

Estudio comparativo de la calidad interna del huevo en tres genotipos de ponedoras camperas.

Comparative study of the internal quality of the egg in three genotypes of free-range layers.

Romera Bernardo Martin^{1,4}, **Savoy Juan Pablo**², **Perrotta Cristian Hernán**², **Antruejo Alejandra Edith**², **Canet Zulma Edith**^{1,3}, **Dottavio Ana María**¹, **Di Masso Ricardo José**¹

¹Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Genética. Rosario - Argentina

²Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Veterinarias. Cátedra de Producción de Aves y Pilíferos. Rosario - Argentina

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria "Ing. Agr. Walter Kugler". República Argentina.

⁴Becario del Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Investigación y Desarrollo (PERHID).

RESUMEN. Se evaluó la calidad interna de los huevos puestos por tres genotipos de gallinas destinadas a sistemas semi-intensivos: el cruzamiento de tres vías Campero Casilda, la ponedora autosexante Negra INTA y una estirpe Rhode Island Red. Entre las 26 y las 70 semanas de edad se extrajeron, a intervalos regulares de cuatro semanas muestras aleatorias de 15 huevos de cada grupo. En cada huevo se midió la altura y los diámetros mayor y menor de la yema y la altura, longitud y ancho del albumen. Como indicadores de la calidad interna se calcularon los índices de yema y albumen y las unidades Haugh. El patrón dinámico de los tres indicadores y de las variables que intervienen en su cálculo en función de la edad de las aves se evaluó por regresión no lineal y lineal. Los huevos de los tres grupos genéticos presentaron una elevada calidad interna la que se mantuvo a lo largo de todo el ciclo de postura sin diferencias en los indicadores vinculados con el albumen, pero con un comportamiento más ventajoso del componente yema en el caso del cruzamiento de tres vías Campero Casilda lo que lo valoriza como ave doble propósito para sistemas semi-intensivos.

Palabras clave: índice de yema, índice de albumen, Unidades Haugh, ciclo de postura

ABSTRACT. Comparative study of the internal egg quality in three genotypes of free-range layers. The internal quality of the eggs laid by three genotypes of hens destined for semi-intensive systems: the three-way cross Campero Casilda, the self-sexing layer Negra INTA and a Rhode Island Red strain was evaluated. Between 26 and 70 weeks of age random samples of 15 eggs from each group were removed at regular intervals of four weeks. In each egg, the height and the greater and lesser diameters of the yolk and the height, length and width of the albumen were measured. As indicators of internal quality, the yolk and albumen indices and the Haug units were calculated. The dynamic pattern of the three indicators and the variables involved in their calculation was evaluated by non-linear and linear regression on hens age. The eggs of the three genetic groups presented a high internal quality, which was maintained throughout the laying cycle without differences in the indicators related to the albumen but with a more advantageous behavior of the yolk component in the case of the three way cross Campero Casilda, which valorizes it as a dual-purpose option for semi-intensive systems.

Keywords: yolk index, albumen index, Haugh units, laying cycle

doi: 10.18004/compend.cienc.vet.2021.11.02.24

Dirección para correspondencia: Dr. Bernardo Martin Romera. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Veterinarias. Rosario - Argentina.

E-mail: martincasi@hotmail.com

Recibido: 15 de julio 2021 / **Aceptado:** 29 de diciembre 2021

INTRODUCCIÓN

El huevo de gallina, entendiéndose por tal el óvulo de *Gallus gallus* completamente evolucionado, fecundado o no, con sus correspondientes reservas de sustancias nutritivas y su revestimiento calcáreo(1) representa uno de los componentes básicos de la alimentación humana. Su calidad interna, denominación que incluye un conjunto de propiedades funcionales, estéticas y microbiológicas de la yema y el albumen(2), se ve afectada por múltiples factores entre los que se cuentan aquellos relacionados con la gallina - genotipo, la hora de la oviposición y el momento del ciclo de postura vinculado con la edad del ave- y los asociados al ambiente, en particular aquel en el que los huevos se almacenan luego de su recolección(3,4,5,6,7), pero también el sistema de producción utilizado (8) y la densidad de alojamiento(9). Desde el punto de vista del consumidor adquieren preeminencia cuestiones tales como la calidad microbiológica y la frescura que se evidencia principalmente en el volumen de la yema y la densidad de la clara. Los índices de yema y de albumen son, junto con las Unidades Haugh, los principales indicadores utilizados para caracterizar la calidad interna de los huevos de gallina. Todos ellos son variables complejas derivadas en forma indirecta por cálculo a partir de mediciones efectuadas sobre ambos componentes del huevo. Los valores de dichos indicadores de calidad en un momento dado del ciclo de postura y su comportamiento dinámico a lo largo del mismo dependen, por tanto, de los valores particulares que presentan las variables de medición directa que intervienen en dicho cálculo: en el caso del índice de yema, la altura y el diámetro de la misma y en el caso del índice de albumen, su altura, diámetro y longitud. Las unidades Haugh propuestas por Raymond Haugh en 1937, por su parte, son también función de la altura del albumen y, para su cálculo, se utiliza una escala logarítmica y un ajuste por el peso del huevo del orden de 0,05 mm/g derivado por regresión(10). Pese al uso generalizado de las unidades Haugh su validez ha sido criticada sobre la base que el ajuste por el peso del huevo no es correcto e introduce una distorsión en el indicador (11,12,13). Por esta razón se ha propuesto(12) utilizar directamente la altura del albumen denso de modo tal de obviar el efecto distorsivo de la corrección por peso del huevo.

Campero Casilda es un cruzamiento de tres vías evaluado satisfactoriamente para producción de carne y en proceso de evaluación como ave de postura y potencial genotipo doble propósito. El estudio de la calidad interna de los huevos

producidos por las hembras de este cruzamiento forma parte de dicha evaluación al igual que su comparación con dos genotipos de referencia del Prohuerta, un programa oficial de seguridad alimentaria destinado a familias con necesidades básicas insatisfechas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento dinámico de tres indicadores de la calidad del huevo y de las variables que determinan sus valores en gallinas pesadas Campero Casilda en comparación con ponedoras semipesadas, todas ellas destinadas a sistemas avícolas semi-intensivos, alternativos al modelo industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó un lote de gallinas Campero Casilda (n=103), cruzamiento de tres vías entre machos de la población sintética paterna AH' (50% estirpe Anak grises 50% Hubbard) y hembras derivadas del cruzamiento simple entre las poblaciones sintéticas maternas ES (87,5% Cornish Colorado 12,5% Rhode Island Red) como padre y A (75% Cornish Colorado 25% Rhode Island Red) como madre. Dichas poblaciones se generaron y 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, Argentina. En forma contemporánea se controlaron dos lotes (n=25) de gallinas semipesadas correspondientes a una estirpe propia de INTA de la raza asimilada Rhode Island Red y a la ponedora autosexante Negra INTA, cruzamiento simple entre gallos Rhode Island Red y gallinas Plymouth Rock Barradas. Las aves se criaron a galpón, como un único grupo, con una densidad de 15 individuos por m² durante las primeras cinco semanas de vida. A partir de la 6^a semana las hembras Campero Casilda se alojaron en jaulas individuales de postura y se sometieron a un programa de restricción alimenticia cuantitativa individual acorde a sus curvas de peso. Las aves Negra INTA y Rhode Island Red se alojaron en el mismo tipo de jaula a las 8 semanas de edad, con alimento a voluntad. Todas las aves se criaron siguiendo los criterios establecidos en el protocolo de producción de pollos camperos (14).

Entre las 26 y las 70 semanas de edad, de la totalidad de los huevos puestos por las aves de cada grupo genético, se extrajeron, a intervalos regulares de cuatro semanas 12 muestras aleatorias de tamaño 15. En todos los casos la recolección se llevó a cabo en horas de la mañana. Acto seguido se registró el peso de cada huevo y se los almacenó en heladera hasta su evaluación dentro de las 24 horas de ocurrida la

oviposición. Cada huevo se rompió cuidadosamente y su contenido se dejó caer sobre una superficie plana y horizontal, corroborando dicha horizontalidad con ayuda de un nivel. Se registró la altura de la yema medida en el punto más alto de la misma y sus diámetros mayor y menor, la altura del albumen en el punto medio entre el borde la yema y el borde del albumen denso (15) (Albrecht et al., Siegel, Pierson & Lewis, 2012), la longitud del albumen (medida sobre el diámetro mayor) y el ancho del albumen (medido sobre el diámetro menor). Los diámetros mayor y menor de la yema y la longitud y el ancho del albumen se midieron con calibre micrométrico con aproximación a la centésima de mm.

Como indicadores de la calidad interna del huevo se calcularon los índices de yema [$I_{Ye} (\%) = (\text{altura de la yema} / \text{diámetro promedio de la yema}) \times 100$] y de albumen [$I_{alb} (\%) = \{ \text{altura del albumen} / [(\text{longitud albumen} + \text{ancho albumen}) / 2] \times 100$] y las unidades Haugh [$UH = 100 \log (H - (W^{0,37}) + 7,57)$], donde: W = peso del huevo y H = altura del albumen denso].

Análisis estadístico

Los valores de cada uno de los indicadores de calidad interna y de las variables de medición directa utilizadas para su cálculo se graficaron en función de la edad cronológica de las aves con el fin de asociar cada patrón dinámico con un modelo matemático y se procedió a su ajuste por regresión no lineal o por regresión lineal simple según correspondiera. La altura y el diámetro de la yema y la longitud y el ancho del albumen se ajustaron con la función exponencial asintótica de Brody (16) $Y_t = A \cdot (1 - B \cdot 2,71828^{(-k \cdot t)})$; donde: Y_t = valor de la variable en el tiempo t , A = valor asintótico (valor de Y_t cuando t tiende a ∞), B = parámetro de posición (constante de integración) sin valor biológico que ajusta la función para valores iniciales de $t = 0$, k = tasa de maduración (velocidad de aproximación al valor asintótico A) y t = edad cronológica en semanas. La altura del albumen, el índice de

albumen y las Unidades Haugh se ajustaron con una función exponencial decreciente: $Y_t = \text{Span} \cdot 2,71828^{(-k \cdot t)} + \text{Plateau}$; donde: Y_t = valor de la variable en el tiempo t , Span es la diferencia entre el valor teórico inicial y el valor en el Plateau o asíntota inferior. El valor inicial estimado de la variable es igual a $\text{Span} + \text{Plateau}$ y decrece hasta el valor de Plateau con una tasa constante k . Los valores del índice de yema se ajustaron por regresión lineal.

La bondad de los ajustes no lineales se evaluó a partir de la convergencia de las iteraciones en una solución, el valor del coeficiente de determinación no lineal ajustado R^2 y el comportamiento normal y aleatorio de la distribución de los residuales. La bondad de los ajustes lineales se evaluó con el valor del coeficiente de determinación lineal (R^2) y la aleatoriedad y normalidad de la distribución de los residuales. En todos los casos el comportamiento de la distribución de los residuales se evaluó con un test de rachas o ciclos (aleatoriedad) y con el test ómnibus de D'Agostino & Pearson (normalidad). El efecto del grupo genético sobre los estimadores de los parámetros de la función lineal -pendiente y ordenada al origen (altura)- se evaluó con un análisis de la covariancia.

RESULTADOS

En todos los ajustes los residuales presentaron distribución normal y comportamiento aleatorio.

Altura de la yema

La Tabla 1 resume la información derivada del ajuste con la función exponencial asintótica de Brody. Se rechazó la hipótesis de una función común para los tres grupos genéticos ($F = 3,383$; $p = 0,013$). Los huevos puestos por las gallinas Campero Casilda presentaron mayor altura de la yema durante todo el ciclo, mientras que Negra INTA y Rhode Island Red mostraron un comportamiento similar con leves diferencias entre ellas al comienzo y a la finalización del ciclo de postura (Figura 1).

Tabla 1. Estimadores de los parámetros con significado biológico de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos altura de la yema versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ A (mm)	21,9 ± 0,57	21,0 ± 3,45	20,0 ± 0,25
¹ k (sem ⁻¹)	0,0847 ± 0,05434	0,0333 ± 0,09901	0,1617 ± 0,08625
R ² ajustado	0,584	0,590	0,599
² Aleatoriedad	0,825	0,608	0,825
³ Normalidad	0,278	0,484	0,415

¹Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

²Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

³Normalidad de la distribución de los residuales - Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

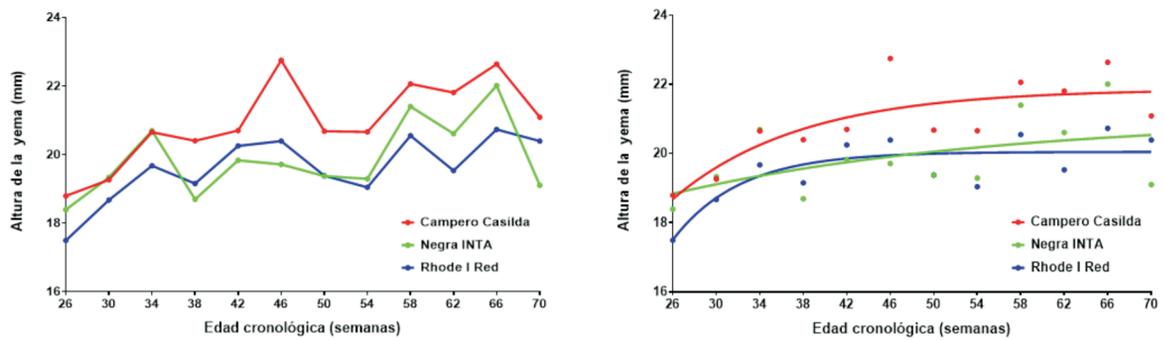


Figura 1. Comportamiento dinámico de la altura de la yema en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste con la función de Brody)

Diámetro de la yema

La Tabla 2 resume la información derivada del ajuste con la función exponencial asintótica de Brody. También en este caso se rechazó la hipótesis de una función común para los tres grupos genéticos ($F= 18,3; p< 0,0001$). Los huevos puestos por las gallinas Rhode Island Red presentaron menor diámetro de yema durante todo el ciclo, mientras que Negra INTA y Campero Casilda mostraron similares patrones dinámicos con menores valores hasta la semana 36 y mayores a partir de la misma en el caso del cruzamiento de tres vías (Figura 2).

Tabla 2. Estimadores de los parámetros con significado biológico de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos diámetro de la yema versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ A (mm)	44,9 ± 0,44	44,0 ± 0,43	41,4 ± 0,38
¹ k (sem ⁻¹)	0,0934 ± 0,02058	0,0938 ± 0,02893	0,1051 ± 0,04055
R ² ajustado	0,924	0,859	0,779
² Aleatoriedad	0,424	0,392	0,424
³ Normalidad	0,551	0,826	0,768

¹Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

²Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

³Normalidad de la distribución de los residuales - Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

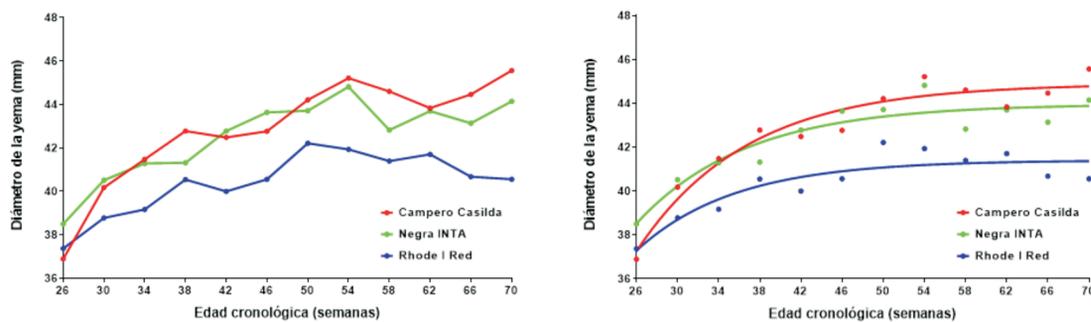


Figura 2. Comportamiento dinámico del diámetro de la yema en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste con la función de Brody)

Índice de yema

La Tabla 3 resume la información derivada del ajuste lineal de los datos experimentales. El comportamiento dinámico del carácter se describe gráficamente en la Figura 3. Todas las pendientes fueron negativas y no difirieron significativamente de cero ($F= 0,250; p= 0,780$) lo que permitió calcular un valor común para los tres grupos ($bc= -0,0045$) y comparar las alturas de las rectas las que tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($F= 2,799; p= 0,076; ac= 48,31$), si bien Negra INTA presentó valores experimentales uniformemente menores al de los dos grupos restantes en todo el ciclo.

Tabla 3. Estimadores de los parámetros de la función lineal aplicada al ajuste de los datos índice de yema versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ b (%/semana)	- 0,0124 ± 0,04601	- 0,0245 ± 0,05813	- 0,0234 ± 0,04404
¹ a (%)	49,5 ± 2,30	48,0 ± 2,90	47,5 ± 2,20
R ²	0,007	0,017	0,028
Ho) β = 0	F= 0,072; p= 0,794	F= 0,178; p= 0,368	F= 0,283; p= 0,607
² Aleatoriedad	0,825	0,067	0,854
³ Normalidad	0,567	0,616	0,258

¹ Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

² Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

³ Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

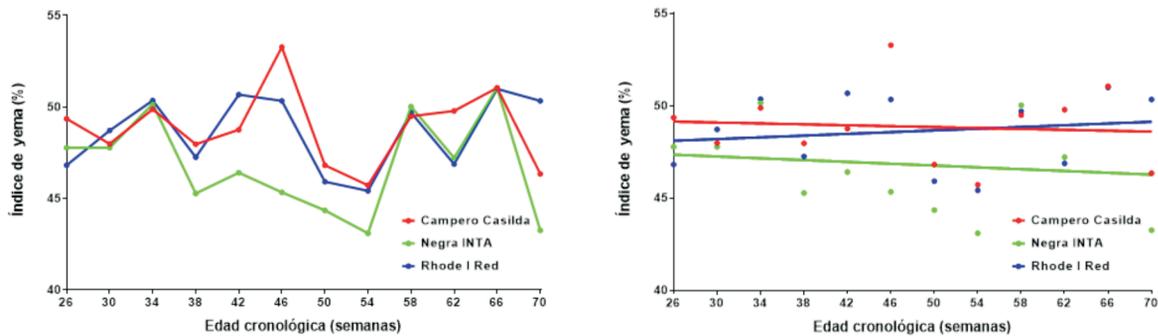


Figura 3. Comportamiento dinámico del índice de yema en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste lineal)

Altura del albumen

Tabla 4. Estimadores de los parámetros de la función exponencial decreciente aplicada al ajuste de los datos altura del albumen versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ Yo (mm)	10,2 ± 4,80	10,2 ± 4,95	26,1 ± 15,95
¹ Plateau (mm)	4,94 ± 1,659	5,12 ± 1,319	5,23 ± 0,296
¹ k (sem ⁻¹)	0,0327 ± 0,04624	0,0358 ± 0,04683	0,0786 ± 0,02945
¹ Span (mm)	5,21 ± 3,358	5,09 ± 3,792	20,87 ± 15,722
R ² ajustado	0,610	0,609	0,860
² Aleatoriedad	0,788	0,175	0,788
³ Normalidad	0,574	0,237	0,267

1 Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

2 Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

3 Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

La Tabla 4 resume la información derivada del ajuste con el modelo exponencial decreciente. Los tres genotipos mostraron un patrón dinámico susceptible de ser resumido con una función común a todos ellos (F= 0,806; p= 0,574 - Figura 4).

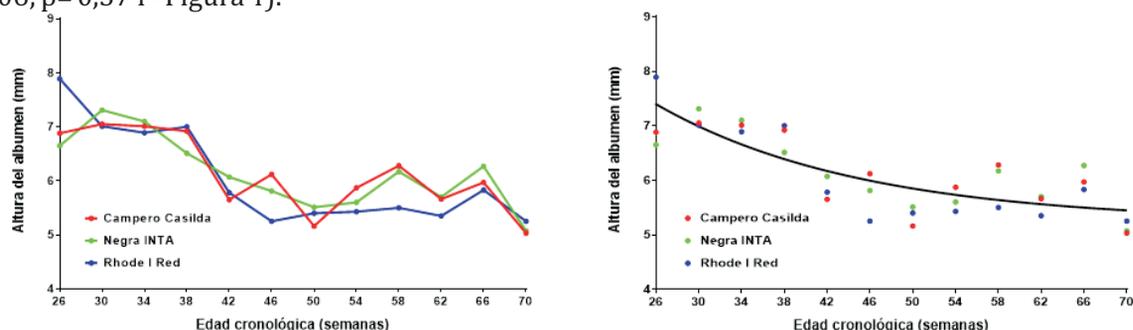


Figura 4. Comportamiento dinámico de la altura del albumen en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste exponencial decreciente)

Longitud del albumen

La Tabla 5 resume la información derivada del ajuste de los datos con la función exponencial asintótica de Brody. Al igual que en el caso de la altura no se rechazó la hipótesis de una función común para los tres grupos (F= 0,899; p= 0,510 – Figura 5).

Tabla 5. Estimadores de los parámetros con significado biológico de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos longitud del albumen versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ A (mm)	98,7 ± 9,93	98,4 ± 2,88	95,8 ± 1,99
¹ k (sem ⁻¹)	0,0383 ± 0,04730	0,0681 ± 0,03961	0,0891 ± 0,05058
R ² ajustado	0,522	0,693	0,637
² Aleatoriedad	0,608	0,825	0,424
³ Normalidad	0,814	0,132	0,381

¹ Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar ² Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

³ Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

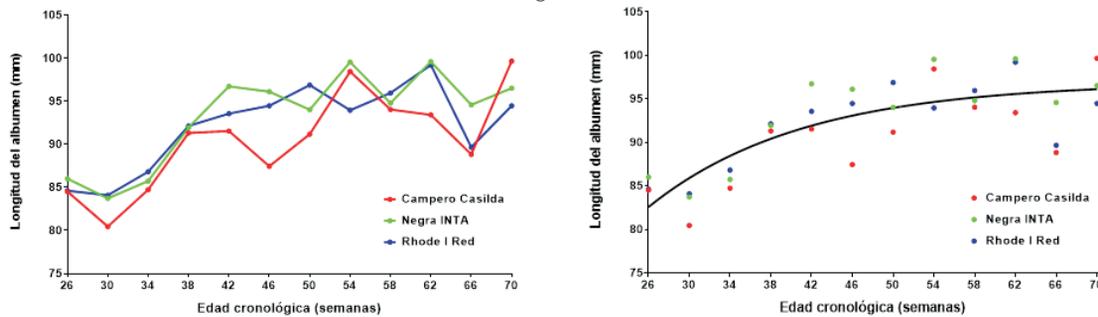


Figura 5. Comportamiento dinámico de la longitud del albumen en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste con la función de Brody)

Tabla 6. Estimadores de los parámetros con significado biológico de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos ancho del albumen versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ A (mm)	78,7 ± 1,00	81,5 ± 4,71	80,8 ± 1,64
¹ k (sem ⁻¹)	0,1677 ± 0,08328	0,0505 ± 0,04902	0,1095 ± 0,05170
R ² ajustado	0,637	0,533	0,690
Sy.x	2,407	3,022	2,978
² Aleatoriedad	0,608	0,854	0,076
³ Normalidad	0,923	0,484	0,829

1 Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar 2 Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

3 Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

La Tabla 6 resume la información derivada del ajuste de los datos con la función exponencial asintótica de Brody. El comportamiento dinámico del ancho del albumen mostró coincidencia entre genotipos por lo que pudo ser descripto por una función común para los tres grupos (F= 0,798; p= 0,580- Figura 6).

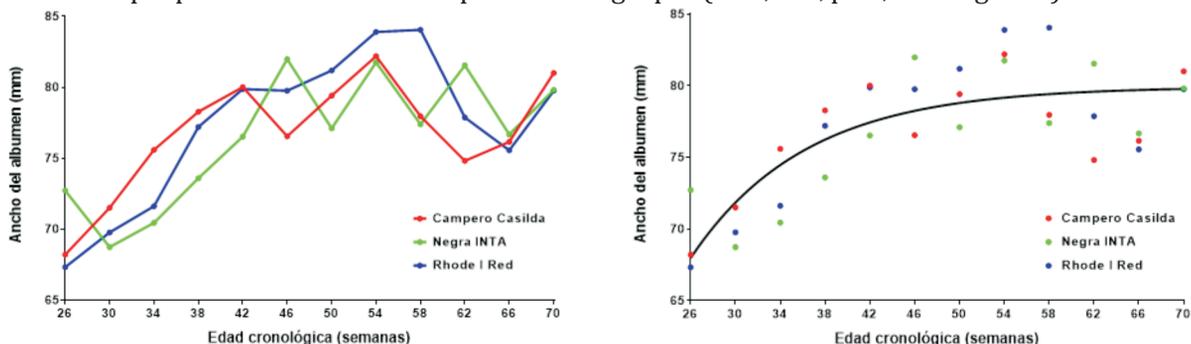


Figura 6. Comportamiento dinámico del ancho del albumen en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste con la función de Brody)

Índice de albumen

La Tabla 7 resume la información derivada del ajuste de los datos con un modelo exponencial decreciente. Tabla 7. Estimadores de los parámetros de la función exponencial decreciente aplicada al ajuste de los datos índice de albumen versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ Yo (mm)	20,2 ± 13,09	18,5 ± 12,51	66,8 ± 44,46
¹ Plateau (mm)	5,98 ± 1,025	5,88 ± 1,199	6,03 ± 0,324
¹ k (sem ⁻¹)	0,0528 ± 0,03850	0,0497 ± 0,04216	0,0988 ± 0,02761
¹ Span (mm)	14,2 ± 12,21	12,6 ± 11,48	60,8 ± 44,23
R ² ajustado	0,668	0,614	0,878
² Aleatoriedad	0,652	0,788	0,109
³ Normalidad	0,325	0,204	0,096

1 Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

2 Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

3 Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

No se rechazó la hipótesis de una función común para los tres grupos (F= 0,863; p= 0,534; Figura 7).

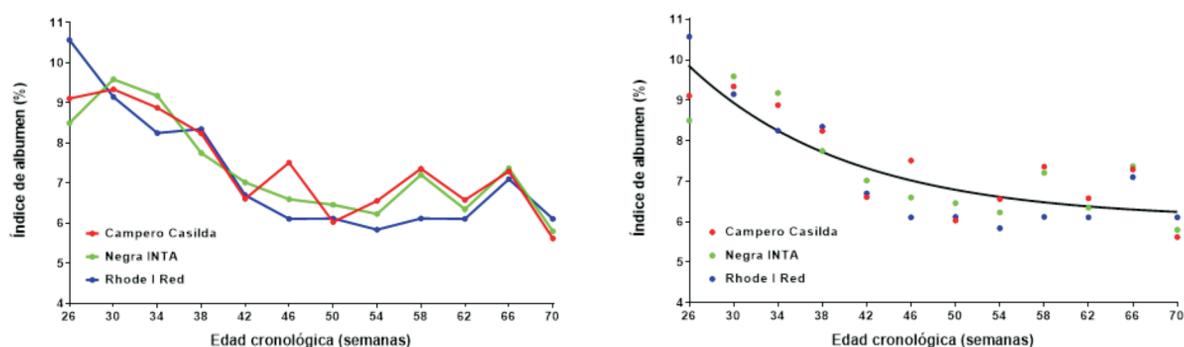


Figura 7. Comportamiento dinámico del índice de albumen en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste exponencial decreciente)

Unidades Haugh

La Tabla 8 resume la información derivada del ajuste de los datos con un modelo exponencial decreciente.

No se rechazó la hipótesis de una función común para los tres grupos (F= 0,534 p= 0,777 – Figura 8).

Tabla 8. Estimadores de los parámetros de la función exponencial decreciente aplicada al ajuste de los datos Unidades Haugh versus edad cronológica e indicadores de bondad de ajuste en tres genotipos de gallinas camperas

	Campero Casilda	Negra INTA	Rhode Island Red
¹ Yo	120,5 ± 25,67	118,8 ± 24,82	295,7 ± 120,67
¹ Plateau	88,2 ± 7,83	89,4 ± 6,27	91,4 ± 0,65
¹ k (sem ⁻¹)	0,0342 ± 0,03900	0,0364 ± 0,04040	0,1058 ± 0,02222
¹ Span	32,4 ± 18,83	29,4 ± 19,34	204,3 ± 120,22
R ² ajustado	0,621	0,606	0,925
² Aleatoriedad	0,788	0,175	0,608
³ Normalidad	0,514	0,162	0,123

1 Los valores corresponden al valor del estimador ± error estándar

2 Aleatoriedad de la distribución de los residuales- Test de rachas

3 Normalidad de la distribución de los residuales – Test ómnibus de D'Agostino & Pearson

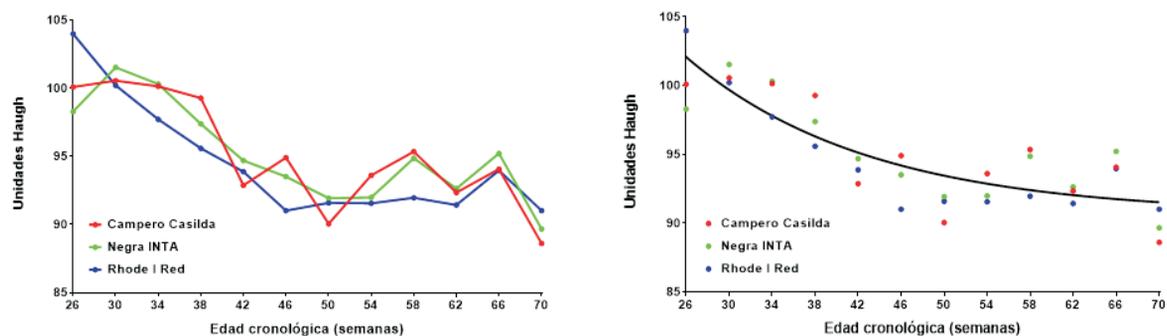


Figura 8. Comportamiento dinámico de las Unidades Haugh en tres genotipos de gallinas camperas (A la izquierda: valores experimentales. A la derecha: Ajuste exponencial decreciente)

DISCUSIÓN

Dado el uso generalizado de los huevos de gallina en la alimentación humana, su calidad ha sido motivo de preocupación para productores y consumidores. Si bien gran parte de la información generada al respecto enfatiza la relación entre la calidad del huevo y las condiciones en las que el mismo es almacenado¹⁷, los efectos de la edad de la gallina y de la raza, línea o estirpe evaluada también han concitado la atención de los investigadores^{18,19,20}.

El primer hecho a remarcar en las comparaciones efectuadas es que solo se observaron diferencias en el comportamiento dinámico de las variables medidas en la yema-altura y diámetro- las que no se tradujeron en diferencias significativas en los valores del índice derivado, mientras que los patrones temporales de las variables medidas en el albumen -altura, longitud y ancho- y los dos indicadores obtenidos por cálculo -índice de albumen y unidades Haugh- no difirieron entre genotipos. Esta particularidad permite plantear efectos diferenciales del genotipo sobre los caracteres habitualmente utilizados para caracterizar la calidad interna de los huevos.

El índice de yema ha sido utilizado como indicador de la calidad del huevo desde los trabajos de Sharp y Powell en la década de 1930. Los valores tomados como referencia difieren según las fuentes. De acuerdo con el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de la Argentina¹ los límites son de 0,44 para huevos de calidad "A" y de 0,39 para los de calidad B. En otros casos (21) que enfatizan su uso como indicador de frescura en relación al tiempo de almacenaje, los huevos con un índice de yema superior a 0,38 se consideran extra frescos, aquellos con valores comprendidos entre 0,28 y 0,38 como frescos y los que están por debajo de 0,28 se consideran regulares. Si bien con

una tendencia negativa a nivel muestral, las pendientes no difirieron significativamente de cero indicando un efecto nulo de la edad de la gallina sobre el valor promedio del índice de yema y, a diferencia de lo observado por otros autores que describen efectos significativos del genotipo (6) las tres poblaciones evaluadas presentaron en promedio un índice de 0,483 a juzgar por el valor de la ordenada al origen común de sus rectas de regresión.

Con respecto al albumen, tanto su altura per se como las Unidades Haugh calculadas en base a su valor, representan los dos indicadores estándar para evaluar la calidad interna del huevo (22). Se ha informado (23) que la calidad del albumen es un carácter de heredabilidad moderada y, mediante estudios genómicos ha sido posible identificar regiones cromosómicas específicas relacionadas con el carácter lo que ha contribuido a comprender su base genética (24,25). También se ha informado (22,26) que la altura del albumen está afectada por la edad y la raza de la gallina. Los resultados presentados acuerdan con la primera de sus conclusiones en tanto los valores de la altura y las unidades Haugh, así como los de la longitud y el ancho del albumen mostraron patrones no lineales en función de la edad de las gallinas. La longitud y el ancho presentaron patrones crecientes mientras que la altura y las unidades Haugh patrones decrecientes, todos ellos compatibles con el deterioro del albumen con el progreso del ciclo productivo. En el caso de las unidades Haugh su valor tiende a disminuir debido al aumento del peso del huevo con el progreso del ciclo de postura y su participación en la ecuación utilizada para su cálculo (20). Esta menor calidad del albumen en los huevos producidos por las gallinas de mayor edad se debe al paulatino deterioro de la calidad de las proteínas que se depositan durante su formación (27). Sin embargo, la edad de la gallina por sí sola no es causa de valores inferiores a 60 UH

considerado como el límite de aceptación del consumidor por lo cual para que dicho límite se supere, la edad del ave debe combinarse con otros factores (28). El Manual del Departamento de Agricultura de las EE.UU (29) establece valores de HU superiores a 72 para huevos de calidad excelente (AA), valores comprendidos entre 60 y 72 para los de calidad alta (A) y valores menores a 60 para huevos de calidad inferior (B). El patrón decreciente de las Unidades Haugh en función de la edad de las aves alcanzó, independientemente del genotipo considerado, un valor asintótico inferior de 88 UH por lo que, pese al deterioro atribuible al menor valor de la altura del albumen con el progreso del ciclo de producción, los huevos presentaron calidad excelente en todo el lapso estudiado.

En comparación con ponedoras livianas Leghorn (30) los genotipos semi-pesados y pesado evaluados presentaron a una edad común de 40 semanas menor diámetro, mayor altura y mayor índice de yema, y menor longitud, altura e índice de albumen y mayor ancho de este componente y mayores Unidades Haugh. En el caso del índice de yema y las unidades Haugh los valores también fueron superiores a los informados para gallinas pesadas (20), no así el índice de albumen que presentó un menor valor al finalizar el ciclo.

CONCLUSIÓN

Los genotipos evaluados, en particular Campero Casilda y Negra INTA, se distribuyen a través del Programa de políticas públicas Prohuerta destinado a la promoción de prácticas agroecológicas para el autoabastecimiento, la educación alimentaria y la venta de excedentes en mercados alternativos con una mirada inclusiva de las familias productoras. Sus huevos se caracterizan por presentar una elevada calidad interna la que se mantiene a lo largo de todo el ciclo de postura sin diferencias en los indicadores vinculados con el albumen, pero con un comportamiento más ventajoso del componente yema en el caso del cruzamiento de tres vías Campero Casilda hecho que, comparativamente, lo valoriza en este aspecto como ave doble propósito para sistemas semi-intensivos frente a los otros dos genotipos.

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

aquellos 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 (UNR) 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 (CIN) el otorgamiento de una beca doctoral del Programa Estratégico de Formación de Recursos Humanos en Investigación y Desarrollo (PERHID).

BIBLIOGRAFÍA

1. SENASA - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Resolución 154/2013. http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/normativas/archivos/anexo_huevos.pdf
2. Honkatukia M, Tuiskula-Haavisto M, Ahola, V, Uimari P, Schmutz M, Preisinger R et al. Mapping of QTL affecting incidence of blood and meat inclusions in egg layers. *BMC Genet.* 2011; 12, 55. doi:10.1186/1471-2156-12-55
3. Tharrington JB, Curtis PA, Jones FT, Anderson KE. Comparison of physical quality and composition of eggs from historic strains of single comb White Leghorn chickens. *Poult Sci.* 1999; 78(4): 591-4. doi: 10.1093/ps/78.4.591.
4. Kirunda DFK, Mckee SR. Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poult Sci.* 2000; 79(8): 1189-93. doi: 10.1093/ps/79.8.1189
5. van den Brand H, Parmentier HK, Kemp B. Selection for antibody response against sheep red blood cells and layer age affect egg quality. *Br Poult Sci.* 2004; 45(6): 787-92. doi: 10.1080/00071660400014218
6. Tůmová E, Zita L, Hubeny M, Skřivan M, Ledvinka, Z.. The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech J Anim Sci.* 2018; 52: 26-30. doi:10.17221/2326-CJAS
7. Duman M, Şekeroğlu A, Yıldırım A, Eleroğlu H, Camcı Ö. Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *Europ Poult Sci.* 2016; 80: 1-9. doi: 10.1399/eps.2016.117
8. Yenice G, Kaynar O, Ileriturk M, Hira F, Hayirli A. Quality of eggs in different production systems. *Czech J Food Sci.* 2016; 34(4): 370-6. doi: 10.17221/33/2016-CJFS

9. Carrazzoni de Menezes P, Rodrigues de Lima E, Pinto de Medeiros J, Ketry de Oliveira WN, Evencio-Neto J. Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. *Rev Bras de Zootec.* 2012; 41(9): 2064-9. doi: 10.1590/S1516-35982012000900014
10. Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poult Sci.* 1962; 41(5):1461-68. doi:10.3382/ps.0411461
11. Silversides FG, Twizeyimana F, Villeneuve P. Research note: A study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poult Sci.* 1993;72:760-4. doi:10.3382/PS.0720760
12. Silversides FG, Villeneuve P. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? *Poult Sci.* 1994;73(1): 50-55. doi:10.3382/ps.0730050
13. Silversides FG, Budgell K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping. *Poult Sci.* 2004; 83(10):1619-23. doi: 10.1093/ps/83.10.1619.
14. Bonino MF. Pollo Campero. Protocolo para la certificación. INTA. EEA Pergamino. Argentina.1997.
15. Albrecht HN, Siegel PB, Pierson FW, Lewis RM. Egg quality traits differ in hens selected for high as compared with low antibody response to sheep red blood cells. *Poult Sci.* 2012;91(12):3025-31. doi: 10.3382/ps.2012-02505
16. Fitzhugh Jr HA. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci.* 1976; 42(4):1036-51. doi: 10.2527/jas1976.4241036x.
17. Kumari A, Tripathi UK, Maurya V, Kumar M. Internal quality changes in eggs during storage. *Int J Environ Sci Technol.* 2020; 9(4): 615-24.
18. Beaumont C, Calenge F, Chapuis H, Fablet J, Minvielle F, Tixier-Boichard M. Genetics of egg quality. *INRA Prod Anim.* 2010; 23(2):123-32.
19. Begli HE, Zerehdaran S, Hassani S, Abbasi MA, Khan Ahmadi AR. Heritability, genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in Iranian native fowl. *Br Poult Sci.* 2010; 51(6): 740-4. doi: 10.1080/00071668.2010.528750
20. Casas Rodríguez S, Guerra Casas L, Ceró Rizo A, Uña Izquierdo F. Empleo de los diámetros del huevo para el cálculo del volumen y superficie y su correlación con otros caracteres externos e internos en tres propósitos de gallinas reproductoras. *Rev prod anim.* 2016; 28(2-3): 33-8.
21. DSM. (2018). Egg quality manual. <https://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en/documents/dsm-egg-quality-manual.pdf>
22. Silversides FG, Scott TA. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult Sci.* 2001;80(8):1240-45. doi: 10.1093/ps/80.8.1240
23. Poggenpoel DG. Correlated response in shell and albumen quality with selection for increased egg production. *Poult Sci.* 1986; 65(9): 1633-41. doi: 10.3382/ps.0651633
24. Abasht B, Sandford E, Arango J, Settar P, Fulton JE, O'Sullivan NP et al. Extent and consistency of linkage disequilibrium and identification of DNA markers for production and egg quality traits in commercial layer chicken populations. *BMC Genomics.* 2009;10(Suppl 2):S2. doi: 10.1186/1471-2164-10-S2-S2.
25. Honkatukia M, Tuiskula-Haavisto M, Arango J, Tabell J, Schmutz M, Preisinger R et al. QTL mapping of egg albumen quality in egg layers. *Genet Sel Evol.* 2013; 45(1):31. doi:10.1186/1297-9686-45-31
26. Scott TA, Silversides FG. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poult Sci.* 2000; 79(12): 1725-29. doi 10.1093/ps/79.12.1725
27. Leeson S, Caston L, Summers JD. Layer performance of four strains of Leghorn pullets subjected to various rearing programs. *Poult Sci.* 1997; 76(1): 1-5. doi: 10.1093/ps/76.1.1.
28. Castelló JA, Barragán JI, Borroeta AC, Calvet S. Producción de huevos. Real Escuela de Avicultura. 2010. Barcelona. 575 pp.
29. USDA. 2000. Egg-Grading Manual. No. 75. USDA, Washington, DC, p. 24
30. Rath PK, Mishra PK, Mallick BK, Behura NC. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. *Vet World,* 2015; 28(4): 449-52. doi:10.14202/vetworld.2015.449-452