

# Relación yema:albumen en huevos de tres genotipos de gallinas ponedoras destinadas a sistemas semiintensivos

## *Yolk:albumen ratio in eggs from laying hens of three genotypes for semi-intensive systems*

Romera, Bernardo Martín; Perrotta, Cristian Hernán; Savoy, Juan Pablo; Antruego, Alejandra Edith; Canet, Zulma Edith; Dottavio, Ana María; Masso, Ricardo José

### **Bernardo Martín Romera**

Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. Becario del Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Investigación y Desarrollo (PERHID), Argentina

### **Cristian Hernán Perrotta**

Cátedra de Aves y Pilíferos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina

### **Juan Pablo Savoy**

Cátedra de Aves y Pilíferos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina

### **Alejandra Edith Antruego**

Cátedra de Aves y Pilíferos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina

### **Zulma Edith Canet**

Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Pergamino, Buenos Aires, Argentina

### **Ana María Dottavio**

Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina

### **Ricardo José Masso**

[rjdimasso@gmail.com](mailto:rjdimasso@gmail.com)

Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe, Argentina

## ANALECTA VETERINARIA

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 1514-2590

Periodicidad: Semestral

vol. 42, e064, 2022

[analecta@fcv.unlp.edu.ar](mailto:analecta@fcv.unlp.edu.ar)

Recepción: 18 Febrero 2022

Revisado: 04 Mayo 2022

Aprobación: 06 Junio 2022

URL:

<http://portal.amelica.org/ameli/journal/25/253057006/>

DOI: <https://doi.org/10.24215/15142590e064>

**Resumen:** Se estudió el comportamiento dinámico de la relación yema:albumen en huevos del cruzamiento de tres vías Campero Casilda en comparación con Negra INTA y Rhode Island Red. Se trabajó con muestras aleatorias de 15 huevos de cada grupo genético, extraídas cada cuatro semanas entre las 26 y las 70 semanas de edad. Se calcularon las proporciones de yema y albumen y la relación entre ambas. Los datos de la proporción de yema y de la relación yema:albumen en función de la edad se ajustaron con la función de Brody, mientras que para el análisis de los datos correspondientes a la proporción de albumen se utilizó un modelo exponencial decreciente. Los huevos Campero Casilda presentaron similar proporción de yema que Negra INTA en el inicio del ciclo y mayor al finalizar el mismo. Rhode Island Red presentó la menor proporción de yema, la mayor de albumen y la menor relación yema:albumen. La menor proporción de albumen y la mayor relación yema:albumen correspondió a Campero Casilda mientras que Negra INTA presentó valores intermedios de ambos. El mayor contenido de sólidos totales de los huevos de Campero Casilda constituye una ventaja comparativa en términos del valor nutricional, característica de particular trascendencia para la población con necesidades básicas insatisfechas que representa su principal destinataria.

**Palabras clave:** regresión no lineal, comportamiento dinámico, función de Brody, modelo exponencial decreciente, gallinas camperas.

**Abstract:** The dynamic behaviour of the yolk: albumen ratio was studied in eggs from hens of the three-way cross Campero Casilda compared to Negra INTA and Rhode Island Red. Eggs (n=15) were randomly collected from each genetic group every four weeks between 26 and 70 weeks of age. The proportions of yolk and albumen and the relationship between them were calculated. Yolk proportion and yolk albumen ratio data as a function of age were adjusted with the Brody function and albumen proportion was analyzed using an exponential decay model. Campero Casilda eggs showed a similar proportion of yolk to Negra INTA at the beginning and a higher one at the end of the productive cycle. Rhode Island Red presented the lowest proportion of yolk, the highest proportion of albumen and the lowest yolk: albumen ratio. The lowest albumen proportion and the highest yolk albumen ratio corresponded to Campero Casilda while Negra INTA showed intermediate values of both traits. The higher content of total solids in Campero Casilda eggs constitutes a comparative advantage in terms of nutritional value, a relevant feature when considering the human population with unsatisfied basic needs to which this genotype is particularly destined.

**Keywords:** nonlinear regression, dynamic behaviour, Brody function, exponential decay model, free-range hens.



## Introducción

Un huevo de gallina promedio contiene un 60% de albumen, un 30% de yema y un 10% de cáscara, proporciones que varían con la edad de la gallina y, para una edad dada, con el peso del huevo (Nys & Sauveur, 2004). A medida que progresa el ciclo de postura el peso del huevo aumenta y paralelamente aumenta la proporción de yema y disminuyen las proporciones de albumen y cáscara. La proporción de cada componente también se ve afectada por la raza o por la estirpe dentro de una raza dada (Zuk & Park, 2001). Los huevos de gallina se producen para incubar, para consumo directo o para su procesamiento industrial (Icken *et al.*, 2014). La proporción más adecuada de yema, albumen y cáscara guarda relación con su destino final y puede ser modificada por selección artificial (Hartmann *et al.*, 2000). En el caso de los huevos incubables la yema es la principal fuente de lípidos, mientras que el albumen representa la principal fuente de agua y proteínas, nutrientes indispensables para el embrión en desarrollo (Zhu *et al.*, 2020). El huevo de mesa, además de fuente de nutrientes, contiene componentes biológicamente activos con actividad antibacteriana, antiviral, inmunomoduladora y anticancerígena, de importancia para la salud humana y la prevención de enfermedades. El potencial de algunos de estos componentes ha sido corroborado, entre los cuales pueden mencionarse la lisozima y la avidina abundantes en el albumen, y la inmunoglobulina Y (IgY) y la lecitina de la yema (Mine & Kovacs-Nolan, 2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento dinámico de la relación yema:albumen y sus componentes, en los huevos puestos a lo largo del primer ciclo de producción por gallinas pesadas de un cruzamiento de tres vías en comparación con dos genotipos de gallinas semipesadas, todas ellas destinadas a sistemas avícolas semiintensivos, alternativos al industrial.

## Materiales y métodos

Se evaluó un lote de 103 gallinas Campero Casilda, cruzamiento de tres vías entre machos de la población sintética paterna AH' (50 % Hubbard 50 % estirpe Anak grises) y hembras producto del cruzamiento simple entre las poblaciones sintéticas ES (87,5 % Cornish Colorado 12,5 % Rhode Island Red) como padre y A (75 % Cornish Colorado 25 % Rhode Island Red) como madre. Estas poblaciones sintéticas se generaron y se mantienen en el Núcleo Genético de la Sección Avicultura de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA) ubicada en la localidad bonaerense de Pergamino. En forma contemporánea se evaluaron dos lotes (n=25) de gallinas semipesadas: ponedoras autosexantes Negra INTA derivadas del cruzamiento entre gallos Rhode Island Red y gallinas Plymouth Rock Barrada y una estirpe propia de INTA de la raza asimilada Rhode Island Red. Durante las primeras cinco semanas de vida se criaron a galpón, como un único grupo, con una densidad inicial de 15 aves/m. A partir de la 6<sup>a</sup> semana, las hembras Campero Casilda se alojaron en jaulas individuales de postura donde fueron sometidas a una restricción alimenticia cuantitativa individual acorde a sus curvas de peso. Las aves Negra INTA y Rhode Island Red se alojaron en jaulas similares a las 8 semanas de edad y se alimentaron *ad libitum*. Todas las aves se criaron de acuerdo con lo establecido en el protocolo

de producción de pollos camperos (Bonino, 1997). Entre las 26 y las 70 semanas de edad se extrajeron, a intervalos regulares de cuatro semanas, 12 muestras aleatorias de 15 huevos de cada grupo genético. Luego de registrar su peso, cada huevo se rompió cuidadosamente a fin de preservar la integridad de sus componentes y se procedió a separar la yema del albúmen. La chalaza de la yema se retiró haciendo rodar a esta última sobre una hoja de papel absorbente. Se registró el peso de la yema y el peso del albúmen. La proporción (%) de ambos componentes (yema y albúmen) se calculó como: proporción componente (%) = (peso del componente / peso del huevo) x 100. La relación yema:albúmen se calculó como el cociente entre el peso de la yema y el peso del albúmen. Los datos de la proporción promedio de yema y de la relación promedio yema:albúmen, ambos en función de la edad, se ajustaron mediante regresión no lineal, con el modelo exponencial asintótico de Brody:

$$Y_t = A * (1 - B * 2,71828^{-k*t})$$

donde,  $Y_t$  = valor de la proporción de yema o de la relación yema:albúmen en el tiempo  $t$ ;  $A$  = valor asintótico de la proporción de yema o de la relación yema:albúmen (valor de  $Y_t$  cuando  $t$  tiende a  $\infty$ );  $B$  = parámetro de posición (constante de integración) sin valor biológico que ajusta la función para valores iniciales de  $t \neq 0$ ;  $k$  = tasa de maduración (velocidad de aproximación al valor asintótico  $A$ ) y  $t$  = edad cronológica en semanas. Los datos de la proporción promedio de albúmen en función de la edad se ajustaron mediante regresión no lineal, con un modelo exponencial decreciente:

$$Y_t = Span * 2,71828^{-k*t} + Plateau$$

donde,  $Y_t$  = valor de la proporción de albúmen en el tiempo  $t$ . El valor inicial de la proporción de albúmen es igual a  $Span + Plateau$  y decrece hasta el valor de  $Plateau$  con una tasa constante  $k$ . Se denomina  $Span$  a la diferencia entre la proporción inicial de albúmen y el valor de  $Plateau$  (%) y  $Plateau$ , a la proporción de albúmen (%) en la asíntota inferior de la función. La bondad de los ajustes se determinó sobre la base de la convergencia de las iteraciones en una solución, el valor del coeficiente de determinación no lineal ajustado ( $R$ .) y la normalidad y aleatoriedad de la distribución de los residuales evaluadas con la prueba ómnibus de D'Agostino & Pearson y con un test de rachas o ciclos, respectivamente.

## Resultados

### Proporción de yema

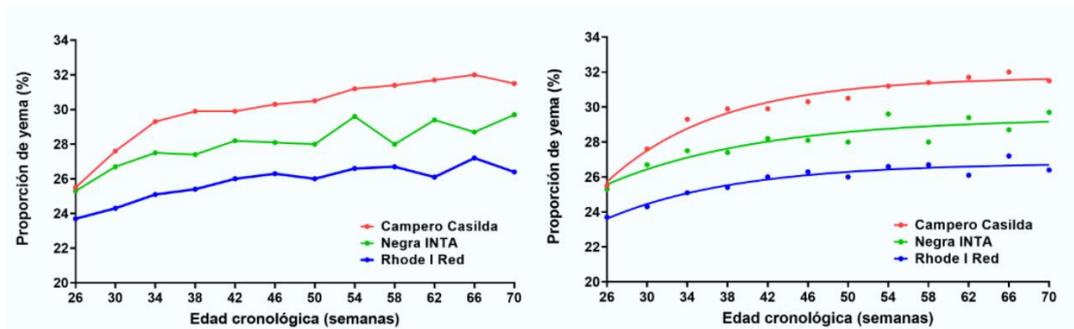
La Tabla 1 resume los valores de los estimadores de los parámetros de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos de la proporción de yema. Se rechazó la hipótesis de una única función común a los tres grupos ( $F = 102$ ;  $p < 0,0001$ ). Al inicio de la postura los huevos de Campero Casilda y Negra INTA presentaron similar proporción de yema. Posteriormente las curvas divergieron, con diferente velocidad ( $CC > NI$ ) hacia diferentes valores

asintóticos (CC > NI). Los huevos puestos por Rhode Island Red, por su parte, presentaron la menor proporción de yema a lo largo de todo el ciclo (Figura 1).

	Campero Casilda	Grupo genético Negra INTA	Rhode I. Red
A ± S <sub>A</sub>	31,7 ± 0,25	29,4 ± 0,59	26,8 ± 0,26
k ± S <sub>k</sub>	0,0887 ± 0,01389	0,0645 ± 0,02974	0,0762 ± 0,02070
R <sup>2</sup> ajustado	0,962	0,799	0,906
<sup>1</sup> Aleatoriedad	p = 0,175	p = 0,987	p = 0,992
<sup>2</sup> Normalidad	p = 0,719	p = 0,865	p = 0,942

**Tabla 1.** Estimadores de los parámetros de la función exponencial asintótica de Brody aplicada al ajuste de los datos de la proporción promedio de yema vs. edad cronológica en tres genotipos de ponedoras camperas.

Referencias. A: proporción de yema en la asíntota (%); k: tasa maduración – velocidad de aproximación al valor asintótico (%-1); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación no lineal; <sup>1</sup> Test de rachas o ciclos; <sup>2</sup> Test ómnibus de D’Agostino & Pearson.



**Figura 1.** Comportamiento dinámico de la proporción promedio de yema de los huevos puestos por tres genotipos de ponedoras camperas. Se muestran las imágenes de los valores experimentales (izquierda) y de los valores ajustados con la función exponencial asintótica de Brody (derecha).

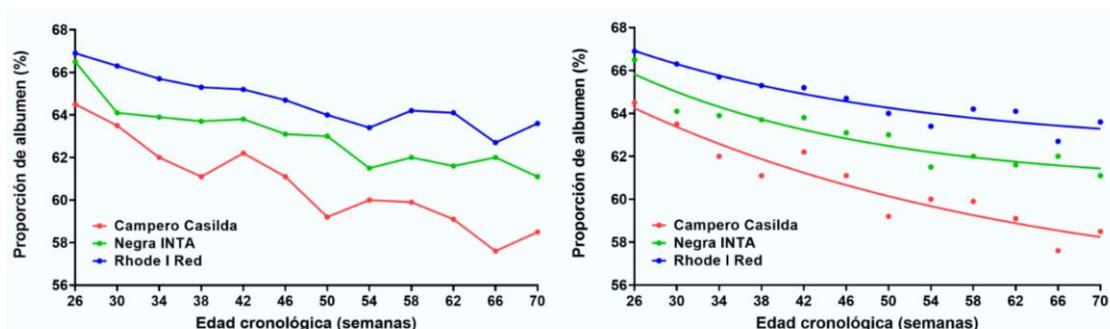
### Proporción de albumen

Los valores de los estimadores de los parámetros de la función exponencial decreciente aplicada al ajuste de los datos de la proporción de albumen se presentan en la Tabla 2. La Figura 2 compara gráficamente el comportamiento de los valores experimentales y las curvas teóricas ajustadas. Los datos no fueron consistentes con la hipótesis de una única función común para el ajuste en los tres grupos (F = 48,8; p<0,0001). Los huevos puestos por las aves Rhode Island Red presentaron la mayor proporción de albumen durante todo el ciclo, los de Campero Casilda la menor proporción de dicho componente y los de Negra INTA valores intermedios.

	Grupo genético		
	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode I. Red
Span $\pm$ S <sub>Span</sub>	17,4 $\pm$ 2,76	16,0 $\pm$ 6,83	11,8 $\pm$ 3,69
k $\pm$ S <sub>k</sub>	0,0264 $\pm$ 0,01859	0,0437 $\pm$ 0,02170	0,0368 $\pm$ 0,01896
Plateau $\pm$ S <sub>Plateau</sub>	55,5 $\pm$ 3,64	60,7 $\pm$ 1,13	62,4 $\pm$ 1,15
R <sup>2</sup> ajustado	0,881	0,860	0,885
<sup>1</sup> Aleatoriedad	p = 0,788	p = 0,825	p = 0,825
<sup>2</sup> Normalidad	p = 0,460	p = 0,608	p = 0,519

**Tabla 2.** Estimadores de los parámetros de la función exponencial decreciente aplicada al ajuste de los datos de la proporción promedio de albúmen vs. edad cronológica, en tres genotipos de ponedoras camperas

Referencias: Span: diferencia entre la proporción inicial de albúmen y el valor de Plateau (%); k: tasa exponencial decreciente (%-1); Plateau: proporción de albúmen en la asíntota inferior (%); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación no lineal; <sup>1</sup> Test de rachas o ciclos; <sup>2</sup> Test ómnibus de D'Agostino & Pearson.



**Figura 2.** Comportamiento dinámico de la proporción promedio de albúmen de los huevos puestos por tres genotipos de ponedoras camperas. Se muestran las imágenes de los valores experimentales (izquierda) y de los valores ajustados con la función exponencial decreciente (derecha).

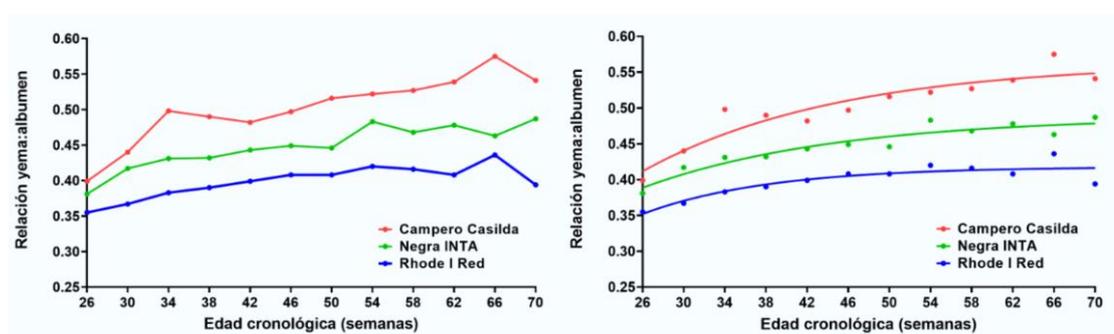
### Relación yema:albúmen

Los estimadores de los parámetros de la función de Brody aplicada al ajuste de los valores de la relación yema:albúmen se resumen en la Tabla 3. Al igual que para cada componente por separado, se rechazó la hipótesis de una única función común a los tres grupos para el ajuste de los datos ( $F = 60,6$ ;  $p < 0,0001$ ). Como se observa en la Figura 3, los huevos puestos por las aves Campero Casilda presentaron la mayor relación yema: albúmen durante todo el ciclo, los de Rhode Island Red mostraron la menor relación entre ambos componentes y los de la ponedora autosexante Negra INTA revelaron valores intermedios.

	Grupo genético		
	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode I. Red
A ± S <sub>A</sub>	0,56 ± 0,026	0,49 ± 0,015	0,42 ± 0,008
k ± S <sub>k</sub>	0,0527 ± 0,02316	0,0533 ± 0,02104	0,0817 ± 0,03607
R <sup>2</sup> ajustado	0,854	0,878	0,767
<sup>1</sup> Aleatoriedad	p = 0,491	p = 0,854	p = 0,854
<sup>2</sup> Normalidad	p = 0,058	p = 0,851	p = 0,150

**Tabla 3.** Estimadores de los parámetros de la función exponencial asintótica de Brody aplicada al ajuste de los datos de la relación yema:albumen promedio vs. edad cronológica, en tres genotipos de ponedoras camperas.

Referencias: A: proporción de yema en la asíntota (%); k: tasa maduración – velocidad de aproximación al valor asintótico (%-1); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación no lineal; <sup>1</sup> Test de rachas o ciclos; <sup>2</sup> Test ómnibus de D’Agostino & Pearson.



**Figura 3.** Comportamiento dinámico de la relación yema:albumen promedio de los huevos puestos por tres genotipos de ponedoras camperas. Se muestran las imágenes de los valores experimentales (izquierda) y de los valores ajustados con la función exponencial asintótica de Brody (derecha).

## Discusión

Diversos autores han modelizado el comportamiento dinámico de los componentes mayores del huevo, principalmente con el objetivo de disponer de información para optimizar los programas de alimentación, tanto de gallinas ponedoras (Bendezu *et al.*, 2018) como reproductoras (Ferreira *et al.*, 2015).

El comportamiento del peso y la proporción de yema, albumen y cáscara a lo largo del ciclo presenta particularidades que dificultan las generalizaciones. En determinaciones a edad constante, la proporción de yema se asocia negativamente con el peso del huevo porque si bien los huevos de mayor tamaño presentan mayor contenido absoluto de los tres componentes, el contenido relativo de yema es menor que el contenido de albumen. Por el contrario, la proporción de yema está positivamente asociada a la edad de la gallina. A medida que avanza el ciclo aumenta el peso del huevo y de sus componentes pero el peso de la yema lo hace a una tasa mayor que el del albumen y el de la cáscara por lo que su proporción aumenta mientras que las proporciones de los otros dos componentes disminuyen. El contenido de sólidos totales del huevo también puede ser modificado por causas ambientales, tales como las manipulaciones de la dieta (Shafer *et al.*, 1998).

La importancia de la dinámica de los componentes mayores se vincula con la condición del huevo de gallina de ser un recurso nutricional de particular interés como fuente económica de proteínas, lípidos esenciales, vitaminas, minerales y elementos traza de origen animal (Drewnowski, 2010). Paralelamente, se dispone de evidencia que también contiene componentes bioactivos de potencial trascendencia como nutraceuticos (Réhault-Godbert *et al.*, 2019).

Campero Casilda es un cruzamiento de tres vías propuesto como ave doble propósito para sistemas avícolas semiintensivos alternativos al modelo intensivo industrial, que preservan el bienestar animal. Tanto machos como hembras han sido evaluados satisfactoriamente para la producción de carne y las hembras presentan una curva de postura compatible con su utilización como ponedoras (Romera *et al.*, 2020). Negra INTA es una ponedora autosexante distribuida a través de la red de multiplicadores del Programa Prohuerta (<http://desarrollosocial.gob.ar/prohuerta/149>), una iniciativa oficial de promoción de la seguridad y la soberanía alimentaria, a través del apoyo a la producción agroecológica y el acceso a productos saludables para una alimentación adecuada. Los machos Rhode Island Red se utilizan como progenitores paternos de Negra INTA y sus hembras eventualmente como ponedoras. Campero Casilda presentó mayor proporción de yema, menor proporción de albúmen y mayor relación yema:albúmen que los informados para gallinas Fayoumi y sus cruzamientos con Leghorn mientras que los valores observados en Rhode Island Red son coincidentes con relevamientos previos en la misma estirpe de la raza (Dottavio *et al.*, 2005). Los valores asintóticos de la relación yema:albúmen en Campero Casilda fueron también mayores a los de un conjunto de ponedoras comerciales y gallinas reproductoras evaluadas a edades fijas entre las 47 y 87 semanas (Harms & Hussein, 1993).

## Conclusión

La mayor proporción de yema y la menor proporción de albúmen de los huevos de Campero Casilda se traducen en una mayor relación yema:albúmen y, por ende, de sólidos totales, a lo largo de todo el ciclo de postura. Esta característica representa una ventaja comparativa de este genotipo en términos del valor nutricional de sus huevos, característica de particular trascendencia en relación con la población con necesidades básicas insatisfechas participante del Programa Prohuerta que representa su principal destinataria.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la responsable colaboración de los estudiantes de la carrera de Medicina Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario, en especial a los participantes del Programa de Becas de Promoción de las Actividades Científicas y Tecnológicas, que con su dedicación posibilitaron la concreción de este trabajo. El trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad Nacional de Rosario en el marco del proyecto acreditado VET228 - Evaluación productiva de gallinas del cruzamiento experimental de tres vías campero Casilda en su primer ciclo de

postura y por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) a través de un convenio interinstitucional INTA-UNR. El autor principal, alumno del Doctorado en Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario, agradece al Consejo Interuniversitario Nacional el otorgamiento de una beca doctoral del Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Investigación y Desarrollo (PERHID).

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran la ausencia de conflicto de intereses, incluyendo entre estos últimos las relaciones financieras, personales o de otro tipo con otras personas u organizaciones que pudieran influir de manera inapropiada en el trabajo.

### **Bibliografía**

- Bendezu HCP; Sakomura, NK, Malheiros EB, Gous RM, Ferreira NT, Fernandes JBK. 2018. Modelling the egg components and internal cycle length of laying hens. *Animal Production Science*. 59(3):420-26. <https://doi.org/10.1071/AN17215>
- Bonino M. 1997. Pollo Campero. Protocolo para la certificación. INTA Pergamino. Dottavio AM, Canet ZE, Faletti C, Álvarez M, Font MT, Di Masso RJ. 2005. Yolk:albumen ratio in experimental hybrid layers with different paternal genotype. *Archivos de Zootecnia*. 54(205):87-95.
- Drewnowski A. 2010. The nutrient rich foods index helps to identify healthy, affordable foods. *American Journal of Clinical Nutrition*. 91(4):1095s-101s. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28450D>
- Ferreira NT, Sakomura, NK, de Paula Dorigam JC, Pereira da Silva E, Gous RM. 2015. Modelling the egg components and laying patterns of broiler breeder hens. *Animal Production Science*. 56(7):1091-8. <https://doi.org/10.1071/AN14737>
- Harms RH, Hussein SM. 1993. Variations in yolk albumen ratio in hen eggs from commercial flocks. *Journal of Applied Poultry Research*. 2(2):166-70. <https://doi.org/10.1093/japr/2.2.166>
- Hartmann C, Johansson K, Strandberg E, Wilhelmson M. 2000. One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a White Leghorn line. *British Poultry Science*. 41(3):280-6. <https://doi.org/10.1080/0713654930>
- Icken W, Looft C, Schellander K, Caverio D, Blanco A, Schmutz M, Preisinger R. 2014. Implications of genetic selection on yolk proportion on the dry matter content of eggs in a White Leghorn population. *British Poultry Science*. 55(3):291-7. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.917272>
- Mine Y, Kovacs-Nolan J. 2004. Biologically active hen components in human health and disease. *The Journal of Poultry Science*. 41(1):1-29. <https://doi.org/10.2141/jpsa.41.1>
- Nys Y, Sauveur B. 2004. Valeur nutritionnelle des œufs. *INRAE Productions Animales*. 17(5):385-93.
- Réhault-Godbert S, Guyot N, Nys Y. 2019. The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*. 1(3):684. <https://doi.org/10.3390/nu11030684>
- Romera BM, Martines A, Advínculo SA, Fernández R, Librera JE, Canet ZE, Dottavio AM, Di Masso R.J. 2020. Curva de postura de gallinas Campero Casilda de primer ciclo. *Revista FAVUNRC Ab Intus*. 6(3):36-46.
- Shafer DJ, Carey JB, Prochaska JF, Sams AR. 1998. Dietary methionine intake effects on egg component yield, composition, functionality, and texture profile analysis. *Poultry Science*. 77(7):1056-62. <https://doi.org/10.1093/ps/77.7.1056>

- Suk YO, Park C. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science*. 80(7):855-8.  
<https://doi.org/10.1093/ps/80.7.855>
- Zhu W, Zhang J, He K, Geng Z, Chen X. 2020. Proteomic analysis of fertilized egg yolk proteins during embryonic development. *Poultry Science*. 99(5):2775-84.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.056>