

Estudio del crecimiento de gallinas ponedoras de 18 hasta 60 semanas de edad criadas en jaulas enriquecidas sometidas a diferentes intensidades de iluminación. 1. Curva de Crecimiento

A. L. DOS SANTOS^{1*}, A. CALLEJO², N. NÚÑEZ ², M. L. SANTANA JR¹, C. BUXADE²

¹Instituto de Ciencias Agrícolas y Tecnológico, UFMT, MT, Brasil, ²Dpto. Producción Animal, U.P.M., E.T.S.I. Agrónomos, C. Universitaria, s/n, 28040 Madrid, España.

E-mail: andrealfia@ufmt.br

El objetivo del estudio fue comparar el peso corporal adulto de gallinas ponedoras alojadas en jaulas enriquecidas y sometidas a diferentes intensidades de iluminación de acuerdo con el esquema factorial 2x3: iluminación del pasillo (lateral y central) *versus* iluminación del piso (bajo, intermedio y alto), evaluado en el periodo de 18 hasta 60 semanas de edad de acuerdo con el modelo no lineal de Gompertz. Las gallinas fueron alojadas en dos baterías de 3 pisos, con dos filas por piso y cinco jaulas por fila (25 aves/jaula), con un total de 1.500 gallinas. Dichas jaulas cumplen la Directiva CE 1999/74. Se pesaron 10 gallinas de cada jaula, identificadas con anillas de color diferente, a la edad de 18, 20, 24, 28, 32, 36, 44, 52 y 60 semanas. Para el ajuste de los parámetros B y C del modelo de Gompertz se utilizó el peso medio de las pollitas hasta la 17ª semana edad, pues tuvimos como objetivo mantener dichos parámetros B y C de la curva de Gompertz para todos los tratamientos, ya que el fin del estudio fue evaluar la influencia de la intensidad luminosa en el peso adulto de las gallinas, es decir, el crecimiento después del punto de inflexión de la curva. El modelo de Gompertz responde a la ecuación $W = A / [1 + e^{-B(C-t)}]$, donde A es el peso adulto, B es una constante de integración en relación con el peso inicial de la gallina y sin interpretación biológica bien definida, C se interpreta como la tasa de madurez, un indicador de la velocidad con la que la gallina se aproxima a su peso adulto, y t es la edad (en semanas). Se adoptó la siguiente hipótesis nula, H0: A1=A2=A3=A4=A5=A6. Se realizó el test de igualdad del peso adulto de acuerdo con la aproximación obtenida según el test chi-cuadrado ($p < 0,01$). Los parámetros A, B y C se estimaron con el modelo irrestricto (Ω) y modelos restricto: Ω_1 , Ω_2 , Ω_3 , Ω_4 , Ω_5 , Ω_6 y Ω_7 . El mayor peso adulto fue A=2,051, pero con la menor tasa a la madurez C=0,163 se obtuvo en las gallinas alojadas en el pasillo central y en el piso bajo con la intensidad luminosa de 39,48 lux medio. Las gallinas presentaron un crecimiento más divergente pero con mayor peso a la madurez. El valor de la estadística de chi-cuadrado fue 69,98, lo que supone rechazar la hipótesis H0 ($P < 0,01$). Es decir, en este estudio un mismo peso adulto no debe ser usado para describir el crecimiento de las gallinas en las diferentes posiciones de la jaulas enriquecidas pues las diferentes intensidades de luz presentes en la nave influyó en este peso adulto, considerando los mismos parámetros B y C en las curvas de crecimiento evaluadas en ese estudio.

Palabras claves: crecimiento en la madurez; intensidad de la luz; ponedoras

The aim of the study was to compare body weight adult laying hens in enriched cages under different illumination intensities according to the factorial scheme 2x3: corridor lighting (side and central) versus floor lighting (low, intermediate and high) evaluated in the period 18 to 60 weeks of age according to the Gompertz nonlinear. The hens were housed in two batteries of 3 floors, each

floor with two rows five cages per row (25 birds / cage), with a total of 1,500 hens. These cages meet the EC Directive 1999/74. 10 hens per cage, identified with different colored rings, at age 18, 20, 24, 28, 32, 36, 44, 52 and 60 weeks were weighed. To adjust the parameters B and C of the Gompertz model the average weight of the chicks was used until 17 weeks old, as we aimed to keep these B and C parameters of the Gompertz curve for all treatments, since the This study aimed to evaluate the influence of the light intensity in the adult body weight of the chickens, i.e. the growth after the point of inflection of the curve. Gompertz model corresponds to the equation $y = \frac{A}{1 + e^{-B(t-C)}}$ where A is the adult weight, B is an integration constant in relation to the initial weight of hen without well-defined biological interpretation, C is interpreted as the rate of maturity, an indicator of the speed which the hen approaches its adult weight, and t is the age (weeks). The following null hypothesis was adopted H0: A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6. The test for better adult weight according to the approximation obtained according to the chi-square test (p <0.01) was performed. The parameters A, B and C were estimated with the unrestricted model (Ω) and restricted models: $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \Omega_4, \Omega_5, \Omega_6$ and Ω_7 the highest adult weight was A = 2.051, but with the lowest rate to maturity C = 0.163 was obtained in hens housed in the central hall on the ground floor and the average light intensity of 39.48 lux. The value of the chi-square statistic was 69.98, representing reject hypothesis H0 (P <0.01). That is, in this study the same adult weight should not be used to describe the growth of chickens in the different positions of enriched cages for different light intensities present in the ship influenced this adult weight, given the same parameters B and C in the growth curves evaluated in that study.

Keywords: growth in maturity; light intensity; laying hens

Introducción

El crecimiento de los animales es muy complejo y de gran importancia para la producción animal. En el sentido biológico, el crecimiento se define como el aumento en el tamaño de un sistema que mantiene continua (Hafez y Dyer, 1972). Según Knízetová et al. (1985), las curvas de crecimiento expresan la capacidad genética del organismo a crecer de acuerdo con el tiempo y en la dependencia de factores ambientales. La construcción de la curva de crecimiento se hace utilizando las medidas del tamaño como el peso, la longitud, o altura y edad en relación a la unidad de tiempo (días, semanas, meses). Cuando se dispone de un conjunto completo de medidas para cada individuo en cada edad, es decir, la etapa de desarrollo, el investigador debe proceder de acuerdo con la técnica adecuada para el análisis del tipo de datos longitudinal (Fitzhugh y Taylor, 1976). Las funciones de crecimiento se encuentran en una serie de puntos, fijado por las coordenadas de peso y tiempo y se pueden resumir en unos pocos parámetros biológicamente interpretables. Estos datos proporcionan estimaciones de la tasa de crecimiento y peso a la madurez (Laird et. al, 1965) en el que uno puede hacer una comparación más objetiva de la eficiencia de crecimiento de las especies, razas, líneas e híbridos comerciales (Knízetová et al., 1991). El crecimiento del ave puede ser discutido de una forma sencilla como una función del peso corporal relacionada con la edad, expresada por: $W = f(t)$, donde W = peso y t = tiempo. Sin embargo, Knízetová et al. (1991) describieron un fenómeno más complejo determinando el crecimiento tanto por factores genéticos como ambientales. Animales de sangre caliente por lo general tienen las curvas de crecimiento sigmoideo, es decir, la primera parte de forma cóncava con un ritmo de crecimiento acelerado y un mayor aumento de peso. En las aves, la fase cóncava se extiende durante un período considerable después de la eclosión. Cuanto más cóncava o más larga es la curva, mayor será la eficiencia de la alimentación de animales de acuerdo con el peso corporal (KessleR et. al, 2000). El ajuste del modelo adecuado de la curva de crecimiento de los animales es el primer paso en la predicción de los requisitos nutricionales de los diferentes genotipos, lo que permite la inserción de programas de mejoramiento genético (Gous et al., 1999). Cuando se

dispone de un conjunto completo de medidas para cada individuo en cada edad es posible proponer modelos para análisis y así describir este conjunto de medidas. Los modelos no lineales pueden ser utilizados para describir el crecimiento de los animales en el tiempo, lo que permite la evaluación de los factores genéticos y ambientales que influyen en la curva de crecimiento y por lo tanto cambiarla con la selección o identificar a los animales con mayor tasa de crecimiento, sin cambiar el peso a la madurez, en lugar de seleccionar animales cada vez más grandes. Varios investigadores han utilizado modelos no lineales en los estudios de crecimiento de las gallinas ponedoras (Santos et al, 2013), los modelos de Gompertz, especialmente Brody, Von Bertalanffy y Richards. Sin embargo, no hay unanimidad acerca de cuál de estos modelos es el más apropiado para describir el crecimiento de las gallinas. En estudios sobre el potencial genético de las gallinas, varios investigadores han utilizado la función descrita por Gompertz (1925), también utilizada para la descripción de varias características de gallinas en crecimiento (Gous et al., 1999). El objetivo del estudio fue comparar el peso corporal adulto de gallinas ponedoras alojadas en jaulas enriquecidas sometidas a diferentes intensidades de iluminación de acuerdo con el esquema factorial 2x3: iluminación del pasillo (lateral y central) *versus* iluminación del piso (bajo, intermedio y alto) evaluado en el periodo de 18 hasta 60 semanas de edad de acuerdo con el modelo no lineal de Gompertz.

Material y métodos

El experimento fue conducido en la Unidad de Investigación Pecuaria Avícola de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid, y de acuerdo al R.D. 1201/2005 sobre protección de animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. Dentro de la nave de producción avícola (Figura 1) se encuentran 2 baterías de jaulas, con seis filas y 5 jaulas/fila, teniendo un total de 60 jaulas. Estas jaulas tienen 2,40 metros de longitud por 80 centímetros de profundidad, con 60cm de altura al frente y 45cm al fondo existiendo. Dichas jaulas cumplen lo establecido en la Directiva CE 1999/74, y alojan 25 aves por jaula, lo que supone un total de 1.500 aves de la estirpe semipesada Hy-Line.

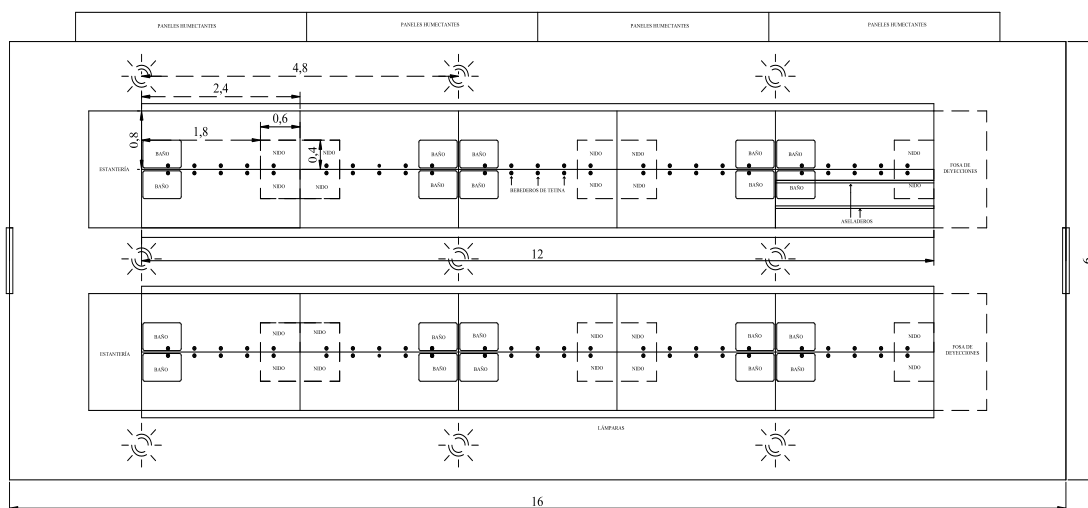


Figura 1 - Distribución interior de la nave experimental.

La nave experimental cuenta con un sistema automático de control ambiental mediante sonda termostática que regula el funcionamiento de 5 ventiladores de extracción. De estos 5 ventiladores, los 3 centrales son de caudal variable y los 2 de los extremos son de caudal fijo. La refrigeración de la nave es de tipo evaporativo mediante paneles humectantes situados en la fachada. Durante el periodo experimental la temperatura media de la nave fue de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y la iluminación de las naves es mediante luz artificial con lámparas de bajo consumo, de 9 y de 5 w de potencia, proporcionando a las aves 16 horas de luz y 8 de oscuridad. La distribución de estas lámparas en la nave pretende conseguir

zonas de mayor y menor incidencia de luz, es decir una iluminación heterogénea de tal manera que en la zona donde se encuentran los nidos existe una menor luminosidad o incluso una zona de penumbra. También se midió el nivel de iluminación (en lux) al nivel del comedero en todas las jaulas y en las cuatro zonas definidas en cada una de ellas. En la Tabla 1 se muestran los valores medios en cada zona de cada pasillo y piso.

Se pesaron 10 gallinas de cada jaula, identificadas con anillas de color diferente, a la edad de 18, 20, 24, 28, 32, 36, 44, 52 y 60 semanas. Para el ajuste de los parámetros B y C del modelo de Gompertz se utilizó el peso medio de las pollitas hasta la 17ª semana edad, pues tuvimos como objetivo mantener dichos parámetros B y C de la curva de Gompertz para todos los tratamientos, ya que el objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la intensidad luminosa en el peso adulto de las gallinas, es decir, el crecimiento después del punto de inflexión de la curva.

Tabla 1. Nivel de iluminación (en lux) de acuerdo con: iluminación del pasillo (lateral y central) versus iluminación del piso (bajo, intermedio y alto).

Pasillo	Piso	Lux medio Pasillo	Lux medio Piso	Media pasillo y piso
lateral	bajo	57,72	34,82	46,27
lateral	intermedio	57,72	65,37	61,54
lateral	alto	57,72	72,95	65,33
central	bajo	44,14	34,82	39,48
central	intermedio	44,14	65,37	54,755
central	alto	44,14	72,95	58,545

El modelo de Gompertz responde a la ecuación $W = A / [1 + \exp(-B \times t^C)]$, donde A es el peso adulto, B es una constante de integración en relación con el peso inicial de la gallina y sin interpretación biológica bien definida, C se interpreta como la tasa de madurez, un indicador de la velocidad con la que la gallina se aproxima a su peso adulto, y t es la edad (en semanas). Se adoptó la siguiente hipótesis nula, H0: A1 = A2 = A3 = A4 = A5 = A6. Es decir, en los diferentes modelos evaluados con el mismo peso a la madurez es posible describir las diferentes curvas de crecimiento. La comparación de los diferentes modelos: modelo completo (Ω), que no tiene restricción, cada tratamiento tiene su propia curva de crecimiento, seis curvas independientes; modelo restringido 1 ($\Omega 1$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo peso a la madurez, parámetro A); modelo restringido 2 ($\Omega 2$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro B); modelo restringido 3 ($\Omega 3$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro C); modelo restringido 4 ($\Omega 4$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro A y B); modelo restringido 5 ($\Omega 5$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro A y C); modelo restringido 6 ($\Omega 6$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro B) y el modelo restringido 7 ($\Omega 7$ - las seis curvas de los tratamientos tienen el mismo parámetro A, B y C, el modelo súper restringido); Los parámetros de la prueba de igualdad fueran hechas conforme Regazzi (2003) mediante la aproximación ofrecida por la estadística con chi-cuadrado estadísticas dadas por $-n \ln(n \hat{\sigma}_{\Omega}^2 / n \hat{\sigma}_w^2)$ donde n es el número total de observaciones es la suma de los cuadrados de los residuos indica el modelo completo (w), $\hat{\sigma}^2 = (n - p) / n QMRES$ es la suma de cuadrados del residuo, Ω indica el modelo completo, $\Omega 1$, $\Omega 2$, $\Omega 3$, $\Omega 4$, $\Omega 5$, $\Omega 6$, $\Omega 7$ son los modelos reducidos y p es el número de los parámetros estimados por cada modelo. La prueba de chi-cuadrado tiene $v = P_{\Omega} - P_w$ grados de libertad. Se realizó el test de la igualdad del peso adulto de acuerdo con la aproximación obtenida según el test chi-cuadrado (p<0,01) por el programa SAS (1999).

Resultados y discusión

Las estimaciones de los parámetros teniendo en cuenta todos los datos para cada modelo, así como los criterios utilizados para evaluar el modelo que mejor describe la curva media de crecimiento de las gallinas criados en jaulas enriquecidas se presentan en la Tabla 1. El modelo de Gompertz responde a la ecuación $W = A / [1 + \exp(-B \times t^C)]$, donde A es el peso adulto, B es una constante de integración en relación con el peso inicial de la gallina y sin interpretación biológica bien definida, C se interpreta como la tasa de madurez, un indicador de la velocidad con la que la gallina se aproxima a su peso adulto, y t es la edad (en semanas). Se adoptó la siguiente hipótesis nula, $H_0: A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = A_6$ (Tabla 3). Se realizó el test de la igualdad del peso adulto de acuerdo con la aproximación obtenida según el test chi-cuadrado ($p < 0,01$). Los parámetros A , B y C se estimaron con el modelo irrestricto (Ω) y modelos restringidos: Ω_1 , Ω_2 , Ω_3 , Ω_4 , Ω_5 , Ω_6 y Ω_7 . El mayor peso adulto fue $A = 2,051g$, pero la menor tasa a la madurez $C = 0,16g/\text{semana}$ se obtuvo en las gallinas alojadas en el pasillo central y en el piso bajo con la intensidad luminosa de 39,48 lux medio. Las gallinas presentaron un crecimiento más lento pero con mayor peso a la madurez y para el menor peso a la madurez fue $A = 1,924g$ y la tasa a la madurez de 0,18g/semana en las gallinas en el pasillo central y piso intermedio. (Tabla 2). Esto puede ocurrir debido a la mayor cercanía de las gallinas del piso intermedio con los trabajadores de la nave durante el manejo cotidiano en la nave.

Tabla 2. Estimación de los parámetros (A, B, y C) do modelo irrestricto Ω y dos modelos restringidos (Ω_1 hasta Ω_7 y sus respectivos cuadrado medio de error (MSE) y el error absoluto promedio (AAE).

Pasillo/Piso	Parámetro	Ω	Ω_1	Ω_2	Ω_3	Ω_4	Ω_5	Ω_6	Ω_7
lateral y bajo	a1	2,007		2,001	1,9987			1,9928	
	b1	4,449	5,556		5,5854		4,4336		
	c1	0,163	0,1769	0,1731		0,1636			
lateral y intermedio	a2	1,939		1,9411	1,9407			1,938	
	b2	5,825	2,8409		5,4631		5,2187		
	c2	0,180	0,1342	0,1747		0,1543			
lateral y alto	a3	1,945		1,9407	1,943			1,9548	
	b3	4,573	2,497		4,8522		4,6707		
	c3	0,172	0,1329	0,1812		0,1597			
central y bajo	a4	2,051		2,0503	2,0495			2,0469	
	b4	5,181	13,7715		5,4535		3,5892		
	c4	0,173	0,2348	0,1747		0,1754			
central y intermedio	a5	1,924		1,925	1,9261			1,9301	
	b5	5,669	2,3284		5,1795		5,2078		
	c5	0,181	0,1241	0,1777		0,1541			
central y alto	a6	1,997		2,0034	2,0034			1,9996	
	b6	6,882	7,6005		5,4984		4,2897		
	c6	0,189	0,1948	0,1745		0,1656			
	a		1,9907			1,9864	1,9828		1,9721
	b			5,3465		4,1971		5,3276	5,0956
	c				0,1758		0,1666	0,1757	0,1712
	MSE	0,0255	0,0259	0,0255	0,0255	0,0262	0,0264	0,0255	2,2971
	n	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174	4174
	p	18	13	13	13	8	8	8	3
	*n es el número de observaciones y p es el número de los parámetros estimados por cada modelo								
	AAE (n.sig2)	0,025390	0,025819	0,025420	0,025420	0,02615	0,026349	0,025451	2,295448

En la Tabla 2 son presentadas las estimativas de parámetros de la curva de Gompertz del modelo irrestricto Ω y los modelos restringidos ($\Omega 1$ hasta $\Omega 7$) y en la Tabla 3 son presentados los resultados de las siete hipótesis evaluadas. Según la Tabla 3 el valor de la estadística de chi-cuadrado fue 69,98, lo que supone rechazar la hipótesis H_0 ($P < 0,01$). Este análisis fue diferente del test de la probabilidad evaluado por Regazzi (2003). Es decir, en este estudio un mismo peso adulto no debe ser usado para describir el crecimiento de las gallinas en las diferentes posiciones de la jaulas enriquecidas pues las diferentes intensidades de luz presentes en la nave influyeron en este peso adulto, considerando los mismos parámetros B y C en las curvas de crecimiento evaluadas en ese estudio. Lo mismo ocurre con las hipótesis de que el peso en la madurez es lo mismo de la constante de integración en relación con el peso inicial de la gallina (parámetro B) y el mismo con el parámetro C que interpreta la tasa de madurez. Es decir que el peso en la madurez es diferente de la constante de integración y diferente de la tasa de la madurez, según la prueba de igualdad (teste χ^2).

Tabla 3. Hipótesis evaluadas, valores de la prueba del teste do chi-cuadrado, numero de Grau de Libertad y nivel descrito del teste (valor -p).

Hipótesis H_0 (nulidad)	χ^2_{calc}	GL (v)	$\chi^2_{t0.01}$	P ($\chi^2_{t} > \chi^2_{calc}$)
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = a_6$	69,98	5	15,09	RH0
$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6$	5,02	5	15,09	NRH0
$c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = c_6$	5,02	5	15,09	NRH0
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = a_6 ; b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6$	123,07	10	23,21	RH0
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = a_6 ; c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = c_6$	154,81	10	23,21	RH0
$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 ; c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = c_6$	10,03	10	23,21	NRH0
$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = a_6 ; b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5 = b_6 ; c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = c_6$	18801,06	15	30,58	RH0

χ^2_{calc} = valor de chi-cuadrado calculado; Valor-P = P-valor.

Por tanto el modelo que mejor ajusta el peso vivo de las gallinas fue el modelo restringido $\Omega 6$, que presenta diferente peso adulto para describir el crecimiento de las gallinas en las diferentes posiciones de la jaulas enriquecidas, pues las diferentes intensidades de luz presentes en la nave influyeron en este peso adulto, considerando los mismos parámetros B y C en las curvas de crecimiento evaluadas en ese estudio (Figura 8). De acuerdo con las hipótesis evaluadas tenemos las diferentes curvas de crecimiento de las gallinas alojadas en jaulas enriquecidas según las Figuras 2,3,4,5,6,7,8 y 9, en que son presentadas las curvas de crecimiento do peso corporal ajustadas por el modelo Gompertz (Gompertz,1925) de acuerdo con el modelo utilizado ($\Omega, \Omega 1, \Omega 2, \Omega 3, \Omega 4, \Omega 5, \Omega 6$ y $\Omega 7$).

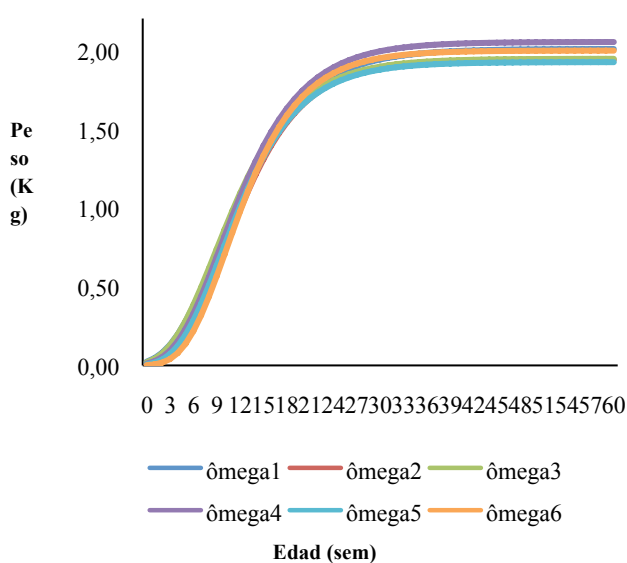


Figura 2. Modelo irrestricto - curvas independientes.

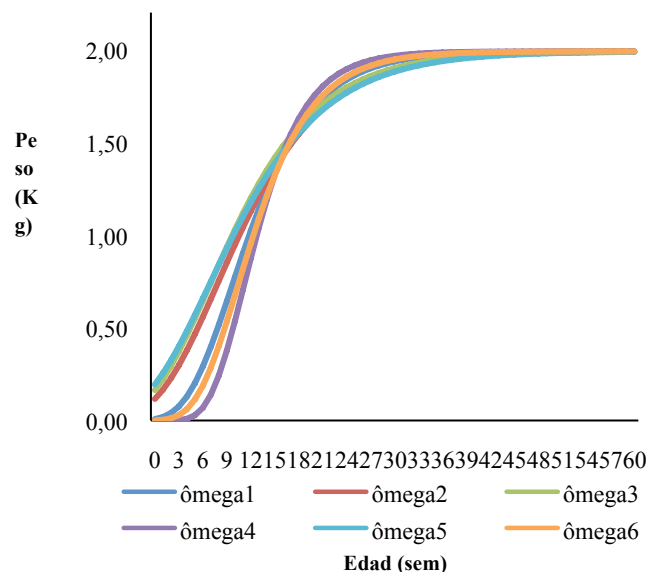


Figura 3. Modelo restringido w1- mismo parámetro A.

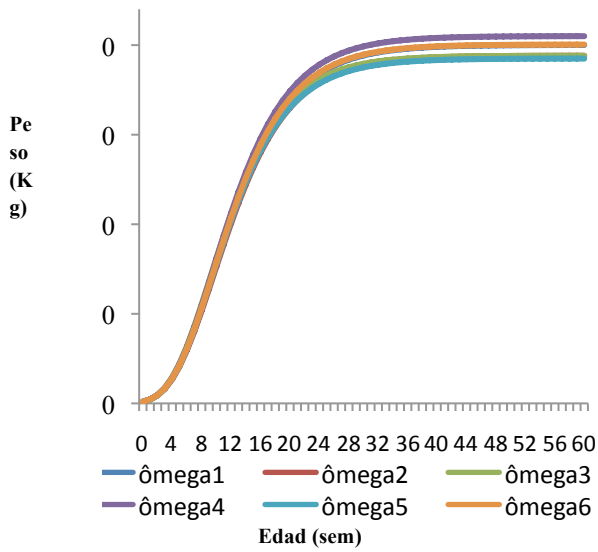


Figura 4. Modelo restricto w2 - mismo parámetro B.

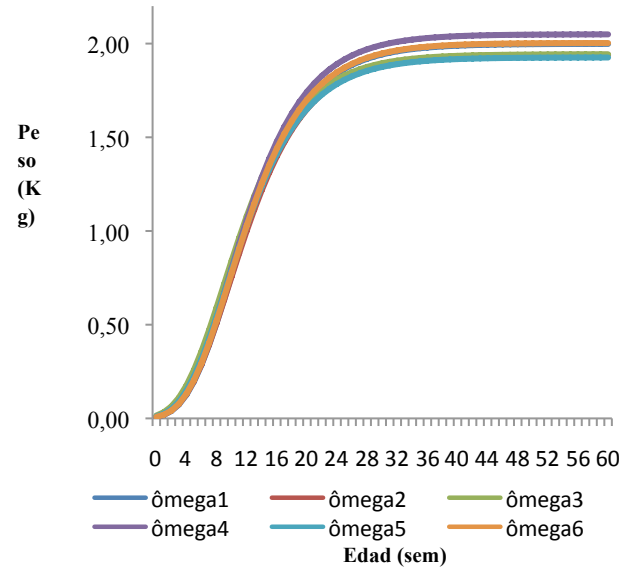


Figura 5. Modelo restricto w3 - mismo parámetro C.

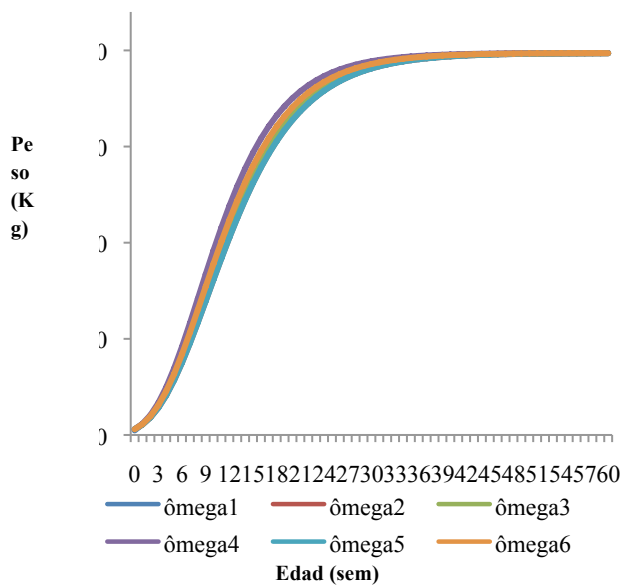


Figura 6. Modelo restricto w4 - mismo parámetro A y B.

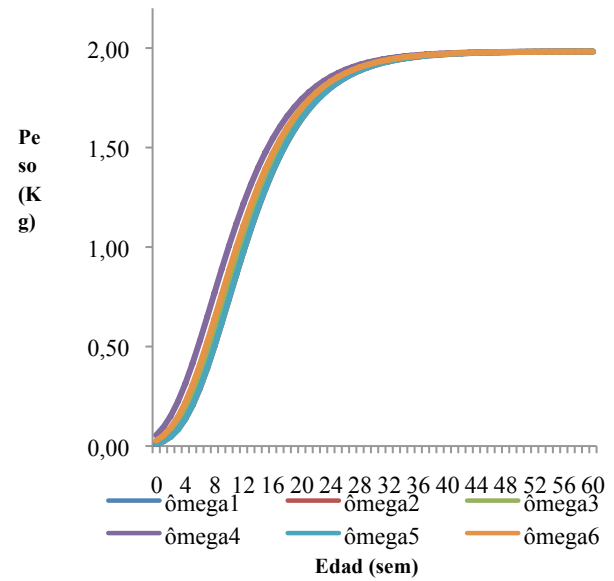


Figura 7. Modelo restricto w5 - mismo parámetro A y C.

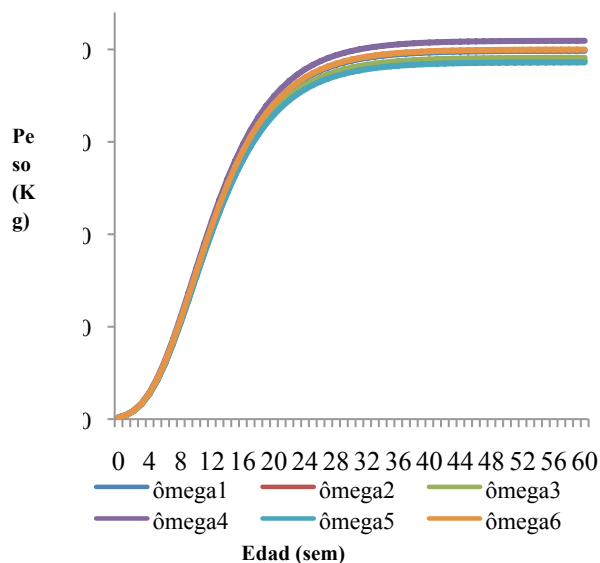


Figura 8. Modelo restricto w6 - mismo parámetro B y C.

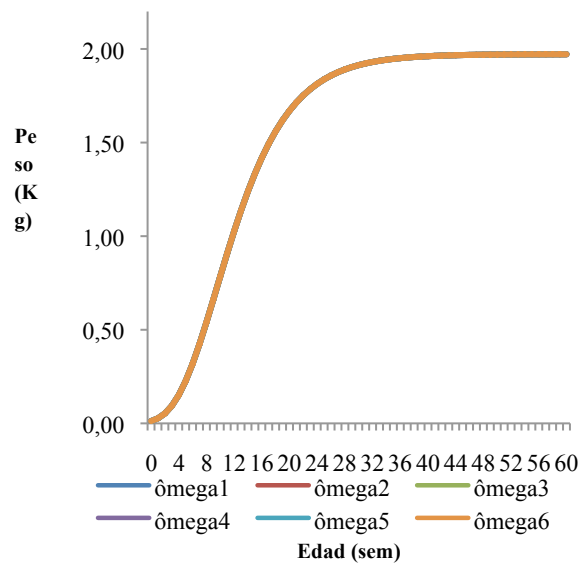


Figura 9. Modelo restricto w7 - mismo parámetro A, B y C

Referencias

- FITZHUGH JR., H.A.; TAYLOR, S.C.S.** (1976) Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal Animal Science* **42**(4):1036-1051.
- GOMPERTZ, B.** (1925) On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new method of determining the value of life contingencies. *Trans. Research Phil. Science* **115**:513-585.
- GOUS R.M.** (1999) Evaluation of the parameters needed to describe overall growth, the chemical growth and the growth of feathers and breast muscles of broiler. *Poultry Science* **78**:812-821.
- HAFEZ, E.S.E.; DYER, I.A.** (1972) Desarrollo y nutrición animal. *Animal growth and nutritional*. Traducción de Pedro Ducar Malvenda. Zaragoza: Acribia, 469pp
- KESSLER, A.M.; SNIZEK, P.N.; BRUGALLI, I.** (2000) Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AVÍCOLA*, 2000, Santos. *Anais...* Campinas: Facta, :111-159.
- KNÍZETOVÁ, H.** (1991) Analysis of growth curves of fowl. I. *British Poultry Science* **32**:1027-1038.
- KNÍZETOVÁ, H.** (1985) Growth curves of chickens with different type of performance. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **102**(4):256-270.
- LAIRD, K.A.; TYLER, A.S.; BARTON, A.D.** (1965) Dynamics of normal growth. *Growth* **29**:233-248.
- REGAZZI, A.J.** (2003). Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. *Revista Ceres* **50**(287):9-26.
- A. L. DOS SANTOS, D.E. DE FARIA, A. CALLEJO, R. PONSO, M.F.R. SILVA y C. BUXADE.** (2013) La composición corporal de gallinas ponedoras de 1 día hasta 72 semanas de edad alimentadas con diferentes programas nutricionales. Asociación Española de Ciencia Avícola, Congreso Científico de Avicultura, Simposio WPSA-AECA, Lleida.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS.** User's guide: statistics. Version 8.0. Cary: 1999.