

Caracterización de las curvas de crecimiento biológico de la gallina Andaluza Azul, una raza local amenazada

Galán, I.¹; Arando, A.^{1,2}; González, A.^{1*}; Navas, F.J.^{1,3}; Salgado, J.I.¹; Díaz, E.¹; Peláez, M.P.¹; León, J.M.⁴; Delgado, J.V.¹; Camacho, M.E.³

¹ Departamento de genética. Universidad de Córdoba. Córdoba. España

² Animal Breeding Consulting S.L. Córdoba. España.

³ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Alameda del Obispo. Córdoba. España.

⁴ Diputación de Córdoba. Córdoba. España.

PALABRAS CLAVE

Modelos no lineales.
Parámetros de crecimiento.
Raza local.
Recursos genéticos animales.
Zootecnia.

ADDITIONAL KEYWORDS

Non-linear models.
Growth parameters.
Local breed.
Animal genetic resources.
Zootechnics.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 03.11.2021
Aceptado/Accepted: 10.07.2023
On-line: 15.07.2023
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
angoarvet@outlook.es

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación de las curvas de crecimiento de la raza aviar Andaluza Azul, raza que se encuentra en estado amenazado y tiene su censo concentrado en Andalucía. Aunque actualmente se cría generalmente como una raza ornamental, su producción puede ser considerada al desarrollar sistemas alternativos de producción, y el huevo, que es su producto principal, tiene características diferenciadas al compararlo con los comerciales. Para el análisis de los datos de crecimiento se ajustaron modelos de Gompertz, Von Bertalanffy, Brody, Verhulst y logístico, basándose en cinco criterios de bondad de ajuste y flexibilidad: cuadrado medio del error, Pseudo-R², criterio de información de Akaike, criterio de información de Akaike corregido y criterio de información bayesiano. Para las hembras, la función que mejor ajustó fue la de Gompertz, mientras que Von Bertalanffy fue el modelo de mejor ajuste para los machos. Los valores para los parámetros a (peso adulto), b (constante) y k (pendiente) o m (determinación del punto de inflexión) se obtuvieron al ajustar estos modelos según el sexo. Se obtuvieron valores de 1861,96 y 3000,81 g para el parámetro a, para gallinas y gallos, respectivamente. Los valores de b fueron 4,240 y 0,865 para hembras y machos, respectivamente, mientras que los valores de k fueron 0,021 (hembras) y 0,013 (machos), lo que indica que la raza Andaluza Azul tiene valores muy similares a otras razas mediterráneas que fueron inicialmente seleccionadas para la producción de huevos y que se han criado tradicionalmente en sistemas extensivos.

Characterization of the biological growth curves of Blue Andalusian avian breed, a native endangered breed

SUMMARY

The aim of the present study was to carry out an evaluation on the growth curves in the Blue Andalusian avian breed, which is endangered, and has its population concentrated in Andalusia. Although it has currently raised as an ornamental breed, its production can be considered when developing alternative production systems, and the egg, which is the main product, has differential characteristics when is compared with commercial ones. For the analysis of the growth data, Gompertz, Von Bertalanffy, Brody, Verhulst and logistic models were fitted, based on the 5 goodness-of-fit and flexibility criteria: median square error, Pseudo-R², Akaike information criterion, corrected Akaike information criterion and Bayesian information criterion. For females, the best fitting model was the Gompertz model, while Von Bertalanffy was the best fitting model for males. Values for parameters a (adult weight), b (constant) and k (growth rate) or m (determination of inflection point) were obtained when fitting these models according to sex. Values of 1861,96 and 3000,81 g were obtained for a parameter, for hens and roosters, respectively. b values were 4,240 and 0,865 for females and males, respectively, while k values were 0,021 (females) and 0,013 (males), that indicates that Blue Andalusian breed has very similar values to other Mediterranean breeds that were initially selected for egg production and have traditionally been raised in extensive systems.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, cada vez más, se observa un incremento en el interés del consumidor por un producto

que sea sostenible, a la par que seguro y de calidad organoléptica diferenciada. La preocupación por la conservación del medioambiente, así como por el bienestar de las especies ganaderas provocan el crecimiento de la

demanda de dichos productos (González Ariza *et al.*, 2019). La ganadería ecológica y extensiva debe basarse en razas autóctonas y locales, de manera que se preserven los recursos naturales y se conserve la genética de la biodiversidad regional. En avicultura ecológica hay que tener en cuenta las razas de gallinas utilizadas para la producción: han de ser animales adaptados al medio, capaces de utilizar los recursos de manera eficiente y de ser rentables económicamente (Soisontes, 2017).

La raza aviar Andaluza Azul tiene su origen en Andalucía. Su nombre se desarrolla, por tanto, a partir de su región de origen y por el color de sus plumas: el color azul del plumaje se consigue al cruzar aves con plumaje de color blanco sucio con aves de color negro, expresando la descendencia el plumaje gris característico de esta gallina. En cada una de las plumas, sin embargo, se puede apreciar un ribete negro que contrasta con la tonalidad de la zona central. Se trata un animal con gran rusticidad y de talla mediana, tronco delgado y orejillas blancas, propias del tronco mediterráneo al que pertenece. Aunque es considerada como raza ornamental, presenta un nivel de puesta de unos 165 huevos al año, de entre 70 y 80 gramos de peso y de cáscara blanca, por lo que podría adaptarse a sistemas de producción pequeños y semi extensivos, en explotaciones familiares (MAPA, 2021).

Actualmente su censo se encuentra focalizado, sobre todo, en la campiña sevillana y cordobesa, aunque se pueden encontrar ciertos núcleos en Huelva y Cádiz. Es una raza autóctona amenazada (Orden APA/53/2007 de 13 de enero), descrita en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (Real Decreto 45/2019, Anexo I). En la actualidad, solamente hay recogidos 136 animales en su libro genealógico (MAPA, 2021). Es por ello por lo que es necesaria la caracterización de sus productos (huevos y carne). Uno de los aspectos básicos en la producción de carne de pollo es la curva de crecimiento que experimentan los individuos y que determina cuando es rentable el sacrificio del animal (Kaplan & Gürcan, 2018).

El crecimiento de los animales consiste en el aumento de peso hasta alcanzar la edad adulta. La realización de una curva de crecimiento se basa en describir la variación del peso vivo a lo largo del tiempo a partir del uso de parámetros matemáticos que son interpretables desde un punto de vista biológico (Aggrey, 2002). Esta curva adquiere una forma sigmoidea, en la que en la primera fase se observa un crecimiento más rápido con un aumento de peso mayor. A continuación, se puede apreciar un cambio en la dirección de la curvatura, denominado punto de inflexión, que corresponde con el momento de mayor crecimiento. A partir de este, los crecimientos disminuyen y la tasa de crecimiento es más lenta (González Ariza *et al.*, 2019b; Gómez Cuello *et al.*, 2018). El objetivo principal de la cría de la gallina Andaluza Azul es la producción de huevos de calidad diferenciada. Sin embargo, al nacimiento, se obtienen un 50% de animales machos en cada lote, por lo que se crea la necesidad de aprovechar a estos animales para la producción de carne. Así, se deben caracterizar y definir las cualidades y calidad del crecimiento, de manera que se determinen los rendimientos y poder optimizar las producciones.

Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar los modelos de curva de crecimiento no lineales que mejor se ajustan al crecimiento de la raza Andaluza Azul, así como para la caracterización de su curva biológica, al mismo tiempo que se evalúa la relación entre el peso corporal y la edad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la caracterización del crecimiento de la raza Andaluza Azul, se realizaron pesadas de un total de 77 animales (35 hembras y 42 machos). Estos nacieron en el primer semestre de 2019 y se criaron en condiciones de cría camperas en las instalaciones del Centro Agropecuario Provincial de Diputación de Córdoba.

Los lotes de animales se distribuyeron por lotes de incubación según edades, y se recogieron un total de 896 observaciones. Los animales disponían de agua y alimento *ad libitum* durante todas las fases de cría. Durante el primer mes de vida se utilizó un pienso comercial de iniciación, desde el primer mes hasta alcanzar el peso adulto se alimentaron con un pienso comercial de crecimiento en migajas, mientras que tras alcanzar el peso adulto se utilizó un pienso comercial para gallinas ponedoras (Tabla I). Los pollos se ubicaron en diferentes salas de recría con calefactores eléctricos en cada sala, disponiendo de salida al exterior a partir de los 2 meses de edad.

El estudio sigue las directrices descritas en la Declaración de Helsinki. Los protocolos aplicados fueron permitidos por la normativa de la Unión Europea (2010/63/EU) en su transposición al Real Decreto 53/2013 y su entidad acreditada (Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de Córdoba).

Las pesadas se realizaron en el día de nacimiento y semanalmente durante el primer mes de vida, cada 14 días entre los 1-3 meses y cada 30 días a partir de los 3 meses. La decisión de separar gradualmente las pesadas se llevó a cabo debido a que la pendiente de la curva de crecimiento en los animales es cada vez menor (Gous *et al.*, 2019). Para la realización de las pesadas se utilizó una balanza electrónica (Cobos, CSB-600C, Barcelona, España) para los animales que pesaban menos de 600 g, mientras que para los anima-

Tabla I. Composición química del alimento comercial usado para alimentar los diferentes lotes de pollos en el estudio (Chemical composition of the commercial feed used to feed the different batches of chickens in the study).

Composición química (%)	0-4	4-32	>32
	semanas	semanas	semanas
Proteína bruta	20.50	18.00	15.70
Grasas brutas y aceites	2.10	3.00	4.60
Fibra bruta	2.80	3.00	3.20
Cenizas brutas	6.30	5.70	14.00
Calcio	0.90	1.00	4.10
Fósforo	0.69	0.50	0.46
Sodio	0.15	0.18	0.19
Metionina	0.48	0.32	0.31
Lisina	1.13	0.90	0.72

les que superaban este peso se utilizaba una balanza electrónica suspendida (PCE-HS 50N, PCE Ibérica S.L., Albacete, España).

El tratamiento estadístico de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 25.0. Para el estudio de los datos de crecimiento según sexos, se utilizaron los modelos de Gompertz, Von Bertalanffy, Brody, Verhulst y logístico (Tabla II, González Ariza *et al.*, 2021). En estos modelos existen varios parámetros fundamentales. El parámetro *a* está definido como el valor asintótico de la función cuando el tiempo tiende al infinito. Este valor representa el peso del animal a la edad adulta, sin tener en cuenta modelos de fluctuación debido a efectos genéticos y ambientales. El parámetro *b* permite el cálculo de la edad de inflexión. El parámetro *k* representa la tasa relativa de crecimiento (tasa de crecimiento exponencial); por tanto, unos valores elevados de *k* indican animales con maduración precoz, es decir, que tienden a alcanzar rápidamente su peso a la madurez, mientras que valores bajos de *k* indican animales con madurez tardía o que tienden a alcanzar su peso a la madurez más lentamente. Por último, el parámetro *m* da la forma a la curva de crecimiento, determinando así su punto de inflexión, en el cual se inicia la fase de auto desaceleración hasta que llega el tamaño adulto (Lupi *et al.*, 2015).

Para la elección de los modelos de mejor ajuste para cada sexo se utilizó:

1. El mayor valor de pseudo-R², que determina el valor del ajuste del modelo usado. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Pseudo - R^2 = 1 - \frac{SCResidual}{SCtTotal_{correctado}}$$

donde SC: suma de cuadrados.

2. El menor cuadrado medio del error (CME), como medida que incluye la variabilidad de los factores no considerados por el autor.

3. El menor valor del criterio de información de Akaike (AIC): esta herramienta considera los cambios en la calidad de ajuste y el número de parámetros entre modelos:

$$AIC = N * \ln\left(\frac{SCResidual}{N}\right) + 2K$$

donde N: número de observaciones; SC: suma de cuadrados; K: número de parámetros.

4. El menor valor del criterio de información de Akaike corregido (AICc), como un método más preciso cuando tenemos un número de observaciones reducido o cuando se utilizan modelos con un gran número de parámetros:

$$AICc = AIC + 2K * \frac{K + 1}{N(N + 1)}$$

donde N: número de observaciones; K: número de parámetros.

5. El menor valor del criterio de información Bayesiano (BIC), que se utiliza como un criterio de selección de orden de modelos:

$$BIC = N * \ln\left(\frac{SCResidual}{N}\right) + K * \ln(N)$$

donde N: número de observaciones; SC: suma de cuadrados; K: número de parámetros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todos los modelos de crecimiento estudiados, el que presenta los mejores valores de ajuste para las hembras es el modelo Gompertz, mientras que el que mejor ajusta para los datos recogidos en las pesadas de los machos es el modelo de Von Bertalanffy (Tabla III).

Tabla II. Fórmulas matemáticas de los modelos de crecimiento y los parámetros biológicos (Mathematical formulas of growth models and biological parameters).

	Expresión matemática	Peso de inflexión	Edad de inflexión	Tasa de crecimiento	Edad hasta la madurez (y≈a)	Grado de madurez
Brody	$y=a*(1-b*\exp(-k*t))$	-	-	$v_c = ka \left(1 - \frac{y}{a}\right)$	$-\frac{\ln\left(\frac{a-y}{ba}\right)}{k}$	
Von Bertalanffy	$y=a*(1-b*\exp(-k*t))^{*3}$	$y_i = \frac{8a}{27}$	$t_i = \frac{\ln(3b)}{k}$	$v_c = 3ky \left[\left(\frac{a}{y}\right)^{1/3} - 1\right]$	$\frac{\ln\left(\frac{1 - \sqrt[3]{\frac{y}{a}}}{b}\right)}{k}$	
Verhulst	$y=a/(1+b*\exp(-k*t))$	$y_i = \frac{a}{2}$	$t_i = \frac{\ln(b)}{k}$	$v_c = ky \left(1 - \frac{y}{a}\right)$	$-\frac{\ln\left(\frac{a-y}{y*b}\right)}{k}$	$u = \frac{y}{a}$
Logístico	$y=a*(1+\exp(-k*t))^{*-m}$	$y_i = \frac{a}{2}$	$t_i = \frac{-\ln(2^{1/m} - 1)}{k}$	$v_c = mk \frac{y_c}{2} \left(\frac{e^{-kt}}{1 + e^{-kt}}\right)$	$-\frac{\ln\left[\left(\frac{a}{y}\right)^{1/m} - 1\right]}{k}$	
Gompertz	$y=a*\exp(-b*\exp(-k*t))$	$y_i = \frac{a}{e}$	$t_i = \frac{\ln(b)}{k}$	$v_c = ky \ln\left(\frac{a}{y}\right)$	$\frac{\ln\left(\frac{\ln\left(\frac{y}{a}\right)}{-b}\right)}{k}$	

y = peso, en g, a la edad t; t = edad en días; a, b, k and m = parámetros.

Tabla III. Criterios de bondad ajuste y flexibilidad para el modelo de mejor ajuste en ambos sexos para la raza Andaluza Azul (Criteria of goodness fit and flexibility for the model of best fit in both sexes for the Andalusian Blue breed).

Sexo	Modelo	Pseudo-R ²	CME	AIC	AICc	BIC
Hembras	Brody	0,9574	2181208,64	4121,09	4145,15	4133,26
	Von Bertalanffy	0,9732	1374418,69	3923,88	3947,94	3936,05
	Verhulst	0,9701	1532653,19	3970,41	3994,47	3982,58
	Logístico	0,9739	1338638,35	3912,62	3936,68	3924,79
	Gompertz	0,9741	1329186,48	3909,59	3933,65	3921,76
Machos	Brody			No converge		
	Von Bertalanffy	0,9715	2903139,55	4615,95	4640,00	4628,40
	Verhulst	0,9656	3499123,86	4703,52	4727,57	4715,97
	Logístico	0,9707	2984860,95	4628,97	4653,02	4641,42
	Gompertz	0,9713	2924138,07	4619,33	4643,38	4631,78

La Andaluza Azul es una raza de crecimiento lento, caracterizada por un claro dimorfismo sexual que se hace evidente a partir de los 50 días de vida (Figura 1). Se puede definir como una raza ligera debido a su temprana edad de inflexión en la curva de crecimiento, su alta precocidad y el bajo peso a la madurez de los individuos, sobre todo cuando es comparada con otras razas aviares.

Además, se estimó la edad de inflexión para ambos sexos a partir de los parámetros *b* y *k* (Tabla IV). Las hembras la alcanzan alrededor de los 69 días de edad, mientras que los machos lo hacen más tarde, aproximadamente, a los 73 días. Esto indica una mayor precocidad en las hembras, es decir, que alcanzan el peso a la madurez de forma más temprana que los machos. Por tanto, estos resultados concuerdan con los expuestos por otros autores que indican que los animales más pesados y de mayor formato son menos precoces que los más ligeros y pequeños (Bathaei & Leroy, 1998).

Teniendo en cuenta otras razas españolas, González Ariza *et al.* (2021) observaron pesos muy similares (2560,30 y 1979,00 g para machos y hembras, respectivamente) a los de este análisis cuando se trabajaron con gallinas de raza Utrerana, autóctona de Andalucía y con un tronco filogenético común con la Andaluza Azul. Además, también se observó que el modelo de Von Bertalanffy fue el que mejor ajustaba tanto para machos como para hembras en la gallina Utrerana. Asimismo, Miguel *et al.* (2009) estudiaron el crecimiento en la raza Castellana Negra con un sistema de cría en libertad. Los pesos a la madurez alcanzados por los machos fueron de 2653 g. De igual manera, el peso de inflexión se determinó a los 898'14 gramos de peso. Así, la gallina Castellana Negra, del tronco mediterráneo y que también se ha seleccionado históricamente por su aptitud hacia la puesta presenta valores que se asemejan en gran medida a los obtenidos en el presente estudio para la Andaluza Azul. Todo esto, unido a la cercanía geográfica que poseen estas tres razas (Andaluza Azul, Utrerana y Castellana Negra),

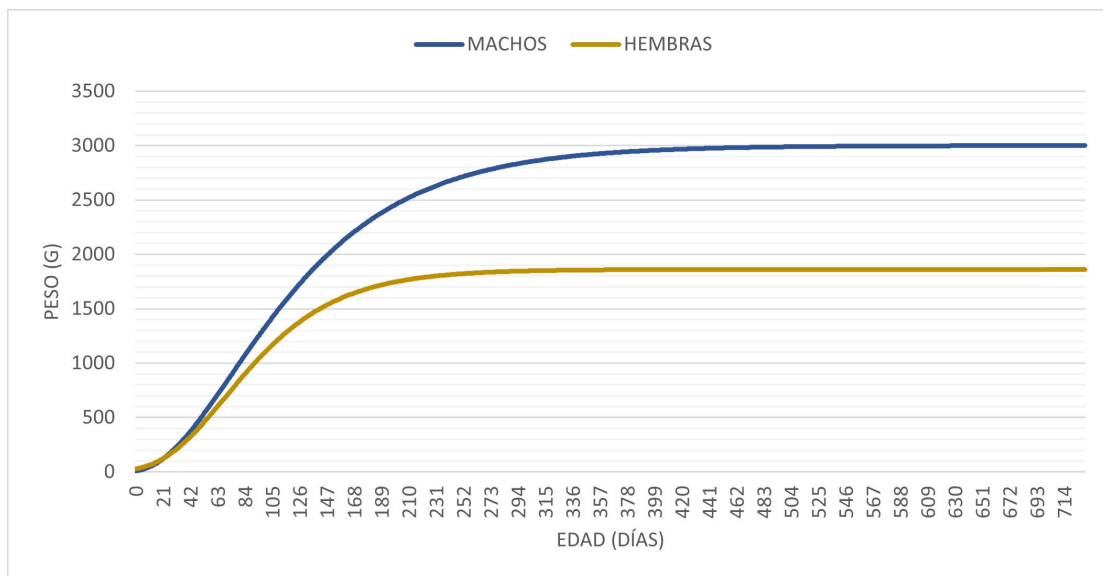


Figura 1. Representación gráfica de las curvas de crecimiento por sexos de la raza Andaluza Azul (Graphical representation of the growth curves by sex of the Blue Andalusian avian breed).

Tabla IV. Parámetros estimados para el modelo de mejor ajuste en ambos sexos para la raza Andaluza Azul (Estimated parameters for the model of best fit in both sexes for the Andalusian Blue breed).

Sexo	Modelo	a (e.e.)	k (e.e.)	b/m (e.e.)
Hembras	Brody	5137,71	0,002	1,017
	Von Bertalanffy	2005,51	0,016	0,86
	Verhulst	1686,92	0,038	22,20
	Logístico	1811,04	0,024	5,61
	Gompertz	1861,96	0,021	4,24
Machos	Brody	No converge		
	Von Bertalanffy	3000,81	0,013	0,87
	Verhulst	2366,04	0,036	26,23
	Logístico	2623,15	0,022	5,88
	Gompertz	2732,95	0,019	4,41

H: hembra; M: macho; e.e.: error estándar.

fortalece la teoría de que todas pertenecen a un origen genético común (Orozco, 1989)

Francesch (1998) realizó un estudio del crecimiento de razas autóctonas en la comunidad de Cataluña con el objetivo de la conservación de estas y el descubrimiento de un producto diferenciado. Observó, tras la aplicación de un programa de selección, que los animales a las veinte semanas (140 días) mostraban unos pesos de 2840, 2660 y 2675 gramos para las razas Empordanesa Roja, Prat Leonada y Penedesenca Roja, respectivamente. Estos valores son superiores a los obtenidos con la raza Andaluza Azul, en los que se determinan pesos de 1907 y 1448 gramos en machos y hembras para esa misma edad, respectivamente.

Por otra parte, Cajal *et al.*, (2014), en su análisis sobre la caracterización productiva de la gallina Sorbarbe, cuyo uso principal es la puesta, observaron que las pollitas alcanzaban su peso adulto al llegar a las 52 semanas, con unos 1700 gramos de peso. Este dato se asemeja más a los obtenidos de la gallina Andaluza Azul, también ligera y con aptitud de puesta. Villalba *et al.* (2007), en sus estudios con la gallina de raza Menorca, observaron que el crecimiento se hallaba dentro del marco de otras razas autóctonas con orientación hacia la producción de huevos. A la semana 72, las hembras mostraban un peso de 2204 gramos, mientras que los machos ascendían a los 2831 gramos de peso, ambos sexos a las 72 semanas. La edad en el punto de inflexión para machos y hembras se encontró a los 64 y a los 67 días, respectivamente. Sin embargo, en este análisis, la curva de crecimiento se ajustó a una función de Richards. Estos datos sugieren que la gallina de raza Menorca presenta unos índices de crecimiento similares que la Andaluza Azul, siendo también una raza de crecimiento lento, pero con margen de mejora si se cuida su selección.

Comparando el crecimiento de otras razas autóctonas españolas, como es el caso del gallo de Mos en Galicia, con razas comerciales como la Sasso T-44, Rois *et al.* (2011) determinaron que el peso de los animales a las 12 semanas era de 1921 gramos para los animales de raza de Mos criados en invierno y de 1985 gramos para los que crecían en primavera, a diferencia de pesos de 2756 y 2861 gramos en animales de raza Sasso T-44. Los gallos de raza Mos han sido seleccionados para la producción de una carne de calidad diferenciada ligada a producciones alternativas (Lorenzo *et al.*, 2011), por lo que podría entenderse que los pesos a la madurez en estos animales sean superiores a los de la raza Andaluza Azul.

Los parámetros *k* predichos en el presente estudio concuerdan con los de otros autores que utilizaron el modelo de Von Bertalanffy en pollos de crecimiento lento y en pollos criollos (Narinc *et al.*, 2010; Mata-Estrada *et al.*, 2020). Aun así, estos son ligeramente más bajos en comparación con las razas locales o genotipos de crecimiento lento, cuando se utilizan los modelos logístico y Gompertz, respectivamente (Rizzi *et al.*, 2013; Aksoy *et al.*, 2021). Por otro lado, Topal y Bolukbasi (2008) obtuvieron valores de *k* mucho más altos en pollos de crecimiento rápido utilizando el modelo de Von Bertalanffy. Esto indica que el crecimiento relativo podría ser más lento en las razas nativas que en las líneas de rápido crecimiento debido a la menor selección productiva y las condiciones ambientales de estas razas.

Con respecto a los modelos que mejor describen el crecimiento en aves de corral, algunos autores sugirieron que el modelo Von Bertalanffy era el modelo que mejor se ajustaba a la curva de crecimiento en razas locales (Yang *et al.*, 2006; Mata-Estrada *et al.*, 2020). Por el contrario, Atil *et al.* (2007) sugirió que el modelo logístico reporta el mejor ajuste en pollos de engorde en comparación con los modelos de Von Bertalanffy y Gompertz. En cualquier caso, los resultados obtenidos en el presente trabajo también concuerdan con los reportados por Narinç *et al.* (2017), ya que informaron que Gompertz era un modelo adecuado para ajustarse a la curva de crecimiento en pollos de crecimiento lento.

CONCLUSIONES

Los modelos de crecimiento no lineal utilizados en este estudio son adecuados para describir el crecimiento biológico de la raza Andaluza Azul, destacándose los modelos Gompertz y Von Bertalanffy como los modelos de mejor ajuste en los diferentes sexos de esta raza, de acuerdo con los criterios de bondad de ajuste y flexibilidad. Las curvas de crecimiento de Andaluza Azul son muy similares al resto de razas ligeras, con un claro dimorfismo sexual, por lo que los machos de esta raza podrían ser rentables desde el punto de vista de la producción de carne. Los resultados obtenidos pueden ser útiles para tomar decisiones zootécnicas como determinar la edad de sacrificio, los requerimientos nutricionales y controlar el estado de salud del lote y pueden apoyar el programa de cría de esta raza ame-

nazada. De cualquier modo, se necesitan más estudios para estimar los parámetros genéticos de la curva de crecimiento de esta raza y hacer una selección genética de individuos basada en características de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aggrey, S. E. 2002. Comparison of Three Nonlinear and Spline Regression Models for Describing Chicken Growth Curves. *Poultry Science*, vol. 81, no. 1, pp. 1782-8.
- Aksoy, T., Çurek, D. I., Narinç, D. & Önenç, A. 2021. Effects of season, genotype, and rearing system on broiler chickens raised in different semi-intensive systems: performance, mortality, and slaughter results. *Tropical Animal Health and Production*, vol. 53, no. 1, pp. 1-11.
- Atil, H., Grossman, M. & Takma, Ç. 2007. Comparison of growth curve models on average and individual body weights in chickens. *Archiv Fur Geflugelkunde*, vol. 71, no. 1, pp. 1-5.
- Cajal, J. R. & Francesch, A. 2014. Productive characterization of Sobrarbe hen. *Archivos de Zootecnia*, vol. 63, no. 241, pp. 211-4.
- Bathaei S. S. & Leroy, P. L. 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, vol. 29, no. 3, pp. 261-269.
- Francesch, A. 1998. Running of the local poultry breeds conservation in Catalonia. *Archivos de Zootecnia*, vol. 47, no. 178, pp. 141-8.
- Gómez Cuello, J. E., Fraga Benítez, L. M., Pedraza, R. M., Vázquez Montes De Oca, R. & Valdiviév Navarro, M. 2018. Uso de modelos no lineales para el crecimiento, desarrollo y postura de gallinas White Leghorn L33 con relación a indicadores económicos. *Revista de Producción Animal*, vol. 30, no. 1, pp. 30-8.
- González Ariza, A., Navas González, F. J., Arando Arbulu, A., León Jurado, J. M., Barba Capote, C. J. & Camacho Vallejo, M. E. 2019a. Non-parametrical canonical analysis of quality-related characteristics of eggs of different varieties of native hens compared to laying lineage. *Animals*, vol. 9, no. 4, pp. 153.
- González Ariza, A., Nogales Baena, S., Lupi, T. M., Arando Arbulu, A., Navas González, F. J., León Jurado, J. M., Delgado Bermejo, J. V. & Camacho Vallejo, M. E. 2021. Characterisation of biological growth curves of different varieties of an endangered native hen breed kept under free range conditions. *Italian Journal of Animal Science*, vol. 20, no. 1, pp. 806-13.
- González Ariza, A., Nogales, S., Navas González, F. J., Delgado, J. V., León, J. M., Barba, C. J., Arando, A. & Camacho Vallejo, M. E. 2019b. Preliminary study of the characterization of the growth of the Utrerana avian breed. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, vol. 14, no. 1, pp. 14-20.
- Gous, R. M., Fisher, C., Tümová, E., Machander, V., Chodová, D., Vlčková, J., Uhlířová, L. & Ketta, M. 2019. The growth of Turkeys 1. Growth of the body and feathers and the chemical composition of growth. *British Poultry Science*, vol. 60, no. 5, pp. 539-47.
- Kaplan, S. & Gürçan, E. K. 2018. Comparison of growth curves using non-linear regression function in Japanese quail. *Journal of Applied Animal Research*, vol. 46, no. 1, pp. 112-7.
- Lorenzo, J. M., Rois, D., Purriños, L., Rivero, C. J., Fernández, M. & Franco, D. 2011. Effect of breed (Mos vs. Sasso T-44) on nutritional characteristics of cocks from livestock production system. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, vol. 1, no. 1, pp. 218-21.
- Lupi, T. M., Nogales, S., León, J. M., Barba, C. & Delgado, J. V. 2015. Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. *Animal*, vol. 9 no. 8, pp. 1341-8.
- MAPA. 2021. Andaluza Azul. Disponible online: <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/aviar/andaluza-azul/default.aspx> (acceso en 25/10/2021).
- Mata-Estrada, A., González-Cerón, F., Pro-Martínez, A., Torres-Hernández, G., Bautista-Ortega, J., Becerril-Pérez, C. M., Vargas-Galicia, A. J. & Sosa-Montes, E. 2020. Comparison of four nonlinear growth models in Creole chickens of Mexico. *Poultry Science*, vol. 99, no. 4, pp. 1995-2000.
- Miguel J. A., Asenjo, B., Ciria, J. & Calvo, J. L. 2009. Growth modelling in three chicken genetics types and a commercial line sasso. Effect of the type of housing. *Información Técnica Económica Agraria*, vol. 105, no. 1, pp. 7-16.
- Narinç, D., Aksoy, T., Karaman, E. & Cüreç, D. 2010. Analysis of fitting growth models in medium growing chicken raised indoor system. *Trends in Animal & Veterinary Sciences Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 12-8.
- Narinç, D., Narinç, N. Ö. & Aygün, A. 2017. Growth curve analyses in poultry science. *World's Poultry Science Journal*, vol. 73, no. 2, pp. 395-408.
- Orozco, F. 1989. Razas de Gallinas Españolas. Madrid, Spain: S.A. Mundi-Prensa Libros; pp. 111-23.
- Rizzi, C., Contiero, B., & Cassandro, M. 2013. Growth patterns of Italian local chicken populations. *Poultry Science*, vol. 92, no. 1, pp. 2226-35.
- Rois, D., Rivero, C. J., Fernández, M., Justo, J. R., López, C., Lorenzo, J. M., Lama, J. J., García-Fontán, M. C., Franco, D., Arias, A., Feijóo, J. & Adán, S. 2011. Crecimiento de pollos Mos en diferentes estaciones del año: comparación con una estirpe industrial. *Archivos de Zootecnia*, vol. 60, no. 231, pp. 329-32.
- Soisontes, S. 2017. Concerns about sustainability in the poultry industry: a comparative Delphi study in Germany and Thailand. *World's Poultry Science Journal*, vol. 73, no. 4, pp. 886-903.
- Topal, M. & Bolukbasi, S. Ç. 2008. Comparison of nonlinear growth curve models in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, vol. 34, no. 2, pp. 149-52.
- Villalba, D., Francesch, A., Pons, A., Bustamante, J., Espadas, M. & Cubiló D. 2007. Growth and lay results obtained from a Menorca breed population. *Archivos de Zootecnia*, vol. 56, no. 1, pp. 545-50.
- Yang, Y., Mekki, D., Liv, S., Wang, L. Y., Yu, J. H. & Wang, J. Y. 2006. Analysis of fitting growth models in Jinghai mixed-sex yellow chicken. *International Journal of Poultry Science*, vol. 5, no. 1, pp. 517-21.