

Ornamentos sexuales y caracteres productivos en gallinas *Campero Casilda*

Romera, B.M.^{1,3}; Fernández, R.¹; Advínculo, S.A.¹; Canet, Z.E.^{1,2}; DiMasso, R.J.¹

¹Cátedra de Genética, Facultad Cs. Vet. UNR, Ovidio Lagos y Ruta 33. 2170 Casilda.

²INTA Pergamino, Ruta 32, Km 109, 2700 Pergamino. ³Becario PERHID.

E-mail: laboratoriojda@gmail.com

Resumen

Romera, B.M.; Fernández, R.; Advínculo, S.A.; Canet, Z.E.; DiMasso, R.J.: *Ornamentos sexuales y caracteres productivos en gallinas Campero Casilda*. Rev. Vet. 33: 2, 183-191, 2022.

Con el objetivo de asociar el tamaño de los ornamentos sexuales con caracteres reproductivos y productivos en gallinas del cruzamiento de tres vías *Campero Casilda* se calcularon, en 97 aves de 30 semanas, los índices de cresta [IC: longitud x alto] y barbilla [IB: longitud x ancho]. Los datos individuales se graficaron en un sistema de ejes cartesianos (X: IC; Y: IB) el que se dividió en cuatro cuadrantes mediante dos rectas que intersectan a cada eje a nivel de los valores medios. Se identificaron las aves con valores extremos de ambos índices [Cuadrante I (CI): $> IC > IB$ y Cuadrante III (CIII): $< IC < IB$] y, para cada una de ellas, se registraron los caracteres productivos a la madurez sexual, cuatro indicadores de desarrollo óseo a las 30 y 71 semanas, los patrones dinámicos del peso corporal y el peso del huevo y la relación de conversión en huevos en la primera parte del ciclo de postura. Las aves con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales (a) fueron más precoces y comenzaron la postura con huevos de menor peso, pero con similar regularidad y uniformidad, presentando (b) mayor longitud del tarso y del fémur en ambas edades, mayor diámetro del tarso a las 30 semanas y mayor longitud de la tibia a las 71 semanas de edad (c) mayor tasa de crecimiento exponencial entre la sexta y la vigésima semana pero similar patrón de crecimiento global, (d) menor peso asintótico del huevo, menor tasa de maduración para el carácter y menor peso teórico del primer huevo y (e) mayor número de huevos de menor peso y similar relación de conversión entre las 26 y 35 semanas. La combinación del tamaño de los ornamentos sexuales se presenta como una alternativa para la selección temprana de los reproductores.

Palabras clave: índice de cresta, índice de barbilla, madurez sexual, crecimiento, peso del huevo, relación de conversión.

Abstract

Romera, B.M.; Fernández, R.; Advínculo, S.A.; Canet, Z.E.; DiMasso, R.J.: *Sexual ornaments and productive traits in Campero Casilda hens*. Rev. Vet. 33: 2, 183-191, 2022. In order to associate the size of sexual ornaments with reproductive and productive characters in hens from the three-way cross *Campero Casilda*, the comb [CI: length x height] and wattle indices [BI: length x width] were calculated. Individual data were graphed in a Cartesian system (X: IC; Y: IB) which was divided into four quadrants by two lines that intersect each axis at the level of their mean values. Birds with extreme values of both indices [Quadrant I (CI): $> CI > IB$ and Quadrant III (CIII): $< CI < IB$] were identified and, for each of them, the productive characters at sexual maturity, four indicators of bone development at 30 and 71 weeks, the dynamic patterns of body weight and egg weight and the ratio of feed conversion to eggs in the first part of the laying cycle, were recorded. Birds with greater development of sexual ornaments (a) were precocious and began laying with eggs of lower weight, but with similar regularity and uniformity and presented (b) greater length

of the tarsus and femur in both ages, greater diameter of the tarsus at 30 weeks and greater length of the tibia at 71 weeks of age, (c) higher exponential growth rate between the sixth and twentieth week but similar global growth pattern, (d) lower asymptotic egg weight, lower maturation rate for the character and lower theoretical weight of the first egg and (e) higher number of eggs of lower weight and similar feed conversion ratio between 26 and 35 weeks. Size combination of sexual ornaments is presented as an alternative for the early selection of the breeders.

Key words: comb index, wattle index, sexual maturity, growth, egg weight, feed conversion ratio.

INTRODUCCIÓN

La cresta y las barbillas, apéndices carnosos desprovistos de plumas localizados en la cabeza de gallos y gallinas, cumplen un rol en la termo-regulación¹² y, como ornamentos sexuales, representan estímulos visuales vinculados con el comportamiento social en tanto su tamaño afecta las decisiones de apareamiento de machos y de hembras^{17,20}. En el antecesor silvestre de la gallina doméstica es un indicador del rango social de los machos y las hembras buscan aparearse con aquellos machos con crestas más grandes^{18,26}.

La evolución de la ornamentación sexual está asociada no solo a la elección de pareja sino también con el mayor éxito reproductivo de los individuos con ornamentos más grandes⁴. Las gallinas presentes en lotes mixtos que no tienen información sobre el *status* de dominancia social de los machos, permanecen cerca de aquellos con crestas más grandes que el promedio¹⁵.

La disminución del tamaño de los ornamentos femeninos durante la incubación proporciona una señal a los machos que evitan así a las hembras sexualmente no receptivas⁴. También se correlaciona con la masa ósea²⁴.

El estudio genómico de la estructura genética de la cresta demostró que la inversión somática femenina en este ornamento refleja tanto su inversión reproductiva como esquelética²⁴: la primera a través de un aumento en la producción de huevos, la segunda por su correlación con la masa ósea, y el vínculo entre ambas mediado por la movilización de minerales para la producción de huevos^{24,25}.

Se dispone, asimismo, de evidencia que las hembras con ornamentos sexuales de mayor tamaño producen óvulos más grandes, asignan más recursos a los embriones y están sujetas a una mayor competencia de espermatozoides debido a que los machos invierten esperma preferentemente en ellas²⁰.

El objetivo de este trabajo fue asociar el tamaño de los ornamentos sexuales con un conjunto de caracteres reproductivos y productivos en gallinas de un cruzamiento de tres vías a ser utilizado como

población base para el desarrollo de una población sintética.

MATERIAL Y MÉTODOS

Aves

Se trabajó con una población de 97 hembras Campero Casilda, cruzamiento de tres vías entre machos de la población sintética paterna AH' y hembras producto del cruzamiento simple entre las poblaciones sintéticas ES como padre y A como madre.

Estas poblaciones sintéticas fueron generadas y se mantienen en el Núcleo Genético de la Sección Avicultura de la Estación Experimental Agropecuaria "Ing. Agr. Walter Kugler" del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, en la localidad bonaerense de Pergamino.

Su composición genética es: Sintética AH' (50% Hubbard 50% estirpe Anak grises), Sintética ES (87,5% Cornish Colorado 12,5% Rhode Island Red) y Sintética A (75% Cornish Colorado 25% Rhode Island Red).

Desarrollo de los ornamentos sexuales

A las 30 semanas de edad se midieron en forma individual, con calibre micrométrico, la longitud y el ancho de los ornamentos sexuales cresta y barbilla¹¹ de cada ave según el siguiente detalle: longitud de la cresta (distancia entre la inserción de la cresta en el pico y el último lóbulo de la cresta) y ancho de la cresta (distancia desde la punta de la espina central hasta donde se inserta en el cráneo, si el número de espinas resultó ser par se utilizó el más alto).

También la longitud de la barbilla (distancia desde la inserción derecha de la barbilla en el pico, sosteniendo la barbilla con una mano y dibujando una línea recta hasta el fin de esta) y ancho de la barbilla (distancia perpendicular a la longitud en el sector más ancho de la barbilla). Se calcularon los índices de cresta [IC (mm²) = longitud de la cresta x alto de la cresta] y de barbilla [IB (mm²) = longitud de la barbilla x ancho de la barbilla].

Los datos individuales de ambos índices se graficaron en un sistema de ejes cartesianos ortogonales (X: IC; Y: IB) el que se dividió en cuatro cuadrantes mediante dos rectas que intersectan a cada eje a nivel de los valores medios de las variables respectivas [Cuadrante I (CI): $> IC > IB$; Cuadrante II (CII): $< IC > IB$; Cuadrante III (CIII): $< IC < IB$ y Cuadrante IV (CIV): $> IC < IB$]. Se identificaron las aves con valores extremos de ambos índices -cuadrantes I y III- y se registraron en ellas los siguientes caracteres de interés productivo.

Caracteres productivos a la madurez sexual

En el momento de la puesta del primer huevo se registró: la edad (días), como indicador de precocidad sexual, el peso corporal (g), el peso del primer huevo (g), el peso promedio de los 10 primeros huevos (g), como indicador más fiable del peso del huevo al inicio de la postura, el número de días necesarios para poner los 10 primeros huevos, como indicador de regularidad en el inicio de la postura, y el coeficiente de variación del peso de los 10 primeros huevos (%), como indicador de uniformidad en el inicio de la postura.

Indicadores de desarrollo óseo

A las 30 y 71 semanas de edad se registró en la extremidad derecha de cada ave, con calibre micrométrico, la longitud del muslo = fémur [desde la unión de la tibia con el fémur hasta la articulación coxo-femoral], la longitud del tarso [desde la articulación de la tibia hasta la articulación donde el dedo de la pata forma un ángulo de 90 grados con el tarso], el diámetro del tarso [desde atrás al frente, en el medio del hueso metatarsiano, sin presionar la piel] y la longitud de la tibia [desde su unión con el fémur hasta la articulación tarso-metatarsiana].

Patrón dinámico de peso corporal

Todas las aves se pesaron en forma individual a intervalos semanales entre el nacimiento y las 72 semanas de edad. El comportamiento del peso corporal en función de la edad se evaluó con tres criterios: Etapa 1 (nacimiento-semana 5 de crecimiento a piso con alimentación *ad libitum*), Etapa 2 (semana 6 a semana 22 de crecimiento en jaula individual de postura con restricción en el aporte de nutrientes) y Etapa 3 (período total: nacimiento-semana 72).

Los datos individuales correspondientes a las etapas 1 y 2 se ajustaron con el modelo exponencial creciente $Wt = Start \exp(ki * t)^9$. La función comienza en Start (inicio) y el valor de Wt (peso corporal en el tiempo t) aumenta exponencialmente con una tasa constante ki (tasa exponencial creciente: k1 - subperíodo nacimiento-semana 5 y k2 - subperíodo semanas 6 a 22) en función del tiempo t (semanas).

Los datos correspondientes al período total se ajustaron con el modelo sigmoideo de *Gompertz*⁸: $Wt = A \exp[-B \exp(-k * t)]$, donde: Wt = peso corporal en el tiempo t, A = peso corporal asintótico (valor de Wt cuando $t \rightarrow \infty$), B = constante de integración, parámetro de posición sin valor biológico, k = tasa de maduración (velocidad de aproximación a A) y t = edad cronológica (semanas).

Patrón dinámico del peso del huevo

Se registró diariamente y en forma individual el peso de los huevos puestos por todas las aves entre la madurez sexual y las 72 semanas de edad. Los datos longitudinales peso promedio semanal del huevo (g) versus edad de postura (semanas) se ajustaron con el modelo exponencial asintótico de *Weatherup & Foster*²³: $W(t) = A - B * r^t$, donde: W(t) = peso del huevo (g), en el tiempo t, A = peso asintótico del huevo (g), B = rango de aumento del peso del huevo (g) entre $t = 0$ y A, r = tasa de aproximación del peso del huevo al valor asintótico A y t = edad de postura (semanas).

Todos los ajustes se llevaron a cabo por regresión no lineal y su bondad se evaluó utilizando cuatro criterios: (a) la convergencia de las iteraciones en una solución, (b) el valor del coeficiente de determinación no lineal ajustado (R^2), (c) la normalidad (prueba de *D'Agostino & Pearson*) y (d) la aleatoriedad (test de rachas o ciclos) de la distribución de los residuales.

A los efectos del análisis estadístico los estimadores individuales de las tasas de crecimiento exponencial k1 y k2 y de los parámetros con significado biológico de la función de *Gompertz* (A y k) y de la función de *Weatherup & Foster* (A, r y B) se consideraron nuevas variables aleatorias.

Relación de conversión en huevos en la primera parte del ciclo de postura

Se registró el número total de huevos y el peso individual de todos los huevos puestos por las aves pertenecientes a los cuadrantes I y III entre las 25 y las 36 semanas de edad.

Debido al manejo de restricción cuantitativa de la oferta de alimento derivado de su condición de aves pesadas, todas las gallinas recibieron y consumieron una cantidad fija de alimento de 146 g/día. Para cada ave se calculó la masa de huevos correspondiente al período mencionado y la relación de conversión en huevos (RC = alimento consumido / masa de huevos).

Análisis estadísticos

La asociación entre los índices de cresta y barbilla se evaluó a partir del cálculo del coeficiente de correlación lineal producto-momento de *Pearson*. La distribución de las aves en los cuatro cuadrantes del plano cartesiano resultante de graficar en forma

conjunta los valores de ambos índices, se evaluó con una prueba X^2 de bondad de ajuste para una hipótesis extrínseca a los datos (distribución uniforme). El cumplimiento del supuesto de normalidad se puso a prueba con el test ómnibus de *D'Agostino & Pearson*.

En el caso de las variables con distribución normal, el efecto del cuadrante de pertenencia sobre el valor promedio de cuatro de los caracteres registrados a la madurez sexual (edad, peso corporal, peso del primer huevo y peso de los 10 primeros huevos), de los cuatro indicadores óseos medidos a las 30 y a las 70 semanas de edad, de los estimadores con valor biológico de las funciones exponencial creciente, *Gompertz y Weatherup & Foster* y de la relación de conversión y dos de sus variables asociadas (peso del huevo y masa de huevos) se evaluó con una prueba *t de Student* para datos independientes.

Ante el rechazo de la hipótesis de normalidad, el efecto del cuadrante de pertenencia sobre el valor mediano del número de días requeridos para poner los 10 primeros huevos, el coeficiente de variación del peso de los mismos y el número de huevos puestos entre las 26 y 35 semanas de edad se evaluó con la prueba *U de Mann-Whitney* para datos independientes.

En todas las comparaciones se utilizaron hipótesis alternativas unilaterales consistentes con las hipótesis biológicas que plantean direccionalidad en el valor promedio o mediano de los indicadores en las aves con mayor o menor desarrollo de los ornamentos sexuales²³.

RESULTADOS

Se observó una asociación positiva ($r = 0,507$) y significativa ($p < 0,0001$) entre ambos índices (Figura 1).

En consonancia con dicha asociación, la distribución de las aves no fue homogénea en los cuatro cuadrantes ($X^2 = 19,8$; $p < 0,001$), sino que se observó un predominio de las mismas en los cuadrantes I y III que asocian a ambos índices en el mismo sentido que el signo de la correlación: Cuadrante I (CI > IC > IB) $n = 32$, 33,0 %; Cuadrante II (CII < IC > IB) $n = 11$, 11,3 %; Cuadrante III (CIII < IC < IB) $n = 38$, 39,2%; Cuadrante IV (CIV > IC < IB) $n = 16$, 16,5 %.

Las aves ubicadas en los cuadrantes I y III, mostraron diferencias significativas en ambos índices (media aritmética \pm error estándar): IC - CI: $2167 \pm 72,4$ mm²; CIII: $1401 \pm 36,3$ mm², $t = 9,915$; $p < 0,0001$; IB - CI: $840 \pm 15,3$ mm²; CIII $586 \pm 12,5$ mm², $t = 12,97$ $p < 0,0001$.

Caracteres productivos a la madurez sexual

La Tabla 1 resume la información correspondiente a los caracteres evaluados al inicio del ciclo productivo. Se constataron diferencias significativas para la edad a la puesta del primer huevo y el peso promedio de los 10 primeros huevos.

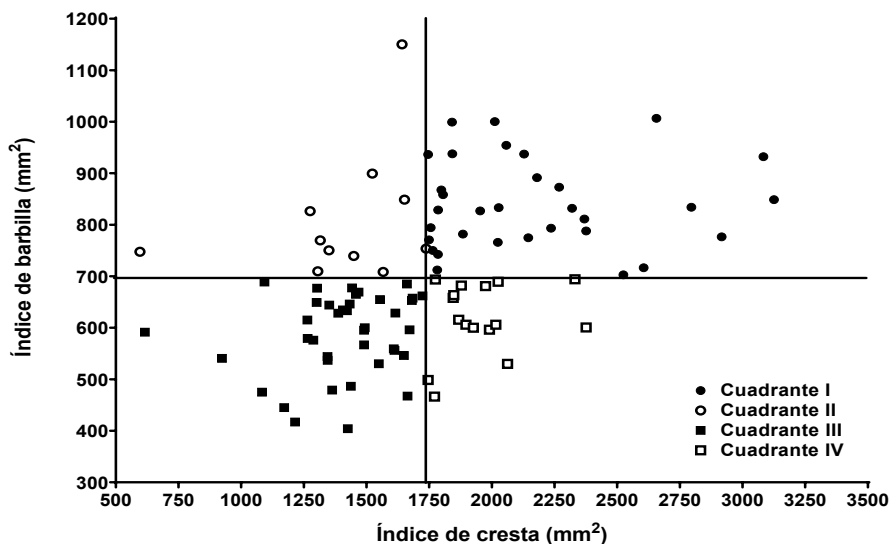


Figura 1. Distribución de las aves en el plano cartesiano definido por la representación conjunta de los índices de cresta y de barbilla en una población de gallinas *Campero Casilda*.

Tabla 1. Caracteres productivos a la madurez sexual de gallinas *Campero Casilda* discriminadas en forma conjunta por los valores de los índices de cresta y barbilla calculados a las 30 semanas de edad.

carácter productivo a la madurez sexual	cuadrante		contraste	
	I (n = 32)	III (n = 38)	estadístico	probabilidad
¹ edad (días)	180,8± 2,00	189,5 ± 1,98	t= 3,042	0,003
¹ peso corporal (g)	2727 ± 60,0	2799 ± 41,3	t= 1,016	0,313
¹ peso 1° huevo (g)	50,4 ± 1,42	52,1 ± 1,11	t= 0,958	0,342
¹ peso 10 1° huevos (g)	52,0 ± 0,68	55,0 ± 0,70	t= 3,003	0,004
² N° días 10 1° huevos	15 (13 - 17)	14 (12 - 15)	U= 472,5	0,078
² CV peso 10 huevos (%)	6,5 (5,0-8,1)	6,6 (5,2-8,0)	U = 603	0,812

CI: Cuadrante I (valores de los índices de cresta y barbilla mayores al promedio del lote). CIII: Cuadrante III (valores de los índices de cresta y barbilla menores al promedio del lote). ¹ Los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar. ² Los valores corresponden a la mediana (rango inter-cuartílico).

Las aves con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales (CI) fueron más precoces y comenzaron la etapa productiva con huevos de menor peso, pero con similar regularidad y uniformidad que aquellas con menor desarrollo de los mismos (C III).

Indicadores de desarrollo óseo

Las aves ubicadas en el Cuadrante I presentaron mayores valores de los cuatro indicadores óseos en las dos edades de registro (Tabla 2).

Dichas diferencias fueron estadísticamente significativas para la longitud del tarso en ambas edades y para el diámetro del tarso a las 30 semanas y marginalmente significativas para la longitud del muslo (fémur) en las dos edades de registro y para la longitud de la tibia a las 71 semanas de edad.

Tabla 2. Indicadores de desarrollo óseo registrados en dos edades del ciclo productivo de gallinas *Campero Casilda* discriminadas en forma conjunta por los valores de los índices de cresta y barbilla calculados a las 30 semanas de edad.

	semana 30		contraste		semana 71		contraste	
	C I n = 32	C III n = 39	t	p	C I n = 28	C III n = 38	t	p
Lonmus (mm)	102,3 ± 0,81	100,5 ± 0,85	1,490	0,071	108,3 ± 0,86	106,6 ± 0,89	1,366	0,088
Lontar (mm)	83,8 ± 0,90	81,3 ± 0,90	1,994	0,025	95,5 ± 0,92	93,6 ± 0,52	1,873	0,033
Diatar (mm)	11,8 ± 0,14	11,5 ± 0,09	2,041	0,023	12,4 ± 0,16	12,2 ± 0,09	0,945 ¹	0,175
Lontib (mm)	134,2 ± 1,00	132,8 ± 1,09	0,967	0,169	139,2 ± 1,16	136,8 ± 1,04	1,526	0,066

C I: Cuadrante I (valores de los índices de cresta y barbilla mayores al promedio del lote). C III: Cuadrante III (valores de los índices de cresta y barbilla menores al promedio del lote). Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar. ¹Con corrección de Welch por heterocedasticidad.

Patrón dinámico de peso corporal

La Tabla 3 presenta los valores de los estimadores de los parámetros con significado biológico de las funciones utilizadas para el ajuste de los datos peso corporal - edad cronológica, en las tres etapas del ciclo. Los patrones dinámicos resultantes se muestran gráficamente en la porción izquierda de la Figura 2.

No se observaron diferencias significativas en la tasa de crecimiento exponencial inicial entre las aves ubicadas en uno y otro cuadrante, pero sí en la

tasa de crecimiento exponencial correspondiente a la etapa comprendida entre la sexta y la vigésima semana.

Las gallinas con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales (CI) presentaron mayor tasa de crecimiento previo al inicio de la actividad reproductiva que aquellas pertenecientes al CIII.

Tampoco se observaron diferencias significativas entre los valores promedio de los estimadores de la función de *Gompertz* que definen la forma de la curva de crecimiento correspondiente al ciclo total.

Tabla 3. Tasas de crecimiento exponencial pre-postura y estimadores de la función sigmoidea de *Gompertz* de gallinas *Campero Casilda* discriminadas en forma conjunta por los valores de los índices de cresta y barbilla calculados a las 30 semanas de edad.

variable	cuadrante		contraste	
	I (n = 32)	III (n = 38)	estadístico.	probabilidad.
k1 (0-5 semanas)	0,439 ± 0,0019	0,441 ± 0,0022	t = 0,640	0,524
k2 (6-20 semanas)	0,0596 ± 0,00124	0,0542 ± 0,00104	t = 3,344	0,001
A (g)	3428 ± 101,7	3481 ± 105,0	t = 0,649	0,518
k (g ⁻¹)	0,085 ± 0,0028	0,081 ± 0,0022	t = 0,043	0,966

C I: Cuadrante I (valores de los índices de cresta y barbilla mayores al promedio del lote). CIII: Cuadrante III (valores de los índices de cresta y barbilla menores al promedio del lote). Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar. k1 y k2 tasas de crecimiento exponencial. A: peso corporal asintótico (función de *Gompertz*). k tasa de maduración (función de *Gompertz*).

Patrón dinámico del peso del huevo

En la Tabla 4 se resumen los valores de los estimadores con significado biológico de la función de *Weatherp & Foster*. El comportamiento dinámico del carácter se describe gráficamente en la porción derecha de la Figura 2.

Las aves pertenecientes al Cuadrante I, con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales

presentaron menor peso asintótico del huevo, menor tasa de maduración para el carácter y menor peso teórico del primer huevo, sin diferir significativamente de aquellas ubicadas en el Cuadrante III en el rango de aumento del peso del huevo a lo largo del ciclo de producción.

Tabla 4. Estimadores de la función exponencial asintótica de *Weatherup & Foster* de gallinas *Campero Casilda* discriminadas en forma conjunta por los valores de los índices de cresta y barbilla calculados a las 30 semanas de edad.

variable	cuadrante		contraste	
	I (n = 32)	III (n = 38)	estadístico	probabilidad
A (g)	69,8 ± 1,11	75,9 ± 1,60	t = 2,985	0,004
r (g ⁻¹)	0,915 ± 0,0121	0,945 ± 0,0042	t = 2,462	0,016
B (g)	20,9 ± 0,88	22,3 ± 1,26	t = 0,835	0,407
A-B (g)	48,9 ± 0,98	53,6 ± 0,70	t = 4,040	0,0001

I: cuadrante I (valores de los índices de cresta y barbilla mayores al promedio del lote). III: cuadrante III (valores de los índices de cresta y barbilla menores al promedio del lote). Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar. A: peso asintótico del huevo. r: tasa de maduración para peso del huevo. B: rango de peso del huevo. (A-B): peso teórico del primer huevo.

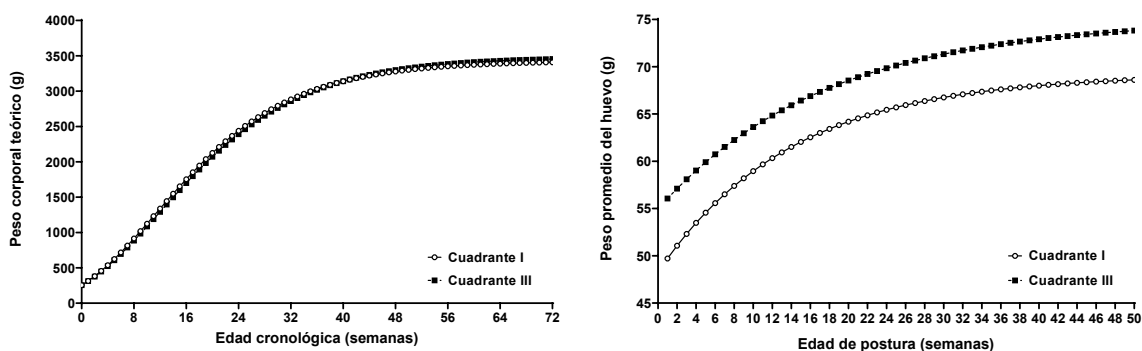


Figura 2. Patrones dinámicos de aumento de peso corporal (izquierda) y aumento de peso del huevo (derecha) de gallinas *Campero Casilda* discriminadas por el tamaño de sus ornamentos sexuales.

Relación de conversión en huevos en la primera parte del ciclo de postura

Los valores de relación de conversión de alimento en huevos y las variables que la determinan (número de huevos x peso promedio del huevo = masa de huevos) se presentan en la Tabla 5.

Las aves pertenecientes al CI, con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales, pusieron

un mayor número de huevos los que, en promedio, presentaron menor peso. La combinación de ambos indicadores se tradujo en una diferencia marginalmente significativa en la masa de huevos, favorable a las aves ubicadas en dicho cuadrante. Las aves de una y otra categoría no se diferenciaron significativamente en la relación de conversión.

Tabla 5. Número de huevos, peso promedio del huevo, masa de huevos y relación de conversión en huevos de gallinas *Campero Casilda* discriminadas en forma conjunta por los valores de los índices de cresta y barbilla calculados a las 30 semanas de edad.

variable	cuadrante		contraste	
	I (n = 32)	III (n = 38)	estadístico	probabilidad
¹ número total de huevos	63 (54 - 67)	55 (48 - 61)	U = 386,5	0,006
² peso del huevo (g)	56,9 ± 0,60	59,2 ± 0,52	t = 2,944	0,004
² masa de huevos (g)	3356±101,7	3089±105,0	t = 1,805	0,076
² relación de conversión	3,68±0,161	3,69 ± 0,178	t = 0,043	0,966

I: Cuadrante I (valores de los índices de cresta y barbilla mayores al promedio del lote). III: Cuadrante III (valores de los índices de cresta y barbilla menores al promedio del lote). ¹Los valores corresponden a la mediana (rango intercuartílico).

²Los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar.

DISCUSIÓN

El aumento del tamaño de los ornamentos sexuales de gallos y gallinas es un indicador de la proximidad de la madurez sexual ¹⁷. A medida que las pollas avanzan hacia el inicio de la puesta, su cresta comienza a agrandarse y, simultáneamente, aumentan los niveles plasmáticos de estrógeno ^{3, 14}.

En la gallina se ha demostrado que ciertos alelos que aumentan el peso de la cresta también

disminuyen la edad de la madurez sexual ²⁵ y que las aves con crestas más grandes comienzan antes su postura ⁵.

En coincidencia con esta afirmación, las aves *Campero Casilda* con mayores valores de los índices de cresta y barbilla fueron más precoces y comenzaron la postura con nueve días de anticipación respecto de aquellas con menor desarrollo de los mismos.

Ese adelanto en la madurez sexual no estuvo acompañado de diferencias en el peso corporal pero

se reflejó en un menor peso de los primeros huevos sin afectar ni la regularidad ni la uniformidad del inicio de la postura.

Las gallinas con crestas más grandes depositan más calcio en la diáfisis de los huesos, lo que evidencia la asociación positiva del tamaño de los ornamentos sexuales con la asignación ósea¹³.

Debido a ello dichos ornamentos, en particular la cresta por su facilidad de medición, presentan potencial como indicadores de la propensión a la osteoporosis, un carácter de dificultosa evaluación que se manifiesta más tardíamente en la vida de las gallinas⁴.

La evidencia disponible acerca de la mayor inversión esquelética por parte de las gallinas con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales, tuvo su correlato en el comportamiento de los cuatro indicadores utilizados para operacionalizar la variable desarrollo óseo. Dicha relación se hizo evidente tanto en el inicio del ciclo productivo como al final del mismo.

En las gallinas, el tamaño de la cresta se correlaciona también con la fecundidad y la calidad de los huevos. Las ponedoras con crestas grandes producen más huevos, lo que está potencialmente regulado por hormonas²⁵ y muestran mayor facilidad en la movilización de calcio hacia la cáscara del huevo.

Si bien en este trabajo no se evaluó la calidad de la cáscara, sí se observó que aquellas gallinas con mayor desarrollo de los ornamentos sexuales pusieron mayor número de huevos al inicio del ciclo productivo.

Dada la asociación negativa entre el número de huevos puestos y el tamaño de los mismos, evaluado a través del registro del peso^{7,10}, las aves de ese grupo pusieron en promedio huevos más livianos pese a lo cual la tendencia en la masa de huevos producida fue favorable a las gallinas con mayores índices de cresta y barbilla, sin diferencias significativas en la relación de conversión.

El menor peso de los huevos puestos por las gallinas con mayor desarrollo de cresta y barbillas, se hizo evidente al evaluar el patrón dinámico de este carácter productivo a lo largo de todo el ciclo. Pese a la asociación también de signo negativo entre crecimiento (peso corporal) y reproducción (postura) descrita en gallinas^{1,6} no se observaron diferencias en el patrón de crecimiento global de las gallinas con diferente tamaño de los ornamentos sexuales.

Este resultado se explicaría porque las correlaciones peso corporal-peso del huevo y peso del huevo-número de huevos, no son perfectas y ya sea que se deban a ligamiento factorial o a *efectos pleiotrópicos*, existe en las poblaciones variancia para cada uno de dichos caracteres independiente de la variación en los caracteres restantes.

CONCLUSIÓN

Se ha postulado que dado los valores entre moderados y altos de la heredabilidad del tamaño de la cresta²², la facilidad de su acceso y medición, así como las asociaciones con caracteres de interés reproductivo y productivo, sería apropiado considerar a este ornamento como criterio en procesos de selección indirecta²¹.

Campero Casilda es un cruzamiento de tres vías a ser utilizado como población base para la producción de una población sintética de doble propósito.

En el marco de una estrategia de selección por niveles independientes de rechazo, la combinación del tamaño de los ornamentos sexuales se presenta como una alternativa para la elección temprana de los reproductores en las sucesivas generaciones hasta el momento de su estabilización.

REFERENCIAS

1. **Barbato GF.** 1999. Genetic relationships between selection for growth and reproductive effectiveness. *Poult Sci* 78: 3, 444-452.
2. **Blas J, Perez RL, Bartlett GR, Vineland J, Merchant TA.** 2006. Testosterone increases bioavailability of carotenoids: insights into the honesty of sexual signalling. *Proc Natl Acad Sci USA* 49: 18633-18637.
3. **Bullock J, Hall JC.** 1968. Effect of steroid esters on comb growth. *World Poult Sci J* 24: 328.
4. **Cornwallis CK, Birkhead TR.** 2007. Experimental evidence that female ornamentation increases the acquisition of sperm and signals fecundity. *P Roy Soc Biol Sci* 274: 1609, 583-590.
5. **Eitan Y, Soller M, Rozenmboin I.** 1998. Comb size and estrogen levels toward the onset of lay in broiler and layer strain females under ad libitum and restricted feeding. *Poult Sci* 77: 11, 1593-1600.
6. **Etches RJ.** 1996. Growth and sexual maturation. In: *Reproduction in Poultry* (Etches RJ Ed), CAB International, Wallingford, UK, p. 96-97.
7. **Fairfull RW, Gowe RS.** 1990. Genetics of egg production in chickens. In: *Poultry Breeding and Genetics*, Chapter 29 (Crawford RD Ed), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, p. 705-759.
8. **Fitzhugh HA.** 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci* 42: 4, 1036-1051.
9. **France J, Dijkstra J, Dhanoa M.** 1996. Growth functions and their application in animal science. *Ann Zootech* 45: Suppl. 1, 165-174.

10. **Francesch A, Estany J, Alfonso L, Iglesias M.** 1997. Genetic parameters for egg number, egg weight, and eggshell color in three *catalan* poultry breeds. *Poult Sci* 76: 12, 1627-1633.
11. **Francesch A, Villalba I, Carta  a M.** 2011. Methodology for morphological characterization of chicken and its application to compare *Penedesenca* and *Empordanesa* breeds. *Animal Genetic Resources* 48: 79-84.
12. **Hester PY, Ramamneh DS, Makagon MM, Cheng HW.** 2015. Effect of partial comb and wattle trim on pullet behavior and thermoregulation. *Poult Sci* 94: 5, 860-866.
13. **Johnsson M et al.** 2012. A sexual ornament in chickens is affected by pleiotropic alleles at HAO1 and BMP2, selected during domestication. *PLoS Genet* 8: 8, e1002914.
14. **Joseph NS, Robinson FE, Renema RA, Thorsteinson KA.** 2003. Comb growth during sexual maturation in female broiler breeders. *J Appl Poultry Res* 12: 1, 7-13.
15. **Jraves HB, Hable CP, Jenkins TH.** 1985. Sexual selection in *Gallus*: Effects of morphology and dominance on female spatial behavior. *Behav Proces* 11: 189-197.
16. **Moro C et al.** 2015. Quantitative effect of a CNV on a morphological trait in chickens. *PLoS One* 10: 3, e0118706.
17. **Mukhtar N, Khan S.** 2012. Comb an important reliable visual ornamental trait for selection in chickens. *Worlds Poult Sci J* 68: 3, 425-434.
18. **Parker T, Ligon J.** 2003. Female mating preferences in red jungle fowl: a meta-analysis. *Ethol Ecol Evol* 15: 63-72.
19. **Pizzari T, Birkhead TR.** 2000. Female feral fowl eject sperm of subordinate males. *Nature* 405: 6788, 787-789.
20. **Pizzari T, Cornwallis CK, Lovlie H, Jakobsson S, Birkhead TR.** 2003. Sophisticated sperm allocation in male fowl. *Nature* 426: 6962, 70-74.
21. **Shen M et al.** 2016. Genome-wide association studies for comb traits in chickens. *PLoS One* 11: 7, e0159081.
22. **Tufvesson BM, Tufvesson B, Schantz T, Johansson K, Wilhelmson M.** 1999. Selection for sexual male characters and their effects on other fitness related traits in White Leghorn chickens. *J Anim Breed Genet* 116: 2, 127-138.
23. **Weatherup S, Foster W.** 1980. A description of the curve relating egg weight and age of hen. *Br Poult Sci* 21: 6, 511-519.
24. **Wright D et al.** 2007. The genetic architecture of a female sexual ornament. *Evol* 62: 1, 86-98.
25. **Wright D et al.** 2012. Onset of sexual maturity in female chickens is genetically linked to loci associated with fecundity and a sexual ornament. *Reprod Dom Anim* 47: 1, 31-36.
26. **Zuk M et al.** 1990. The role of male ornaments and courtship behavior in female mate choice of red jungle fowl. *Am Nat* 136: 4, 459-473.