

MANEJO E INSTALACIONES

HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

Modelos matemáticos para la curva de puesta de gallinas ponedoras

Carlos Romero Martín
Luis Martínez Cortizo
*Departamento Producción Animal.
Universidad Politécnica de Madrid*

Con el fin de optimizar el modelo productivo de puesta, parece interesante disponer de ecuaciones matemáticas que permitan estimar la evolución de la curva de puesta y de este modo, realizar cálculos comparativos entre razas y estirpes. Cabe destacar igualmente que estas ecuaciones permitirán evaluar los efectos que sobre la producción tendrán los distintos sistemas de alojamiento. Así, ante la muy escasa información disponible hasta la fecha, este trabajo proporciona diferentes ejemplos de modelos matemáticos obtenidos para curvas reales de puesta en granjas comerciales.

El sector avícola de puesta europeo, y por tanto también el español, se hallan inmersos en un proceso legislativo cambiante que impondrá una reestructuración del modelo productivo a partir de 2012. En este contexto, y teniendo en cuenta que el consumo nacional está bajando en los últimos años, se hace necesario, más que nunca, ser eficientes para poder competir con países extracomunitarios a los cuales no se les

aplica el mismo nivel de exigencias.

INTRODUCCIÓN

En el año 2008, la producción mundial de huevo rondó los 60 millones de toneladas, siendo China el principal productor (Inprovo). En segundo lugar, se situó la Unión Europea (UE- 27), dentro de la cual España ocupa un lugar destacado. Según datos del anuario de estadística del



MARM, en el año 2008 había prácticamente 50 millones de ponedoras en España, de las cuales un 4,70% correspondían a gallinas camperas. En ese mismo año, la producción total española fue de 1075 millones de docenas de huevos. El 97% de esta producción se dio en jaulas convencionales, un 1,5% en jaulas enriquecidas y el 1,5% restante en suelo.

Aparentemente la producción de huevo aumentó con respecto al año 2007 y dado que el consumo nacional de huevo está disminuyendo desde el año 2003 (11,33 y 10,77 kg per cápita en 2008 y 2009, respectivamente; Panel de Consumo Alimentario del MARM, 2009), las exportaciones de huevo español aumentaron de 2007 a 2008. Así, en lo que se refiere al comercio intracomunitario, en el año 2008, se originó un balance positivo para España con unas exportaciones netas de 128.980 toneladas, lo cual, en comparación con el año 2007, supuso un aumento de 20.280 toneladas. En cuanto a las exportaciones extracomunitarias, en el año 2008, también

hubo un saldo neto positivo de 6.223 toneladas; ello representó un aumento de 563 toneladas con respecto al año anterior (Anuario MARM, 2008).

PROBLEMÁTICA PRESENTE Y FUTURA

A día de hoy, la gran problemática a la que se exponen los países de la UE es el acceso libre al mercado comunitario de los huevos y ovoproductos procedentes de países terceros (Tactacan y col., 2009), que no están sometidos al nivel de exigencias que se impone dentro de la UE en materias como el bienestar animal y el respeto al medio. Sirva de ejemplo el caso de países como Ucrania, Brasil, India y EE.UU., en los cuales se asigna una superficie por gallina que oscila entre 300 y 430 cm² (Van Horne, 2007). Estas exigencias comunitarias implican una subida de los costes de producción y, por tanto, una pérdida de competitividad del huevo de la UE frente a países extracomunitarios. Una de las principales causas de esta pérdida de com-



Fotos 1 y 2. Gallinas alojadas en jaulas enriquecidas. (Fuente: C. Romero).

petitividad es la adaptación, a partir del año 2012, de todas las granjas a la Directiva 1999/74 (Comisión Europea, 1999), que es de obligado cumplimiento en todos los países comunitarios y, sin embargo, no se aplica a los productos importados de terceros países, agravando aún más el problema.

BASE LEGISLATIVA

El 19 de julio de 1999 se promulgó la Directiva 1999/74, con el objetivo de establecer normas mínimas relativas a la protección de las gallinas ponedoras en los diferentes sistemas de cría. Esta Directiva quedó reflejada en la legislación Española por el Real Decreto 3/2002, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Para las políticas comunitarias los temas de mayor interés son la protección, el bienestar y la salud animal (FAO, 2007). Los cambios que emanan de la Directiva 1999/74 afectan directamente a los alojamientos de las gallinas ponedoras. Esta norma obligará al sector avícola a sustituir, an-

tes del 1 de enero de 2012, las jaulas convencionales, de uso generalizado en la UE, por otras denominadas "enriquecidas", que disponen de una zona de nido para la puesta, yacija para escar-

bar, una mayor superficie por ave y unas perchas o aseladeros para el descanso de las gallinas (Fotos 1 y 2). Esta norma no es obligatoria para las explotaciones de menos de 350 gallinas pone-

doras ni para las explotaciones de cría de gallinas ponedoras reproductoras. Dichos establecimientos están sujetos a la Directiva 98/58/CE.

Actualmente en España existen cuatro sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras: gallinas criadas en jaulas, sistemas alternativos (gallinas criadas en suelo y gallinas camperas) y gallinas criadas con normas de la producción ecológica (Fotos 3 y 4). Las tres primeras producciones están reguladas por la Directiva 1999/74, mientras que la producción ecológica de puesta está regulada por el Reglamento (CE) Nº 1804/1999 del Consejo Europeo.

OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO

Dado este contexto normativo que rige el sector de la puesta en España y en vísperas de un cambio importante en los modelos productivos, parece conveniente el desarrollo de herramientas que permitan comparar la producción de distintas estirpes o razas así como los resultados pro-



Foto 3. Raza autóctona españolas con posible interés en producción ecológica. (Fuente: C. Romero)

ductivos obtenidos en diferentes alojamientos. Las guías proporcionadas por las principales casas comerciales ofrecen los óptimos productivos de las estirpes para cada edad pero no dan las ecuaciones que ajustan la curva de puesta (ponedoras comerciales: Hy-Line International, 2003, 2009; reproductoras pesadas: Ross 308 y Ross 708, 2007). Estas ecuaciones, sin embargo, pueden ser de gran utilidad precisamente para realizar estudios experimentales de comparación de estirpes, regímenes alimenticios y/o alojamientos. De hecho, en ganado vacuno lechero, el uso de modelos está muy extendido (Faverdin y col., 2007). Así, este artículo pretende cubrir esa falta de información y proporcionar modelos que pueden ser utilizados con independencia de los objetivos que se persiga en cada trabajo futuro de experimentación.

MODELOS LINEALES

Antes de realizar un análisis estadístico de regresión, el primer paso a dar es siempre obtener el gráfico correspondiente y, así, ver cómo evoluciona la variable dependiente en función de la independiente. El aspecto de la curva de puesta es de todos conocido y por tanto, sólo con observarlo, se deduce que un polinomio puede ajustar como ecuación de la gráfica (Gráfico 1). Sólo quedaría entonces por determinar el grado del polinomio.

Con la ayuda del programa estadístico SAS, se ha visto que es posible obtener un ajuste razonablemente bueno con un modelo basado en un polinomio de grado 6. Sin embargo, es cierto que, yendo un poco más lejos, es decir con potencias más altas, el ajuste es aún mejor. Se recomienda, no obstante, no elegir polinomios de grado muy alto puesto que eso supone una complicación del modelo, que pasa a ser demasiado largo, y la mejora obtenida en la precisión no suele llegar al 5%.

GRÁFICO 1 / Ejemplo de curva de puesta en gallinas ponedoras de estirpe semipesada. (Fuente: elaboración propia)

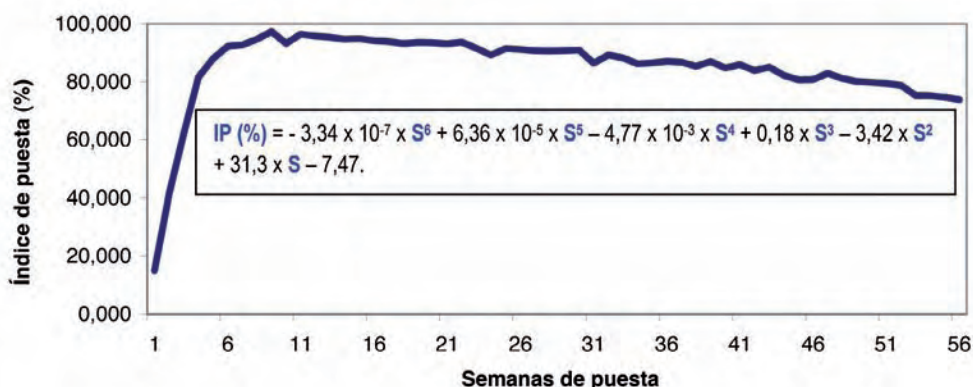


GRÁFICO 2 / Curva de puesta y regresión por tramos en una estirpe semipesada. (Fuente: elaboración propia)

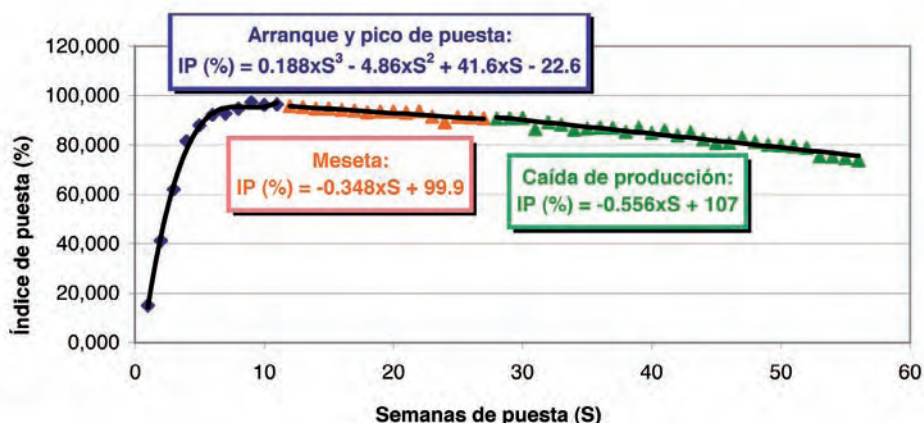


Foto 4. Raza autóctona españolas con posible interés en producción ecológica. (Fuente: C. Romero).

Los modelos lineales no tienen por qué aplicarse al conjunto del periodo productivo. Así, es posible ceñirse a una etapa concreta en función de lo que interese más para cada trabajo. A continuación, se muestra un ejemplo de regresión por tramos (**Gráfico 2**).

Cabe destacar que, con la regresión por tramos, también se obtiene un ajuste muy bueno y que los modelos son acordes con la realidad observada en la granja puesto que, si bien las dos pendientes son negativas, en el caso de la meseta, el valor absoluto de la pendiente no es tan alto como lo es después en el último tramo de la curva de puesta.

Asimismo señalar que son muchos los trabajos que inciden en el hecho de que realmente son tres fases de puesta diferenciadas y no un único periodo (Buxadé y Ovejero, 2000).

MODELOS NO LINEALES

Los modelos no lineales representan una herramienta matemática un poco más compleja para los análisis de regresión y por tanto, para el ajuste de la curva de puesta. Tampoco en este caso, se puede decir que las referencias bibliográficas sean abundantes (Miyoshi y col., 1996; Narushin y Takma, 2003).

Estos son algunos de los modelos no lineales con aplicación potencial en la avicultura de puesta:

1º/ Modelo de Adams-Bell:

$$M_h = 100 \times \left(\frac{1}{1 + ab^t} - ct + d \right)$$

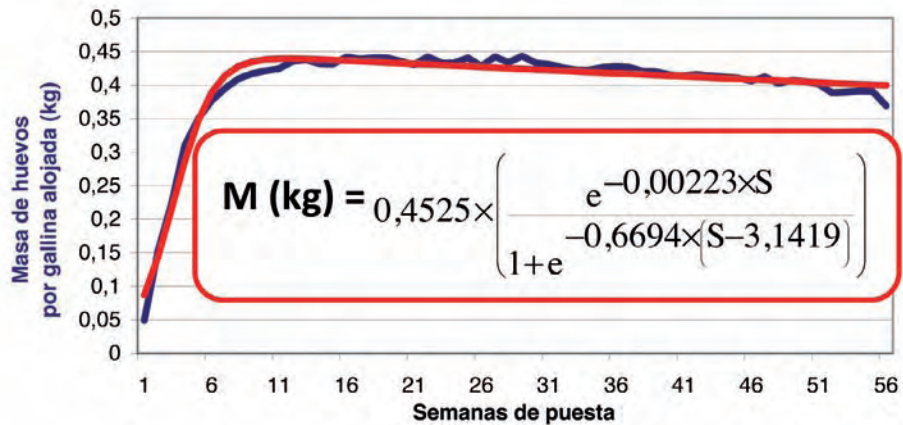
2º/ Modelo logístico-curvilíneo:

$$M_h = a \times \left(\frac{e^{-bt}}{1 + e^{-(c(t-d))}} \right)$$

3º/ Modelo compartimental:

$$M_h = ae^{-bt} \times (1 - e^{-(c(t-d))})$$

GRÁFICO 3 / Aplicación de un modelo no lineal a la curva de masa de huevo en una estirpe semipesada. (Fuente: elaboración propia).



4º/ Modelo de Lokhorst:

$$M_h = \frac{100}{1 + ab^t} - (c + dt + et^2)$$

Si bien antes se propuso el uso de los modelos lineales para el índice de puesta, ahora se pretende aplicar los modelos no lineales a la masa de huevo producida diariamente, por parecernos ésta una variable aún más completa puesto que aúna número de huevos producidos y masa de los mismos.

De la lista de modelos no lineales citados anteriormente, se ha tomado como ejemplo práctico el modelo logístico-curvilíneo que, por el método de Gauss-Newton, ha permitido obtener la ecuación de regresión para la masa de huevo.

La evolución de la masa de huevo producida por ave alojada (M, kg) a lo largo del periodo de puesta (semana, S) se rige por la ecuación del **Gráfico 3**.

Todos los análisis estadísticos de este trabajo han sido realizados con el programa SAS (1999).

CONCLUSIÓN

La curva de puesta de gallinas ponedoras se puede ajustar perfectamente a distintos modelos matemáticos, ya sea modelos sencillos (modelos lineales) o modelos más complejos (modelos no lineales). En resumen, este artículo divulga una amplia oferta de modelos matemáticos de interés para establecer la evolución de la producción de huevos en función de la edad de las aves en condiciones experimentales o de granja.

BIBLIOGRAFÍA

Anuario de Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2008. MARM.
 Buxadé C., Ovejero I. 2000. Fisiología y características de la puesta. En: La gallina ponedora. Eds. Mundi Prensa, Madrid, España, pp. 209-246.
 Faverdin P., Delagarde R., Delaby L., Meschy F. 2007. Alimentation des vaches laitières. En :

Alimentation des bovins, ovins et caprins. Tables INRA 2007. Éditions Quae, Versailles, Francia, pp. 23-56.

Hy-Line International. 2003. Hy-Line W-36 Commercial Management Guide. Hy-Line Int., West Des Moines, IA.

Hy-Line International. 2009. Hy-Line W-36 Commercial Management Guide. Hy-Line Int., West Des Moines, IA.

Miyoshi S., Minh Luc K., Kuchida K., Mitsumoto T. 1996. Application of non-linear models to egg production curves in chickens. Jpn. Poult. Sci. 33: 178-184.

Narushin V.G., Takma C. 2003. Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. Biosystems engineering 84 : 343-348.

Ross 308. 2007. Parent Stock Performance Objectives. Aviagen, Scotland, UK.

Ross 708. 2007. Parent Stock Performance Objectives. Aviagen, Scotland, UK.

SAS Institute. 1999. User's guide. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC.

Tactacan G.B., Guenter W., Lewis N.J., Rodríguez-Lecompte J.C., House J.D. 2009. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. Poult. Sci. 34: 235-234.

Van Horne P. 2007. Comparación de los sistemas de alojamiento para ponedoras. Selecciones Avícolas 1: 18-22.

// ESTOS MODELOS PUEDEN SER DE GRAN UTILIDAD PARA REALIZAR ESTUDIOS EXPERIMENTALES DE COMPARACIÓN DE ESTIRPES, RÉGIMENES ALIMENTICIOS Y/O ALOJAMIENTOS. EN GANADO VACUNO, SU USO ESTÁ MUY EXTENDIDO //