIMITES BIOLÓGICOS A LA SELECCIÓN

Se encuentran cuando se han ido degradando los caracteres del estado físico hasta el punto de que la supervivencia de los individuos se ve afectada, la intensidad de la selección se reduce en consecuencia y, en última instancia, la población misma puede perderse, suprimiendo cualquier posible selección.

Por lo tanto, los límites biológicos están muy relacionados con las respuestas de selección desfavorables. Además, algunos de los experimentos de selección a largo plazo han demostrado la importancia de un uso equilibrado de los recursos para mantener unas funciones fisiológicas, el crecimiento, la inmunidad y la reproducción que, cuando se interrumpen, la aptitud de las aves seleccionadas disminuye.

Broilers

La selección de los broilers ha puesto un énfasis importante en el ritmo de crecimiento precoz desde hace muchas generaciones.

Se han observado respuestas correlacionadas desfavorables sobre los caracteres del estado físico, como son:

- Una **insuficiencia cardiovascular** por la selección aplicada en la pechuga, con poca consideración a los órganos del sistema vascular necesario para proporcionar oxígeno al músculo. El síndrome de insuficiencia cardíaca con hipertensión arterial pulmonar ha conducido a la ascitis, como consecuencia típica de un desequilibrio biológico - Wideman y col., - 2013 -.
- **Miopatías musculares** que conducen a defectos graves de calidad de la carne, con un impacto importante desde 2014 y todavía no están bajo control - Petracci y col, 2019 - pues todos los intentos realizados para reducir la incidencia de las llamadas "**pechugas de madera**" relacionados con un menor ritmo de crecimiento.

- **El antagonismo entre el crecimiento precoz y la reproducción** puede limitar la selección en los broilers. En la actualidad, los reproductores pesados deben estar alimentados de forma muy restringida para mantener una capacidad reproductiva suficiente, lo que es una solución de manejo para una respuesta correlacionada desfavorable, ¡pero obviamente hay un límite cero para ello!

Puede esperarse una meseta de selección si el objetivo permanece igual, pero tan pronto como se añade un nuevo carácter, diferentes genotipos pueden funcionar mejor y el conjunto de alelos más favorables cambiará.

Según Vaarst - 2014 -, hay situaciones en la naturaleza donde una especie necesita crecer muy rápido durante un corto período, con poco impacto en el peso adulto, que permanece bastante constante para el período reproductivo.

En los pollos, esto significaría seleccionar la forma de la curva de crecimiento, lo que ha sido demostrado por Ricard, al seleccionar una línea para un alto peso corporal juvenil y un peso corporal adulto moderado - Mignon-Grasteau y col-, 2001 -.



Representante
en España

Proyectos, renovaciones de
salas de incubación

INCUBACIONES I MATERIALS, S.L.
Avda. Sarrià, 28 - 08029 BARCELONA
Tel. 933 224 426. Fax 933 224 390
Email: incumat@incumat.es

Ponedoras

En las ponedoras también hay tendencias desfavorables que han afectado a su equilibrio biológico, como son:

- La **fuerza ósea**, que se ha convertido en un problema importante en las gallinas, **como consecuencia de la presión ejercida sobre el metabolismo del calcio y la remodelación ósea para la síntesis de cáscara de huevo**, lo que puede ser un problema aún mayor debido al aumento de la duración del período de puesta. Y las lesiones del esternón parecen ser muy frecuentes - hasta un 85 % - en las líneas comerciales de huevo marrón, pero también en las del blanco, con una tendencia a una mayor prevalencia en las aves sobre yacija que en las de baterías - Hardin y col., 2019 -.
- Los **problemas de comportamiento con el picaje de plumas y canibalismo** que ocurren con frecuencia a nivel comercial. Se había sugerido que la selección de las gallinas en base al número de huevos en jaulas individuales se realizaba al mismo tiempo que para un mayor dominio social, siendo el ave más

dominante la que más ponía y, por lo tanto, más prole aportaba para la siguiente generación. Bajo esta hipótesis, **el desarrollo de un comportamiento agresivo representaría un fuerte límite a la selección individual para la producción de huevos.**

Y también aquí se han propuesto soluciones de manejo, como el corte de picos o el poner a las gallinas algunos dispositivos preventivos, aunque el canibalismo también tiene lugar en los sistemas al aire campo libre - Elson, 2014 -, por más que se espere que estos proporcionen un mejor bienestar. Un cambio en el programa de reproducción es otro enfoque, como la selección por grupos o la incorporación de relaciones sociales en la predicción del valor genético, aunque la genética de los caracteres conductuales es más compleja que la del crecimiento o de la puesta, porque el comportamiento es una cuestión de interacciones y esto representa un reto metodológico para la selección - Wade y col., 2010 -.

Estos efectos desfavorables son difíciles de anticipar porque **el rendimiento de las aves está alcanzando un nivel sin precedentes en el que no se conocen los valores de las correlaciones genéticas entre caracteres y probablemente difieren de los que tienen un nivel diferente de rendimiento.**



Un ejemplo típico de una correlación que cambia con la media del carácter es el que existe entre el crecimiento y la reproducción pues ya hemos visto que una mala puesta era un límite para la línea de bajo peso corporal - Siegel y col., 2013 -, pero la puesta también era pobre en los reproductores pesados.

Claramente, la correlación entre el ritmo de crecimiento y los caracteres reproductivos cambia de acuerdo con el nivel de aquel.

(continuará)