

Manejo de aves reproductoras para optimizar la fertilidad

INMA ESTÉVEZ^{1 2}

¹ Neiker Tecnalia, Departamento de Producción Animal, Arkaute Agrifood Campus,
01010 Vitoria-Gasteiz

² IKERBASQUE Research Professor, Fundación Vasca para la Ciencia, 48011 Bilbao

E-mail: iesteve@neiker.net

Inmaculada Estévez, actualmente catedrática de Investigación en Neiker-Tecnalia (Gobierno Vasco) se licenció en Biología (especialidad Zoología) por la Universidad de Córdoba, donde obtuvo el Doctorado en 1994 con una Tesis sobre los efectos de la densidad de población en pollos de carne. Posteriormente realizó estancias en diversos centros de investigación europeos, siempre orientadas al estudio del comportamiento y bienestar animal de las aves domésticas. Entre 1997 y septiembre 2008, desarrolló su actividad investigadora en el Dpto. de Ciencia Animal de la Universidad de Maryland (USA) y como profesora en la Facultad de Veterinaria de la misma Universidad. Allí también se encargó de las actividades de extensión a la industria avícola, actuando como asesora científica de los programas de bienestar avícola del National Chicken Council y Granjas Perdue

Participó en comités científicos como el Grupo de trabajo nº 9 (Manejo y Bienestar animal) de la Federación Europea de la WPSA y en el grupo de expertos en alimentación forzada de patos y ocas del Comité Científico veterinario de la UE. Ha sido Secretaria para U.S.A. de la International Society of Applied Ethology y Presidenta del Comité de bienestar animal de la Poultry Science Association (USA). La Dra. Estévez ha sido, o sigue siendo, editora en varias revistas científicas: Journal of Applied Animal Behavior Science, Poultry Science, Journal of Applied Poultry Research y Applied Animal Behavior Science.

Ha desarrollado, generalmente como investigadora principal, 12 importantes proyectos de investigación relacionados con el comportamiento social, uso del espacio, y reproducción en avicultura. Autora o coautora de 47 artículos en revistas científicas internacionales, 9 artículos invitados, 3 capítulos de libros y ponente invitada en más de 30 ocasiones en congresos internacionales y nacionales (estuvo con nosotros en Barcelona 2000). La labor investigadora de la Dra. Estévez ha merecido varias distinciones nacionales e internacionales, como el Premio de Etología Gonzalo Nárdiz (1991, 1993); Premio de Investigador Junior 2002 (Universidad de Maryland); Premio de investigación Hy-Line International 2003, y de Investigación en Bienestar Animal 2006 (Poultry Science Association, (U.S.A.).

RESUMEN

El problema de la subfertilidad en reproductores pesados no parece estar asociado a una reducción de la libido, a incrementos en los niveles de agresión, o a cambios hormonales debido a la intensa selección genética, tal y como se ha indicado en numerosas ocasiones. La calidad espermática en sí tampoco parece ser un gran problema, aunque la movilidad espermática parece ser el parámetro de calidad de esperma que tiene un mayor impacto en la fertilidad. Por el contrario, los cambios en la estructura morfológica en estirpes pesadas seleccionadas para un gran desarrollo de la pechuga parecen ser un factor fundamental para explicar el declive de la fertilidad.

Debido a estos cambios de conformación corporal es posible que las cópulas aparentemente normales no sean efectivas y que existan problemas de eficiencia en la transferencia espermática, produciendo un claro declive en la tasa de fertilidad, especialmente en estirpes seleccionadas para un alto rendimiento de pechuga. Por otra parte, es importante tener en cuenta para un manejo apropiado de las aves que el sistema de apareamiento es muy complejo y plástico, con una alta competencia entre machos por los apareamientos.

Esto en ocasiones puede generar problemas de cópulas forzadas que, si no se manejan de forma correcta, pueden llevar a una alta tasa de mortalidad en las hembras. Algunas prácticas de manejo basadas en técnicas simples de enriquecimiento ambiental pueden resultar muy útiles a la hora de maximizar la fertilidad en base a las capacidades reproductivas de las líneas existentes y a mejorar las prácticas de manejo de reproductores pesados.

Palabras clave: Reproductoras pesadas, fertilidad, manejo, bienestar

Broiler breeder management: strategies to optimize fertility

SUMMARY

Recent research have shown that, contrary to the expectations, subfertility problems in male broiler breeders do not appear to be associated to a reduction of libido, a lack of reproductive behavior, increased aggression, or hormonal changes related to genetic selection. Sperm mobility in breeders has been reported to be one of the most reliable indicators of male's fertilizing capacity. Nevertheless, sperm quality in itself does not seem to be able to fully explain the causes of subfertility. And further, sperm characteristics seem to change rapidly, even within the same, male depending on the physical and social environment.

Contrarily, morphological changes in body conformation that have occurred as consequence of a strong selection for high breast meat yield appear, so far, as a fundamental candidate to explain some the reasons of this fertility decline. Copulations, especially in high yield line lines appear to be physically normal, but because of the male conformation the matings may not been as effective impeding normal semen transfer towards the female oviduct (reduce mating efficiency). On the other hand, broiler breeder management is very complex and plastic, showing a high male to male competitive level for matings. This behavior can occasionally evolve into a severe forced mating problem and generate high female mortality if female availability is not high enough to minimize male-to male competition.

The understanding of the nature and complexity of the reproductive behavior in broiler breeders, together with the use of simple and economical environmental enrichment strategies may be very useful to improve fertility and to address some fundamental management problems.

Keywords: Broiler Breeders, Fertility, Husbandry, Welfare

INTRODUCCIÓN

La producción de broilers depende de la capacidad de la población reproductora de generar un número suficiente de pollitos para una producción eficiente. Sin embargo, en los últimos años se ha venido observando una reducción concomitante y progresiva de su tasa de fertilidad. Esta reducción se ha explicado frecuentemente como un efecto 'secundario' no deseado, resultado de la intensa selección genética para el aumento de las características productivas del pollo de carne, tales como velocidad de crecimiento y tamaño de pechuga. Algunos especulan que esta intensa selección genética ha podido desencadenar una reducción de la libido de los machos y/o hembras, siendo éste al menos uno de los factores que se ha utilizado comúnmente para explicar el declive de fertilidad en reproductores pesados. Estas especulaciones no obstante carecen de una base científica.

A pesar del papel crucial que el éxito de estos animales tiene para la industria del pollo de carne, resulta en cierto modo sorprendente y paradójico lo poco que sabemos acerca de su comportamiento reproductor, estrategias de apareamiento y las posibles causas que han podido generar un declive de su éxito reproductivo (especialmente en naves comerciales).

Este conocimiento es crítico para poder establecer prácticas de manejo que, sin duda, pueden ayudar a mejorar la tasa de fertilidad y por tanto la productividad del sistema. En los últimos años se han comenzado a realizar estudios científicos controlados, que poco a poco han ido generando información suficiente para *comenzar a entender* el complejo comportamiento reproductivo de las poblaciones de reproductores pesados, así como las posibles causas de reducción de su éxito reproductor.

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO, HORMONAS Y FERTILIDAD

Los trabajos del grupo de investigación dirigidos por Inma Estevez, Catedrática en el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Maryland, USA (McGary y col., 2002, 2003a, 2003b, 2005; Bilcik y Estévez, 2005, Bilcik y col., 2005; Leone y Estevez, 2008) han generado resultados suficientemente importantes para poder entender qué factores tienen realmente un impacto en la tasa de fertilidad de los reproductores.

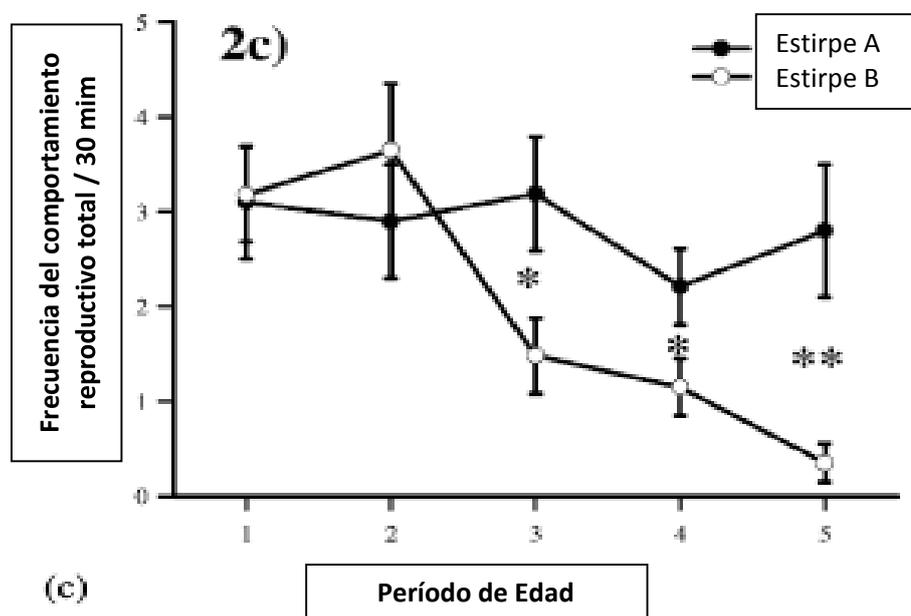
McGary realizó estudios detallados de comportamiento reproductivo y agresivo en dos líneas genéticas puras de reproductores primarios en las instalaciones de selección de una conocida compañía avícola norteamericana. Se conocía de antemano la divergencia en la tasa de fertilidad de las dos líneas, por lo que las condiciones experimentales eran ideales para poder determinar si las consabidas diferencias de fertilidad podían explicarse en base a diferencias en su comportamiento reproductivo.

El estudio (McGary y col., 2003) se realizó durante veinte semanas (30 a 51) en recintos de selección genética individuales de un macho y 8 -10 hembras por grupo. Sorprendentemente, se descubrió que, contrariamente a nuestras expectativas (y a las de la propia compañía), a partir de la semana 38 la línea subfétil mostraba una frecuencia de comportamiento reproductivo y de apareamientos significativamente mayor que la línea con tasa de fertilidad superior con diferencias notables entre ambas líneas (**Figura 1**).

Por el contrario, la tasa de fertilidad y el índice de penetración espermática en la membrana perivitelina resultaron un 10% superiores en la línea con una frecuencia de comportamiento reproductivo más baja. Estas diferencias se mantuvieron de forma consistente a lo largo de todo el periodo de estudio (90 vs 80 % de fertilidad al inicio de la fase de estudio y 70 vs 60 hacia el final, McGary y col., 2002), resultados que coinciden con la falta de relación entre fertilidad y comportamiento reproductivo del macho pesado indicado en otro de los limitados estudios disponibles (Duncan y col., 1990). Tampoco se detectaron diferencias en el comportamiento agresivo de los animales que pudieran explicar estas divergencias, pues de hecho resultó ser muy bajo en ambas líneas genéticas en oposición a lo indicado por Millman y col., (2000) pero en experimentos bajo unas condiciones experimentales quizá demasiado particulares.

Estos resultados sugieren que el problema de la subfertilidad no parece estar en absoluto relacionado con cambios en los niveles de agresión ni con una reducción en la libido para aparearse. Además, en este mismo estudio también se analizaron los niveles de testosterona y cortisona (McGary y col., 2005). Se encontraron diferencias significativas en los niveles de testosterona entre líneas genéticas, pero éstos, coincidiendo con los resultados de comportamiento, resultaron ser significativamente más elevados en la línea subfétil. Por tanto, las posibles diferencias en niveles hormonales realmente no parecen ofrecer ninguna explicación factible al problema de la subfertilidad y reducción del éxito reproductivo de líneas seleccionadas de forma intensiva en base a parámetros productivos.

Figura 1. Frecuencia media (\pm SE) de comportamiento reproductivo total en la línea subfétil (A) y fértil (B) a lo largo del periodo de estudio (McGary y col., 2003)



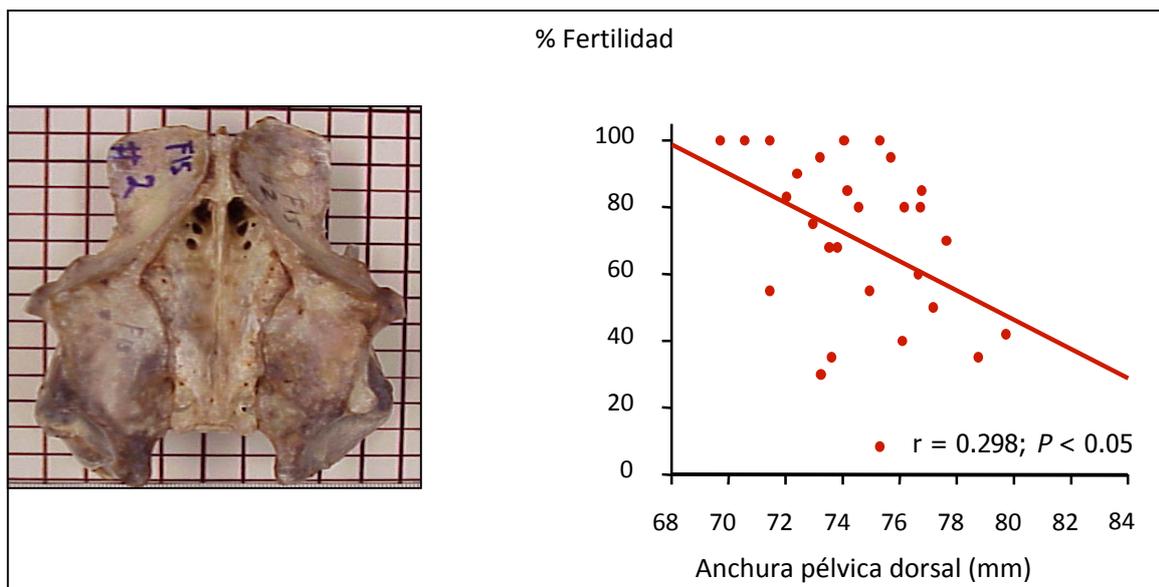
SELECCIÓN GENÉTICA Y MORFOMETRIA ¿ESTAMOS ANTE EL SÍNDROME DEL PAVO?

Como hemos visto, el problema de la subfertilidad en reproductores pesados (al menos en nuestro estudio) no parece estar relacionado con diferencias comportamentales ni hormonales. Esto plantea un problema en la explicación de las posibles causas de reducción de fertilidad. No obstante, existen otros factores que también pueden influir. Por ejemplo, se ha especulado que el mayor peso corporal de los reproductores puede afectar a su capacidad de realizar cópulas efectivas, contribuyendo por tanto a una reducción de la tasa de fertilidad (Bilcik y col., 2005). También es muy probable, en condiciones de campo, que el mayor peso corporal tenga efectos claramente negativos en fertilidad, tal y como expertos en el manejo de reproductores saben por experiencia, y demostrado en condiciones experimentales por Bilcik *et al.* (2005).

Pero el peso no parece ser un valor absoluto que nos pueda dar una respuesta completa al problema de la subfertilidad, ya que por ejemplo encontramos que la línea subfétil seleccionada para alto rendimiento de pechuga utilizada en el estudio de McGary y col., (2003) resultó ser más compacta, pero significativamente menos pesada (5,3 kg frente a 5,6 kg) en comparación con la línea seleccionada para una alta tasa de crecimiento. Así, se ha podido comprobar a través de estudios morfométricos de la existencia de una correlación negativa entre la anchura pélvica dorsal en la línea subfétil y su correspondiente tasa de fertilidad (**Figura 2a y Figura 2b**). Es decir, que a medida que va cambiando la estructura ósea para acomodar los cambios en la cantidad de pechuga y su anchura corporal, parece incrementarse la tendencia a tener mayores problemas de fertilidad, y esto parece ser independientemente del peso corporal.

Sin embargo, sí se pudo comprobar en éste mismo estudio una correlación positiva entre la frecuencia de comportamiento reproductivo (machos persistentes) y fertilidad en machos subfértiles. Contrariamente, esta relación no se observó en la línea seleccionada para alta tasa de crecimiento, que en general tiene una fertilidad más aceptable.

Figura 2. a) Fotografía digital de la estructura ósea de un reproductor seleccionado para tamaño de pechuga b) Correlación entre la anchura pélvica dorsal y porcentaje de fertilidad



Nuestra hipótesis es que, posiblemente, el mayor tamaño de la pechuga de machos seleccionados para tal fin podría dificultar la transferencia espermática durante la cópula, debido a factores puramente morfológicos. Es decir, las montas se realizarían de forma aparentemente normal y a alta frecuencia, pero no se llegaría a establecer un contacto cloacal efectivo que permitiese una transferencia espermática exitosa. Aunque esta hipótesis aún no se ha podido comprobar, de momento nos ofrece una explicación factible de las posibles razones por las cuales los gallos con un comportamiento reproductivo y unos niveles hormonales aparentemente normales podrían ver reducida su tasa de fertilidad.

Pero este efecto no es un nuevo descubrimiento en la industria avícola: El conocido como el "Turkey syndrome" debido al inmenso tamaño de la pechuga de los pavos, fue el factor que llevó a la industria del pavo a utilizar inseminación artificial para poder continuar de forma más o menos eficiente con la producción de pavitos de un día.

El gran problema para la industria del pollo de carne es que sus volúmenes de producción son inmensamente más grandes que los de pavos. Si llegase el caso de que fuese necesario emplear técnicas de inseminación artificial, sería catastrófico ya que esto supondría un gasto enorme y un replanteamiento total de la industria del broiler, tanto en el manejo como en las instalaciones. Esto puede parecer de momento lejano en el tiempo como para generar ninguna preocupación seria al respecto, pero cualquier persona inmersa en la industria del broiler conoce bien la velocidad vertiginosa a la que se van produciendo cambios morfométricos debido a una selección genética (¿demasiado?) eficaz. Además hemos de considerar que las claras preferencias en el mundo occidental por la carne blanca podrían incrementar aún más la presión selectiva en esta característica.

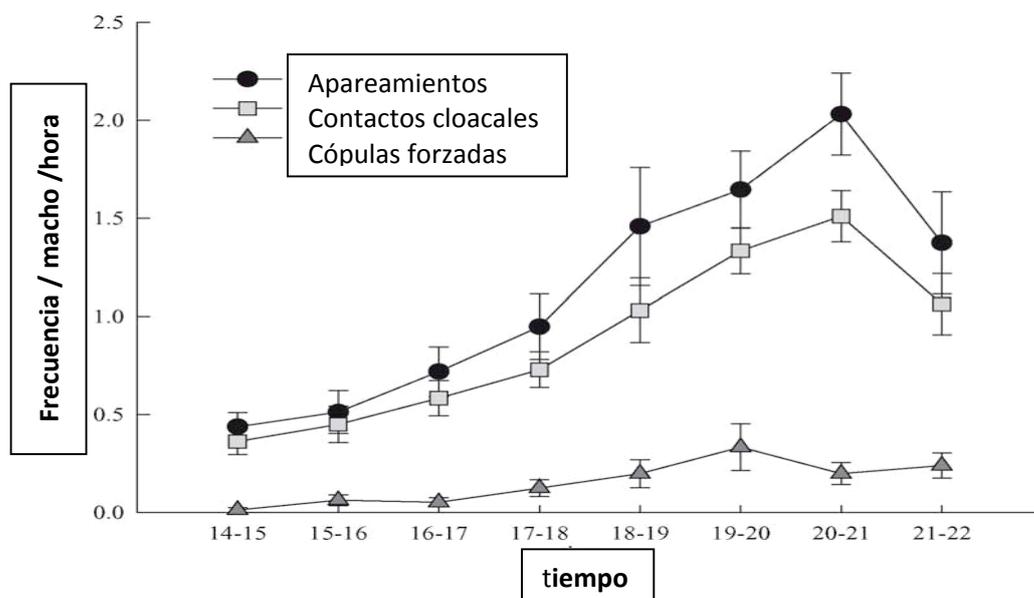
OTROS ASPECTOS DE LA REPRODUCCIÓN

Competencia entre machos

Es bien conocida la intensa competencia que se establece entre machos poliginicos de poblaciones salvajes con el propósito de incrementar el número de apareamientos y, teóricamente, su éxito reproductivo. Aunque en principio pueda parecer que la intensa selección genética haya podido eliminar esta tendencia en los animales de producción, lo cierto es que en los sistemas con apareamiento natural (tal y como sucede en la producción de broilers) es aún patente que los machos compiten intensamente por una mayor accesibilidad a las hembras con el propósito de obtener más copulas. Así, Bilcik y Estevez (2005) comprobaron que la frecuencia de apareamientos entre machos se modula en función del nivel de competencia por acceso a hembras. Por ejemplo, la tasa de montas en una situación de competencia intensa (3 machos/ 10 hembras) era menor de una monta por macho y hora. Por el contrario, cuando estos mismos machos se transferían a una situación sin competencia (un macho/10 hembras) la frecuencia de montas se incrementó a 1.8 por macho y hora. Estos cambios eran claramente independientes de la identidad de los machos. Es decir, machos más o menos dominantes que en una situación de competencia demostraron una tasa de monta relativamente baja, al transferirse a recintos sin competencia eran capaces de modular e incrementar su frecuencia de montas de manera sustancial.

Es también interesante destacar que la frecuencia de montas no ocurre de forma aleatoria a lo largo del día, sino que éstas tienden a concentrarse entre las 7 y las 9 de la tarde (Fig. 3). Desde un punto de vista evolutivo esta estrategia permite, teóricamente, maximizar la tasa de fertilidad. Esto se debe a que durante la tarde/ noche, ante la ausencia de huevo en el oviducto, el espermatozoides encuentra vía libre para acceder a los túbulos de almacenaje de espermatozoides en la hembra y por tanto incrementando sus posibilidades de fertilización. Estos resultados coinciden con las pautas de montas indicado anteriormente por otros autores en otras estirpes de reproductores del gallo domestico (Pizzari y Birkhead, 2001).

Figura 3. Frecuencia media (\pm SE) de apareamientos, contactos cloacales y montas forzadas entre las 14 y las 22 horas



EFFECTIVIDAD DE LA MONTA Y EFECTOS DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA

Hemos de contar también con la posibilidad de que la selección genética haya podido tener ciertos efectos en el deterioro de la calidad espermática, contribuyendo a una reducción de la fertilidad pero éste no parece ser un motivo fundamental de la reducción de fertilidad de acuerdo a los resultados obtenidos en nuestros estudios.

Bilcik y Estevez (2005) realizaron en una frecuencia de apareamientos más elevada no necesariamente conseguían una tasa de paternidad superior en una situación de competencia por apareamientos (3 machos/10 hembras). Estos resultados pueden explicarse por dos vías alternativas. En primer lugar, es posible que aquellos machos que realizan una mayor cantidad de montas puedan fallar a la hora de establecer cópulas exitosas con transferencia espermática. Así por ejemplo Bilcik y col. (2005) pudieron comprobar que los machos con tendencia a un mayor peso corporal se caracterizaban por una frecuencia de apareamientos sin contacto cloacal superior al de machos más ligeros. Alternativamente, los machos con una frecuencia de cópulas inferior podrían ver incrementado de forma substancial su éxito reproductivo gracias a cópulas más eficientes, y en algunos casos quizá también a una calidad espermática superior (medida en volumen, concentración y movilidad) siempre en relación a la calidad espermática de la competencia 'local'.

Aunque esta relación no es tan simple como en un principio cabría esperar. En nuestros experimentos se encontró que la calidad espermática no era buen predictor de la tasa de fertilidad (para más información ver Tabla 2 en Bilcik y Estevez, 2005), por lo que el posible deterioro de la calidad espermática, aunque pueda contribuir a en cierta medida a la reducción de la fertilidad, no parece ofrecer una explicación de peso al problema de la subfertilidad en reproductores pesados. Además, a lo largo de nuestros estudios hemos detectado claramente que la calidad espermática puede variar dramáticamente incluso para un mismo macho en periodos de tiempo cortos, en función de factores ambientales, sociales, por lo que es realmente difícil establecer la magnitud de la relevancia de la calidad de esperma *per se*. Se ha realizado recientemente un estudio empleando pools de semen mediante inseminación artificial que demuestra que, al igual que en las estirpes de gallinas de puesta, la tasa de movilidad espermática tiene un claro efecto en el nivel de fertilidad y en la persistencia de la fertilidad en el tiempo (Baczynski y col. 2009, en preparación), pero es muy complejo aplicar este hecho a las condiciones de apareamientos naturales.

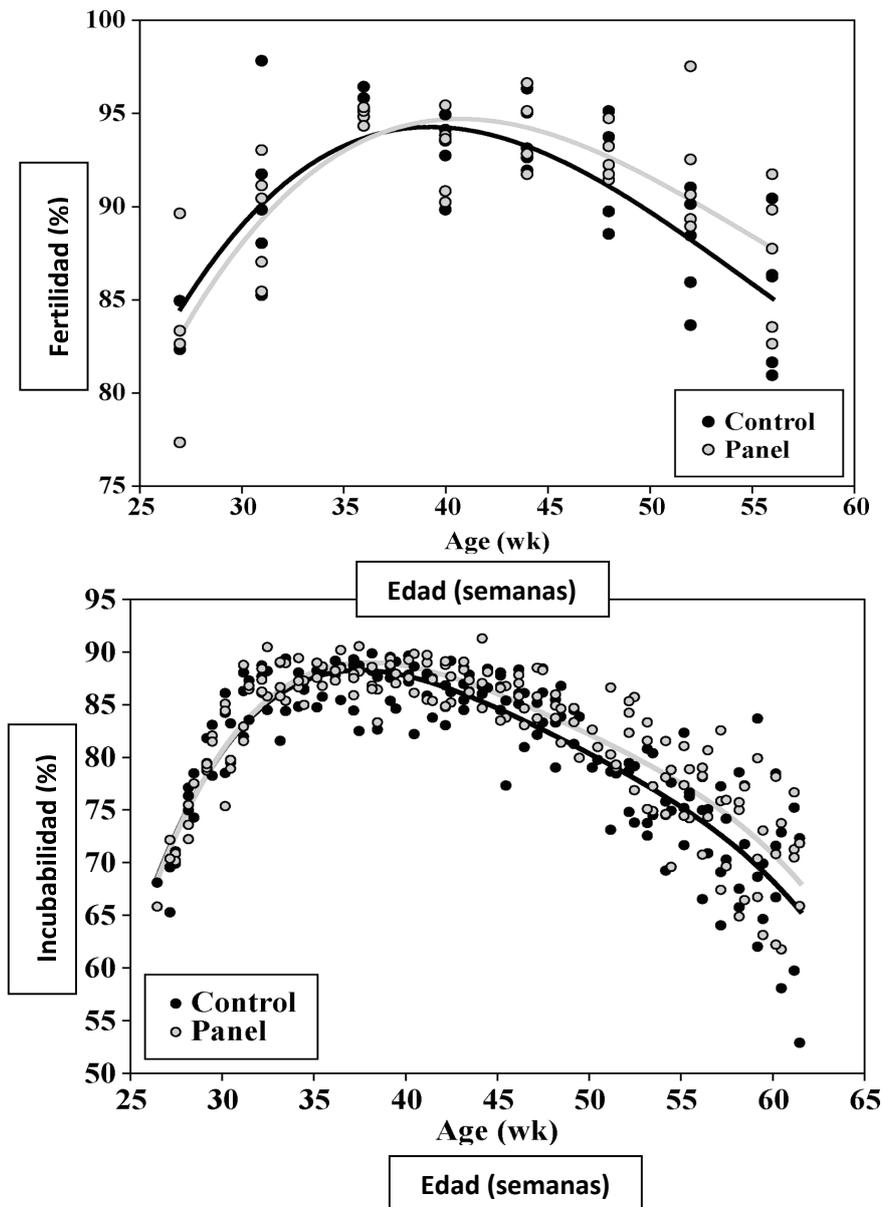
ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL: UNA ALTERNATIVA PRÁCTICA Y ECONÓMICA

Se ha especulado que la reducción de fertilidad en reproductores pesados se puede deber en parte a un incremento en los niveles de agresión. En ninguno de nuestros estudios hemos detectado que esto suponga un problema, incluso en situaciones extremas de alta competencia entre machos (3 machos/10 hembras en condiciones experimentales). Si bien es cierto que en condiciones comerciales en ciertos lotes los machos maduran antes que las hembras y éstas, al no estar receptivas, se refugian en los slats.

El problema surge cuando algunas hembras bajan a la zona de yacijas, debido a la altísima competencia entre los machos, se ven obligadas a aparearse repetidamente (*forced mating*), llegando a producirse heridas de consideración que en situaciones graves pueden provocar una alta tasa de mortalidad en las hembras.

No obstante, para entender el origen del problema es importante destacar que este tipo de comportamiento no tiene un origen agresivo, sino que responde a la imperiosa necesidad de los machos por reproducirse e incrementar su éxito reproductivo.

Figura 4. a) Tasa de fertilidad y porcentaje de eclosión en grupos control y b) en aquellos con acceso a paneles de enriquecimiento ambiental



Una práctica de manejo habitual en estos grupos problemáticos es subir a los slats y hacer que las hembras bajen al suelo mediante las técnicas más variadas. El problema es que si las hembras no encuentran una zona de confort volverán inmediatamente a los slats lejos del acoso de los machos.

A apoyados en estudios básicos de enriquecimiento ambiental en el gallo doméstico (Cornetto y Estévez, 2001) pudimos comprobar que un incremento de la complejidad ambiental mediante el uso de paneles tiene efectos beneficiosos al aumentar su sentido de protección. En un estudio reciente realizado en cinco granjas comerciales de reproductores (con sus respectivos controles) Leone y Estevez (2008) comprobaron que la disponibilidad de enriquecimiento ambiental incrementaba tanto la fertilidad (**Figura 4a y Figura. 4b**) como la tasa de eclosión, resultando en un incremento de la producción de pollitos en 4,5 pollitos por gallina durante un ciclo productor. Estas diferencias parecen ser más patentes a partir de la semana 35, tras alcanzar el pico de puesta.

De momento no tenemos una explicación convincente de cómo el acceso a los paneles mejora la eficiencia reproductiva, pero es posible que se deba a una reducción de los niveles de estrés, al crearse un entorno en el que las hembras pueden sentirse más protegidas y en el que se pueden refugiar cuando no están interesadas en aparearse. Además este sistema permite a las hembras bajar a la yacija por su cuenta, con el consecuente beneficio para el avicultor, que no tendría que verse obligado a recorrer los slats constantemente. Este sistema es extremadamente simple y barato de introducir en las granjas; su efectividad estaría basada posiblemente en una mejora del bienestar animal, y además en nuestro estudio resultó beneficioso para el productor desde el punto de vista económico. La estimación del impacto anual de esta técnica para la compañía con la que se trabajó resultó en unos 3 millones de dólares de beneficios adicionales por año.

¿PODEMOS SER OPTIMISTAS? ALGUNAS RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

Tal y como se ha indicado en secciones anteriores, la investigación del problema de la subfertilidad en reproductores pesados es reciente y en su inmensa mayoría se ha realizado bajo condiciones experimentales, lo cual limita su aplicación directa a condiciones de campo. Pero estos estudios han resultado muy valiosos para demostrar la invalidez de ciertos 'dogmas' de la reproducción y fertilidad que se habían asumido en reproductores pesados (basados en su mayor parte en especulaciones varias, sin base científica). La separación entre factores que carecen de efecto y de los que pueden tenerlo, aunque obviamente no va a poder resolver el problema de la subfertilidad enteramente, pero sí que puede ser una herramienta útil que nos permita maximizar la fertilidad dentro de los límites que nos imponga la capacidad reproductiva de los animales.

Aspectos que la industria debería 'reconsiderar' para un buen manejo de grupos reproductivos.

- Claramente el problema de la subfertilidad no es un problema de reducción de la libido, ni de un aumento de agresión relacionada con la selección genética en líneas modernas.
- El comportamiento reproductivo del macho es complejo y muy plástico, lo que le permite adaptar su frecuencia de apareamiento en función de los niveles de competencia entre machos en el entorno social. Esta estrategia teóricamente le permite maximizar su éxito reproductivo. Salvo en casos muy concretos, el mismo macho (dominante o subdominante) puede duplicar su frecuencia de apareamientos en periodos de tiempo muy cortos. Esto hace que ante la falta de disponibilidad de hembras en yacija los machos se tornen extremadamente competitivos para conseguir cópulas. Este proceso, si es grave, puede ocasionar alta mortandad de hembras en condiciones de campo.
- La calidad espermática, medida en base a parámetros completos, tampoco ofrece una explicación aparente ya que hemos podido comprobar que la calidad y los parámetros espermáticos pueden variar de manera drástica para el mismo macho en un margen de horas incluso en los reproductores primarios.
- La apariencia visual del esperma, que se usa en algunos centros para la evaluación de los machos, no es fiable, ya que aunque su volumen sea aparentemente grande y espeso puede incluir una gran parte de células espermáticas muertas. Si acaso sería recomendable intentar seleccionar a nivel genético machos con esperma de alta movilidad, que es la característica que tiene un mayor impacto en fertilidad.

- Machos con mayor peso corporal tienden a tener una fertilidad más baja que en ocasiones pueden compensar a través de cópulas repetidas.
- No obstante, aún más importante que el peso parece ser la conformación del macho, según el tamaño de su pechuga. Un tamaño de pechuga voluminoso parece interferir con la efectividad de la cópula y la subsecuente transferencia espermática, y este problema obedece a las características de la selección genética.

***Es posible mejorar/maximizar la capacidad reproductiva de reproductores pesados?
Algunos aspectos prácticos para maximizar la fertilidad mediante técnicas de manejo:***

- Se requiere un seguimiento exhaustivo de los pesos durante la fase de reproducción, pero es también esencial conseguir un seguimiento detallado de las pautas de crecimiento, tanto de machos como de hembras, durante la fase de recría, de forma que el crecimiento sea lento y constante. Esto permite un buen desarrollo de la fortaleza y calidad de las patas que a largo plazo pueden facilitar el balance de los machos durante la monta. Los problemas de patas pueden contribuir de forma importante a una reducción de la fertilidad, aunque no se haya tratado aquí por cuestión de espacio.
- La carencia de un buen equilibrio durante la monta, especialmente en machos pesados, puede tener un efecto negativo en la fertilidad haciendo más dificultosa la transferencia espermática.
- Aunque aún no hay estudios de campo que puedan apoyar esta hipótesis resulta lógico plantearse que el acceso temprano a perchas facilite el balance, ayudando a mantener el equilibrio y así incrementar la eficiencia de la transferencia espermática (ver Estevez, 2008). Es importante recalcar que hay muchos aspectos del comportamiento del gallo doméstico que se aprenden durante fases tempranas del desarrollo y el uso de la tercera dimensión es uno de ellos.
- Técnicas de enriquecimiento ambiental mediante el uso de paneles han demostrado ser una herramienta extremadamente barata y eficaz a la hora de atraer a las hembras a la yacija en condiciones comerciales con un mínimo esfuerzo por parte del avicultor. No solo se constatan beneficios a nivel de bienestar, sino que además aportan incrementos económicos significativos para la industria.
- De manera adicional, este estudio de campo provee evidencias de la gran variedad en productividad que se observa entre granjas (incluso dentro de la misma compañía), sugiriendo que la calidad en el manejo de los grupos reproductores puede tener un gran impacto en los resultados productivos.
- La industria debería de considerar seriamente la oportunidad de trabajar con investigadores en el campo ya que ello realmente podrían ayudar a identificar factores críticos en la fertilidad a nivel práctico y poder establecer técnicas de manejo más eficientes.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiese sido posible sin el interés y el duro trabajo de los estudiantes de Master y Tesis Doctorales que han participado en distintos aspectos de los estudios realizados en USA. Gracias a S. McGary, B. Bilcik, C. Luque, E. Leone, K. Baczynski, A. Mallapur y a muchos estudiantes colaboradores que participaron desinteresadamente en el manejo y colección de huevos.

A lo largo de este trabajo hemos tenido la fortuna de contar con el entusiasmo y ayuda desinteresada de magníficos investigadores y expertos de industria. Gracias a M. Bask and J. Long (USDA, Beltsville USA), D. Pollock (Perdue Farms, USA), D. Froman (Oregon State University), M. Ottinger y F. Siewerdt (Universidad de Maryland), T. Pizzari (Universidad de Oxford, UK), y a E. Russek-Cohen por su sabiduría en estadística.

Finalmente agradecer la financiación recibida por parte de distintas organizaciones para la realización de los diferentes aspectos de investigación incluidos en este proyecto: U.S. Poultry and Egg Association; Maryland Agricultural Research Station, y el National Research Initiative, Animal Reproduction Program.

REFERENCIAS

- BACZYNSKI, K. SIEWERDT F., LONG, J., ESTÉVEZ, I. (2009).** Effect of sperm mobility on female fertility persistency. *In Preparation*.
- BILCIK, B., y ESTÉVEZ, I. (2005).** Impact of male-male competition and morphological traits on mating strategies and reproductive success in broiler breeders. *Applied Animal Behaviour Science*, 92:307-323.
- BILCIK, B., ESTÉVEZ, I., RUSSEK-COHEN, E. (2005).** Reproductive success of broiler breeders in natural mating systems: The effect of male-male competition, sperm quality and morphological characteristics. *Poultry Science*, 84:1453-1462.
- CORNETTO, T. L. y ESTÉVEZ, I. (2001).** Behavior of the domestic fowl in presence of vertical panels. *Poultry Science*, 80:1455-1462.
- DUNCAN, I.J.H., HOCKING, P.M., SEAWRIGHT, E. (1990).** Sexual behavior and fertility in broiler breeder domestic fowl. *Applied Animal Behaviour Science*, 26, 201-213.
- ESTÉVEZ, I. (2008).** Behavior and environmental enrichment in Broiler Breeders. *In: Biology of Breeding Poultry*. CAB. pp 261-283.
- LEONE, E.H. y ESTÉVEZ, I. (2008).** Economic and Welfare Benefits of Environmental Enrichment for Broiler Breeders. *Poultry Science*, 87:14-21.
- MILLMAN, S.T., DUNCAN, I.J.H., WIDOWSKI, T.M., 2000.** Male broiler breeder fowl display high levels of aggression toward females. *Poultry Science*, 79, 1233-1241.
- MCGARY, S., ESTÉVEZ, I., BAKST, M., POLLOCK D. (2002).** Phenotypic traits as reliable indicators of fertility in male broiler breeders. *Poultry Science*, 81:102-111.
- MCGARY, S., ESTÉVEZ, I., BAKST, M. (2003).** Potential relationships between physical traits and male broiler breeder fertility. *Poultry Science*, 82:328-337.
- MCGARY, S., ESTÉVEZ, I., RUSSEK-COHEN, E. (2003).** Reproductive and aggressive behaviour in male broiler breeders with varying fertility levels. *Applied Animal Behaviour Science*, 82:29-44.
- MCGARY, S., ESTÉVEZ, I., OTTINGER, M. A. (2005).** Can testosterone and corticosterone predict the rate of display of male sexual behaviour, development of secondary sexual characters and fertility potential in primary broiler breeders? *British Poultry Science*, 46 (5):621-625.
- PIZZARI, T. y BIRKHEAD, T. R. (2001).** From whom does the hen cackle? The function of oviposition cackling. *Animal Behaviour*, 61, 601-607.

