

CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE CINCO POBLACIONES SINTÉTICAS DE GALLINAS REPRODUCTORAS CAMPERAS

**Dra. Zulma Edith Canet^{1,2}, Esp. Bernardo Martín Romera²,
BU José Ernesto Librera^{1,2}, Dra. Ana María Dottavio^{2,3},
Dr. Ricardo José Di Masso RJ^{2,3}**

¹Sección Avicultura. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”. CC 31 (B2700WAA) Pergamino. ²Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Ovidio Lagos y Ruta 33. (S2170HGJ) Casilda. Carrera del Investigador Científico-Universidad Nacional de Rosario (CIC-UNR)
E-mail: canet.zulma@inta.gob.ar

RESUMEN: *El pollo Campero INTA es un tipo de ave de lento crecimiento apto para sistemas semi-intensivos que preservan el bienestar animal, cuya modalidad de producción está protocolizada. En su versión tradicional es un cruzamiento simple entre la sintética paterna AS y la sintética materna E. Además de la sintética E se cuenta con otras cuatro poblaciones sintéticas maternas que representan un material poco utilizado en tanto no forman parte de cruzamientos específicos destinados a la producción de pollos camperos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar integralmente las cinco poblaciones sintéticas por su aptitud como progenitores maternos para la producción de pollos camperos, a través de la evaluación de su comportamiento productivo y reproductivo. Los resultados muestran que, con particularidades propias de cada una de ellas, todas presentan potencialidad para ser utilizadas con la finalidad propuesta. Si bien el esquema de cruzamientos clásico para la producción de este tipo de aves para carne sólo involucra dos genotipos, la utilización de un cruzamiento simple entre sintéticas como progenitor femenino de un cruzamiento final de tres vías, permitiría hacer uso de potenciales efectos heteróticos revertiendo así la depresión endogámica de estas poblaciones a la vez que las revalorizaría como recurso genético propio.*

Palabras clave: crecimiento, uniformidad, postura, peso del huevo, condición corporal

PRODUCTIVE CHARACTERIZATION OF FIVE COMPOSITE POPULATIONS OF FREE-RANGE BREEDING HENS

ABSTRACT: *Campero INTA is a type of slow-growing bird suitable for semi-intensive systems that preserve animal welfare, whose production is protocolized. In its traditional version it is a two-way cross between the paternal composite population AS and the maternal composite population E. In addition to E, there are four other maternal composite populations that represent a not widely used genetic resource as long as they are not involve in specific crosses destined to produce free-range chickens. The aim of this work was to fully characterize these five synthetic populations for their aptitude for the production of free range chickens through the evaluation of their productive and reproductive behavior. The results show that, with specific characteristics of each of them, all are potentially useful for the aforementioned purpose. Although the classic crossing scheme for producing this type of meat birds only involves two genotypes, the use of a two-way cross between composite populations as the female parent of a three-way terminal cross would allow to make use of potential heterotic effects thus reversing the inbreeding depression shown by these populations at the same time that would revalue them as a genetic resource.*

Key-words: growth, uniformity, egg production, egg weight, body condition

INTRODUCCIÓN

La producción pecuaria de los países en desarrollo se ha llevado a cabo tradicionalmente bajo la modalidad de sistemas extensivos multi-propósito. El avance de la “revolución pecuaria” produjo aceleradas transformaciones en estos sistemas²⁷ estimándose que en los próximos años la demanda global por todo tipo de carne duplicará los valores actuales convirtiendo a los países “del Sur” en los principales productores y abastecedores tanto de éste como de otros productos de origen animal. Estos hechos han ido modificando los sistemas de crianza que pasaron de la producción de animales para múltiples propósitos y suministro local de alimentos a sistemas en los cuales los animales se crían en condiciones intensivas y se destinan a la exportación⁷. La avicultura argentina reproduce, al menos en parte, este modelo. Siguiendo la tendencia mundial, las aves con aptitud doble propósito fueron reemplazadas por otras especializadas en la producción de huevos o de carne. En esta última, tuvo lugar una integración vertical creciente desde la producción de reproductores, alimento balanceado y otros insumos a la faena, el procesado y la comercialización de las aves. A comienzos de la década de 1990 surgió en nuestro país una alternativa productiva con la intención de armonizar aspectos tecnológicos, requerimientos animales y calidad diferenciada del producto final. El pollo “Campero INTA”, similar al “Label Rouge” francés²⁴ y al “Free Range” inglés¹, es un ave de lento crecimiento apta para sistemas semi-intensivos que preservan el bienestar animal, cuya modalidad de producción está protocolizada². Su pretensión no es competir con el pollo parrillero industrial, sino convertirse en un producto con valor agregado destinado a consumidores que demandan alimentos generados en condiciones más naturales, que tomen en consideración el bienestar animal. Como tal, el pollo campero representa una alternativa de diversificación para pequeños productores a la vez que un material genético con mayor variabilidad y rusticidad, adaptado a condiciones de cría más diversas, apto para su distribución en el marco de planes de asistencia a grupos familiares con necesidades básicas insatisfechas⁹. El objetivo de este trabajo fue caracterizar integralmente cinco poblaciones sintéticas de gallinas por su aptitud como progenitores maternos para la producción de pollos camperos a través de la evaluación de su comportamiento productivo y

reproductivo. Las mismas poblaciones han sido caracterizadas previamente a través del comportamiento productivo de sus progenies^{10,11,12}.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aves

Se evaluaron hembras pertenecientes a cinco poblaciones sintéticas de gallinas (A, E, CE, DE y ES) utilizadas como genotipo materno en cruzamientos destinados a la producción de pollos camperos. La constitución genética de dichas poblaciones sintéticas es (Bonino, comunicación personal): Sintética A [75 % Cornish Colorado 25 % Rhode Island Red], Sintética E [50 % Cornish Colorado 50 % Rhode Island Red], Sintética CE [50 % Ross 25 % Cornish Colorado 25 % Rhode Island Red], Sintética DE [50 % Hubbard 25 % Cornish Colorado 25 % Rhode Island Red] y Sintética ES [87,5 % Cornish Colorado 12,5 % Rhode Island Red]. Estas poblaciones se generaron por cruzamientos dirigidos en el Núcleo Genético de la Sección Avicultura en la EEA INTA Pergamino, donde se mantienen en la actualidad, cerradas y con bajo número efectivo.

Manejo general

Las aves se criaron como un único grupo, en confinamiento, con una densidad inicial de 20 animales por m². A las 12 semanas de edad, las hembras se trasladaron al alojamiento definitivo de reproductores, en compartimientos separados para cada grupo genético (n=100 aves por grupo), donde permanecieron en control hasta las 50 semanas. A las 20 semanas de edad se agregaron, en cada compartimiento, 11 gallos contemporáneos del correspondiente grupo genético los que fueron reemplazados en su totalidad cada 70 días. Todas las aves recibieron alimento balanceado [Cría: nacimiento/8 semanas; Crecimiento: 9/16 semanas; Pre-postura: semana 17 hasta el 5 % de postura y Postura: desde el 5 % de postura hasta la finalización del ciclo] y el plan sanitario establecido en el protocolo respectivo². La alimentación fue *ad libitum* en las primeras cuatro semanas. A partir de ese momento y hasta la semana 19, las hembras se alimentaron de acuerdo a una curva de provisión de alimento semanal. Para la etapa de pre-postura entre las 20 y las 24 semanas el suministro de alimento acompañó al aumento de peso. La asignación de alimento a partir de la semana 24 se basó en el aumento de peso y la respuesta productiva de las aves hasta que

éstas alcanzaron el 35 % de postura, momento a partir del cual se estabilizó la cantidad de alimento suministrado.

Patrón de crecimiento

Todas las aves fueron pesadas individualmente a intervalos semanales entre el nacimiento y las 50 semanas de edad. Los datos longitudinales peso corporal-edad cronológica se ajustaron por regresión no lineal con la función sigmoidea de Gompertz¹⁵ $Wt = A \exp(-b \exp(-kt))$, donde:

- Wt = peso corporal (g) en el tiempo t
- A = peso corporal maduro o asintótico (g), valor de Wt cuando $t \rightarrow \infty$
- b = parámetro de posición, constante de integración sin significado biológico
- k = tasa de maduración para peso corporal
- t = edad cronológica en semanas

Uniformidad en peso corporal

La uniformidad en peso corporal de cada grupo genético se estimó a intervalos semanales durante todo el ciclo, utilizando como indicador el valor del coeficiente de variación [desvío estándar fenotípico relativizado por el valor del promedio del carácter y expresado como porcentaje]²⁶. El comportamiento dinámico del indicador de uniformidad, en las diferentes poblaciones, se caracterizó tomando como base una escala con cuatro categorías utilizada por una compañía comercial²³: muy uniforme (MU) = $CV < 8\%$; uniforme (U) = $8\% < CV < 10\%$; uniformidad moderada (UM) = $10\% < CV < 12\%$ y uniformidad deficiente (UD) = $CV > 12\%$.

Caracteres productivos a la madurez sexual

Se registró la edad de cada lote a la puesta del primer huevo -indicador de madurez sexual- y cuando los mismos alcanzaron el 5 % y el 50 % de postura, el peso corporal a la puesta del primer huevo y el peso del huevo cuando cada lote alcanzó el 5 % de postura.

Fase inicial de la curva de postura

Se determinó el número de huevos puestos entre la madurez sexual y el pico de postura. El porcentaje semanal de aves en postura se calculó dividiendo el número total de huevos recolectados en la semana por el número de gallinas días (número de aves vivas por 7). Los datos longitudinales proporción de aves

en postura-edad cronológica se ajustaron por regresión no lineal con la función sigmoidea de Gompertz¹⁵ $Pt = A \exp(-b \exp(-kt))$, donde:

- Pt = proporción de aves en postura (%) en el tiempo t
- A = proporción de aves en el pico de postura
- b = parámetro de posición, constante de integración sin significado biológico
- k = velocidad de aproximación al pico de postura
- t = edad cronológica en semanas

Estudio dinámico del peso del huevo

Entre el inicio de la postura y las 50 semanas de edad se pesaron todos los huevos puestos en un día fijo en cada semana y el peso promedio de los mismos se asignó a la semana respectiva. Los datos longitudinales peso promedio (g) de los huevos puestos en cada semana vs la edad cronológica (semanas) de las aves se ajustaron por regresión no lineal con el modelo exponencial asintótico de Brody¹⁵, $Wht = A*[1 - b*e^{(-k*X)}]$, donde:

- Wht = peso del huevo (g) en el tiempo t
- A = peso asintótico del huevo, valor de Wht cuando $t \rightarrow \infty$
- b = constante de integración sin valor biológico
- k = tasa de maduración (velocidad de aproximación al peso asintótico)
- t = edad cronológica en semanas

Forma y tamaño del huevo

La forma y el tamaño de los huevos se evaluaron en dos edades del primer ciclo de postura (30 y 43 semanas). Para tal fin se recolectaron todos los huevos puestos por las aves en el lapso comprendido entre dos días antes y dos días después (total cinco días) de la fecha en que las mismas alcanzaron las edades mencionadas y de ese total se eligieron al azar 120 unidades. Los huevos seleccionados se pesaron con aproximación a la décima de gramo y se determinó su largo y su ancho con un calibre micrométrico y aproximación a la centésima de milímetro. Los valores individuales se utilizaron para calcular el índice de forma (IF) de acuerdo con la expresión $IF = [(ancho / largo) \times 100]$.

Ensayos de incubación

Se calcularon los coeficientes de fertilidad [(huevos embrionados/huevos incubados) x 100], incubabilidad [(huevos eclosionados/huevos embrionados) x 100] y viabilidad [(huevos eclosionados/huevos incubados) x 100] en 18

momentos consecutivos entre las 32 y las 50 semanas de edad.

Condición corporal al finalizar el primer ciclo de postura

A las 50 semanas de edad 25 aves de cada grupo genético se pesaron y se clasificaron utilizando una escala de 0 a 3 basada en la palpación de la quilla y los músculos de la pechuga¹⁷ de acuerdo con el siguiente detalle: Categoría 0: borde prominente de la quilla con una cobertura limitada de músculo y concavidad del músculo de la pechuga a lo largo de la quilla, Categoría 1: mayor desarrollo del músculo de la pechuga que no se presenta cóncavo sino con un contorno plano, Categoría 2: contorno del músculo de la pechuga ligeramente convexo y Categoría 3: pechuga bien desarrollada y convexa.

Análisis estadístico

La bondad de los ajustes no lineales se evaluó utilizando como criterios la convergencia de los mismos en una solución, el valor del coeficiente de determinación no lineal ajustado (R^2) y la aleatoriedad en la distribución de los residuales evaluada con un test de ciclos o rachas. Los efectos del grupo genético, de la edad y de la respectiva interacción simple entre ambos factores principales, sobre las variables largo, ancho y forma del huevo, se evaluaron con un análisis de la variancia correspondiente a un experimento factorial 5 x 2 (cinco poblaciones sintéticas por dos edades).

Los datos de los coeficientes de fertilidad, incubabilidad y viabilidad en función de la edad de las aves se ajustaron por regresión lineal simple. La hipótesis de linealidad se puso a prueba con un test de ciclos o rachas. Los efectos de la población sintética sobre la pendiente y la altura de las rectas de regresión se evaluaron con un análisis de la covariancia. El efecto del grupo genético sobre el peso corporal a la puesta del primer huevo, el peso del huevo cuando los lotes alcanzaron el 5 % de postura y el peso de las aves al finalizar el primer ciclo de postura se evaluó con un análisis de la variancia a un criterio de clasificación utilizando como prueba de comparación múltiple el test de Tukey.

El efecto del grupo genético sobre la proporción de aves en cada categoría de condición corporal se evaluó con una prueba de homogeneidad basada en la estadística chi-cuadrado.

RESULTADOS

Patrón de crecimiento

Se observó un muy buen ajuste de los datos experimentales peso corporal-edad. La Tabla 1 resume los valores de los estimadores de los parámetros con significado biológico de la función de Gompertz. El Gráfico I presenta el comportamiento dinámico del crecimiento de las cinco poblaciones sintéticas. Se observó un efecto estadísticamente significativo del grupo genético sobre el modelo general y sobre el peso corporal asintótico de las aves, correspondiendo el mayor peso adulto a la sintética A y el menor a la sintética E. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sintéticas en los valores de tasa de maduración promedio.

Uniformidad en peso corporal

El Gráfico II describe el comportamiento dinámico del coeficiente de variación del peso corporal semanal utilizado como indicador de la uniformidad interna de cada grupo. La sintética A mostró mayor variación del carácter con una uniformidad predominantemente moderada con picos de uniformidad deficiente. Las aves de las sintéticas E, DE y ES se presentaron, en general, como muy uniformes y las de la sintética CE como uniformes.

Caracteres productivos a la madurez sexual

La Tabla 2 muestra el comportamiento de las cinco sintéticas a la madurez sexual. La sintética A fue la primera y la sintética E la última en romper postura, mediando ocho días entre una y otra. Todos los grupos alcanzaron el 5 % de postura prácticamente en forma contemporánea. La sintética ES fue la primera en alcanzar el 50 % de postura y la sintética E la última en hacerlo con una diferencia de siete días entre ambos extremos. Las aves de la sintética A fueron las más pesadas y las de la sintética DE las más livianas al inicio del período de producción. No se observó efecto estadísticamente significativo del grupo genético sobre el peso inicial del huevo.

Curva de postura

Se observaron diferencias significativas entre las poblaciones evaluadas en el valor del pico de postura y en el patrón de aumento de la tasa de postura previa al mismo (Tabla 3). El mayor valor asintótico (estimador del pico

Tabla 1 – Patrón de crecimiento en peso corporal. Estimadores de los parámetros de la función de Gompertz en cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas. Table 1 – Body weight growth pattern. Parameters estimates of Gompertz equation in five composite populations of free-range breeder hens.

Parámetro	Sintética				
	A	E	CE	DE	ES
A - Peso corporal asintótico (g)	3835a ± 57,1	3103b ± 41,9	3578cd ± 62,9	3681ac ± 67,8	3444d ± 52,9
k - Tasa de maduración para peso corporal (g ⁻¹)	0,0852 ± 0,0038	0,0954 ± 0,0043	0,0814 ± 0,0040	0,0818 ± 0,0042	0,0890 ± 0,0043
R ² ajustado	0,9895	0,9879	0,9882	0,9858	0,9869

Todos los valores corresponden al estimador ± error estándar de la estimación.
 Tamaño muestral: n = 100 aves por grupo genético.
 Comparación entre sintéticas- Modelo global: F = 31,36; P < 0,001-A:F = 23,51; P < 0,001 - k: F = 1,987; P > 0,05.
 a,b,c,d Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05.

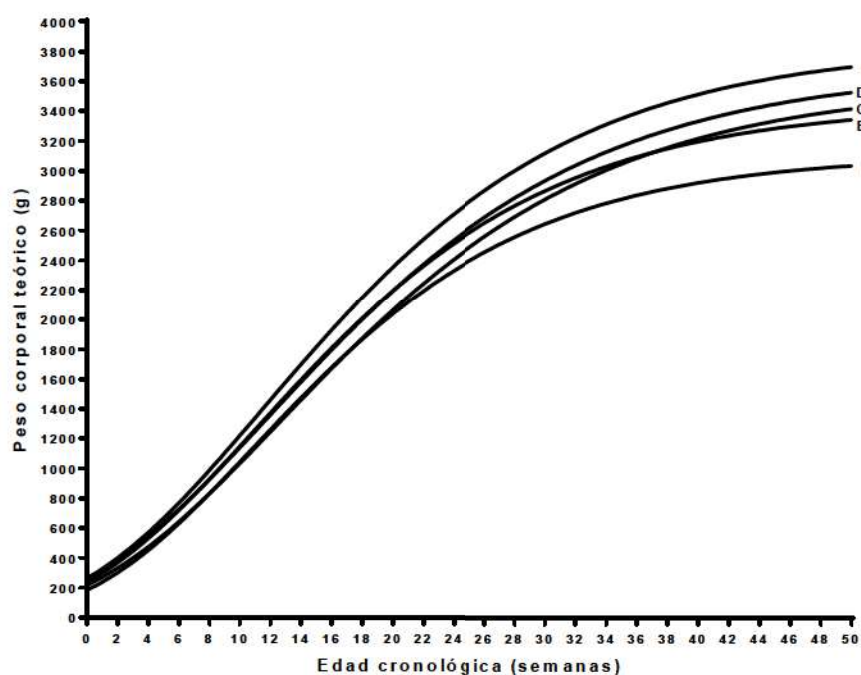


Gráfico I - Patrón dinámico de crecimiento de cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Figure I - Dynamic growth pattern of five composite populations of free-range breeder hens.

de postura) correspondió a la sintética ES y el menor a la sintética DE. Las sintéticas A, E y CE presentaron valores intermedios sin diferenciarse entre ellas. Las sintéticas E y ES presentaron la menor tasa de aproximación al valor asintótico, la sintética A valores intermedios y las sintéticas DE y CE la mayor tasa de maduración para el carácter.

Estudio dinámico del peso del huevo

La Tabla 4 resume los valores de los estimadores de los parámetros con significado bio-

lógico de la función de Brody aplicada al ajuste de los datos peso del huevo-edad. El Gráfico III presenta el comportamiento dinámico del peso promedio de los huevos puestos por las diferentes poblaciones sintéticas. Las combinaciones particulares de valores de los parámetros que definen la curva de aumento de peso del huevo en función de la edad determinaron diferentes patrones dinámicos para el carácter que, al finalizar el primer ciclo de postura, permitieron identificar dos grupos de aves. El primero de esos grupos estuvo conformado por las aves de

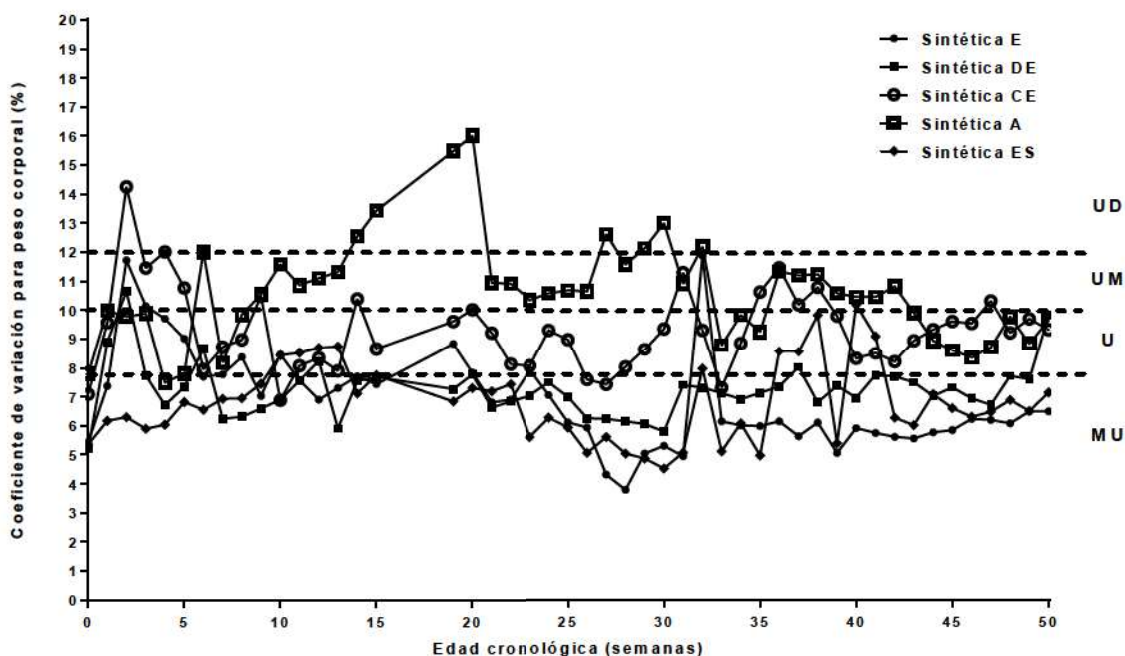


Gráfico II – Uniformidad en peso corporal de cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Figure II - Body weight uniformity of five composite populations of free-range breeder hens.

Tabla 2 – Caracteres productivos a la madurez sexual en cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Table 2 – Productive traits at sexual maturity in five composite populations of free-range breeder hens.

Variable	Sintética				
	A	E	CE	DE	ES
Edad a la puesta del primer huevo(días)	159	167	163	161	163
Edad en el 5% de postura(días)	171	173	173	173	171
Edad en el 50% de postura(días)	189	203	189	191	186
¹ Peso corporal en el 5% de postura (g)	2773a ± 27,8	2625bc ± 27,4	2690ac ± 21,7	2581b ± 13,4	2755a ± 24,0
¹ Peso del huevo en el 5% de postura (g)	43,9 ± 1,00	50,2 ± 2,90	48,0 ± 2,19	48,7 ± 2,85	48,5 ± 1,76

¹ Los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar.
 Comparación entre sintéticas - Peso corporal: F = 12,31; P < 0,001 - Peso del huevo: F = 1,096; P = 0,386.
 a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05.

las sintéticas ES, A y CE y el segundo por las dos sintéticas restantes (DE y E).

Forma y tamaño del huevo

La Tabla 5 presenta los valores de tamaño (peso) y forma del huevo en dos momentos del primer ciclo de postura. Se constató una interacción significativa entre los factores principales para los cuatro caracteres atribuibles a la magnitud de su modificación con la edad y un esperable efecto significativo de la edad sobre el peso, la longitud y el ancho de los huevos.

Fertilidad, incubabilidad y viabilidad

No se observaron efectos asociados al reemplazo periódico de los gallos. El Gráfico IV muestra el comportamiento dinámico de las tres variables en función de la edad de las aves. Todas las pendientes de las rectas correspondientes al ajuste de los pares de valores fertilidad-edad presentaron signo negativo y fueron estadísticamente significativas (diferentes de 0). La diferencia entre las pendientes (F= 3,879; P = 0,006) no permitió comparar el efecto del grupo genético sobre las alturas de todas las rectas de regresión. No se observaron diferencias entre las

Tabla 3 – Primera fase de la curva de postura. Estimadores de los parámetros de la función de Gompertz en cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas

Table 3 – First phase of the egg production curve: Parameters estimates of Gompertz equation in five composite populations of free-range breeder hens

Parámetro	Sintética				
	A	E	CE	DE	ES
A - Valor asintótico	77,0ac ± 2,59	68,4a ± 3,59	73,0ac ± 3,77	60,8b ± 2,86	83,2c ± 1,52
k - Tasa de maduración	0,6095a ± 0,04519	0,4837b ± 0,05211	0,7875c ± 0,09580	0,7536c ± 0,09720	0,5223b ± 0,03545
R ² ajustado	0,9980	0,9952	0,9938	0,9951	0,9978

Todos los valores corresponden al estimador ± error estándar de la estimación.
 Comparación entre sintéticas - Modelo global: F = 37,32; P < 0,001 - A: F = 6,590; P < 0,001 - k: F = 4,111; P = 0,008.
 a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05.

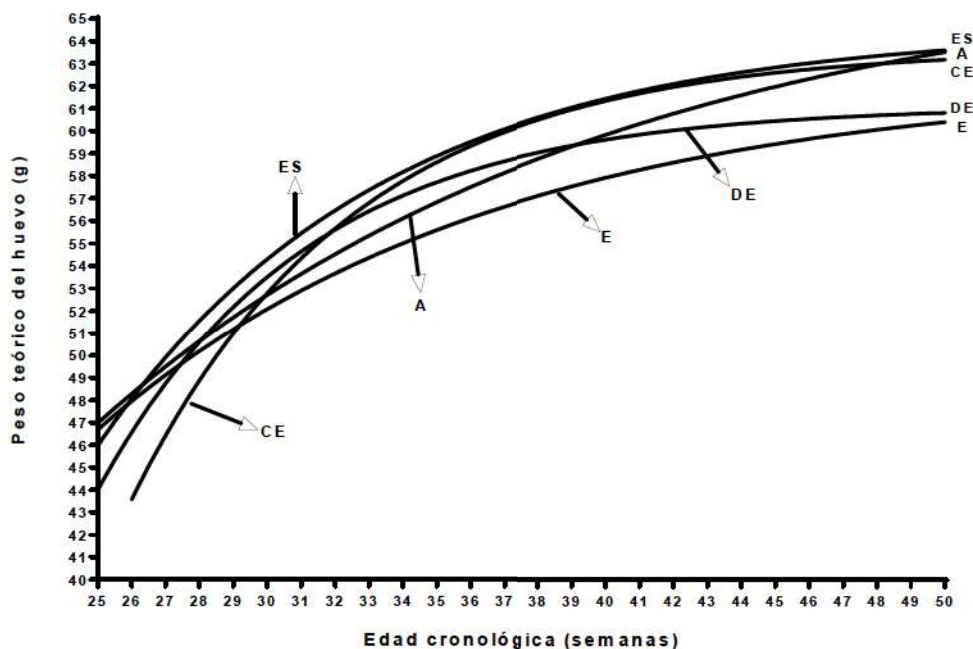


Gráfico III – Comportamiento dinámico del peso del huevo de cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Figure III - Dynamic pattern of egg weight of five composite populations of free-range breeder hens.

pendientes correspondientes a las sintéticas A, E y CE (F= 0,096; P= 0,9086) lo que permitió calcular una pendiente común para los tres grupos (b= -0,5733) y calcular el efecto de la población sintética sobre la altura de las respectivas rectas, efecto que resultó estadísticamente significativo (F= 7,363; P= 0,0016). Dicha diferencia es atribuible a la sintética E que mostró la mayor altura (mayor fertilidad de los huevos a lo largo de todo el lapso evaluado) dado que no se observaron diferencias entre las alturas de las rectas de regresión correspondientes a las sintéticas A y CE (F= 0,011; P= 0,9156).

Incubabilidad

Todas las pendientes presentaron signo negativo pero dada la dispersión de los datos sólo la correspondiente a la sintética ES resultó estadísticamente significativa (diferente de 0). No se observaron diferencias entre pendientes (F=0,62754; P=0,6443) lo que indica que el patrón de disminución de la incubabilidad de los huevos con la edad del lote fue similar para las cinco sintéticas con una pendiente común (b= -0,4543). La igualdad de las pendientes permitió comparar las alturas de las rectas de regresión

Tabla 4 – Patrón dinámico del peso del huevo. Estimadores de los parámetros de la función de Brody en cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Table 4 – Dynamic egg weight pattern: Parameters estimates of Brody equation in five composite populations of free-range breeder hens.

Parámetro	Sintética				
	A	E	CE	DE	ES
A - Peso asintótico del huevo (g)	67,5a ± 1,35	62,2bc ± 0,86	63,7b ± 0,83	61,1c ± 0,78	64,5b ± 0,64
k - Tasa de maduración para peso del huevo (g ⁻¹)	0,0657a ± 0,0221	0,0854ac ± 0,0116	0,1538bc ± 0,0237	0,1629bc ± 0,0299	0,1194ac ± 0,0129
R ² ajustado	0,9005	0,9706	0,9272	0,8859	0,9698

Todos los valores corresponden al estimador ± error estándar de la estimación.
 Comparación entre sintéticas -Modelo global: F = 8,313; P < 0,001- A: F = 3,319; P = 0,0130 - k: F = 3,461; P = 0,0104.
 a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05.

Tabla 5 – Forma y tamaño del huevo en dos edades del primer ciclo de postura de cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Table 5 – Egg form and size in two moments of the first laying cycle in five composite populations of free-range breeder hens.

Variable	Edad	Sintética				
		A	E	CE	DE	ES
Peso del huevo (g)	32 sem.	55,3 a ± 0,66	52,3bc ± 0,57	54,7 a ± 0,44	56,4ac ± 0,86	54,5ac ± 0,44
	43 sem.	61,5 a ± 0,66	58,6 b ± 0,39	61,6 a ± 0,43	58,5 b ± 0,48	62,1 a ± 0,43
Longitud del huevo (cm)	32 sem.	53,8 a ± 0,27	54,3 ab ± 0,24	54,4 ab ± 0,20	55,1 b ± 0,41	55,4 b ± 0,24
	43 sem.	56,3 a ± 0,18	56,4 a ± 0,19	57,8 b ± 0,25	56,6 a ± 0,25	57,7 b ± 0,21
Ancho del huevo (cm)	32 sem.	42,6 a ± 0,15	41,5 b ± 0,14	42,1 c ± 0,11	42,6 a ± 0,17 b	42,0 c ± 0,12
	43 sem.	44,5 a ± 0,10	43,3bc ± 0,12	43,8 c ± 0,14	43,0 ± 0,14	44,1ac ± 0,12
Índice de forma	32 sem.	79,3 a ± 0,31	76,4bc ± 0,27	77,4 c ± 0,27	77,7 d ± 0,41	76,0 b ± 0,29
	43 sem.	79,1 a ± 0,30	76,9 b ± 0,32	75,9 b ± 0,31	76,1 b ± 0,38	76,4b ± 0,28

Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estándar.
 Tamaño muestral: n = 120 huevos por subgrupo sintética-edad.
 Peso del huevo - Efecto Grupo genético: F = 11,01; P < 0,001 – Efecto Edad: F = 307; P < 0,001 – Efecto Interacción: F = 8,41; P < 0,001.
 Longitud del huevo - Efecto Grupo genético: F = 11,19; P < 0,001 – Efecto Edad: F = 219; P < 0,001 – Efecto Interacción: F = 3,77; P = 0,005.
 Ancho del huevo - Efecto Grupo genético: F = 19,8; P < 0,001 – Efecto Edad: F = 356; P < 0,001 – Efecto Interacción: F = 13,02; P < 0,001.
 Forma del huevo - Efecto Grupo genético: F = 27,8; P < 0,001 – Efecto Edad: F = 5,6; P = 0,018 – Efecto Interacción: F = 5,05; P < 0,001.
 a,b,c,d Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05 para las comparaciones entre sintéticas dentro de edad.

observándose un efecto significativo de la población sintética (F=3,614; P=0,009) atribuible a la sintética CE que mostró menor valor de

incubabilidad a lo largo de todo el lapso considerado. Las cuatro poblaciones sintéticas restantes mostraron una altura común: a= 94,96.

Viabilidad

Todas las pendientes presentaron signo negativo y fueron estadísticamente significativas (diferentes de 0) a excepción del caso de la sintética E que dada la dispersión de los datos no alcanzó significado estadístico. No se observaron diferencias significativas entre las pendientes ($F= 1,765$; $P= 0,144$; b común = $-0,9759$) pero sí entre las alturas ($F= 5,960$; $P= 0,0003$) de las rectas de regresión correspondiendo la mayor viabilidad a los huevos de la sintética E y la menor a los de la sintética CE.

Condición corporal al finalizar el primer ciclo de postura

Se identificaron tres grupos de aves en función de su peso corporal promedio a la edad mencionada: aves de mayor peso (Sintética A: $3649g \pm 81,5$), aves de peso intermedio (Sintéticas DE: $3313g \pm 46,7$; ES: $3375g \pm 59,9$ y CE: $3392g \pm 55,2$) y aves de menor peso (Sintética E: $3051g \pm 72,4$). Asignando valor 100 al peso promedio de las aves de la sintética más pesada (sintética A), las aves de la sintética E pesaron en promedio el 83,6 %, y las aves de las sintéticas DE, ES y CE el 90,8 %, el 92,5 % y el 93,0 %, respectivamente. Ninguna de las sintéticas presentó aves de categoría 0 (Tabla 6). Las diferentes poblaciones no mostraron un comportamiento homogéneo respecto de su distribución en categorías de condición corporal ($X^2= 48,04$; $P < ,0001$). Las aves de la sintética A difieren tanto de las aves de las sintéticas DE,

ES y CE, ($X^2= 15,92$; $P= 0,0142$) como de las aves de la sintética E ($X^2= 19,05$; $P < 0,0001$). Estas últimas difieren ($X^2= 24,82$; $P= 0,0004$) de las tres sintéticas de peso corporal intermedio, las que no mostraron diferencias significativas entre ellas ($X^2= 0,3196$; $P= 0,9885$).

DISCUSIÓN

La población mundial estimada para el año 2050 será de aproximadamente 9.600 millones de personas. Se prevé que esta dinámica de crecimiento generará un incremento cuantitativo en la demanda de alimento, junto a cambios cualitativos en la composición de las dietas, con mayor participación de proteína de origen animal, principalmente carne de pollo y huevos por su bajo costo relativo. A esta demanda deben sumarse las exigencias, cada vez más marcadas, de los consumidores que, preocupados por el bienestar de los animales, exigen productos generados de manera más amigable no solo con las aves sino también con el ambiente. El pollo Campero INTA² es un ave de crecimiento lento con aptitudes para ocupar un nicho productivo vacante en el ámbito de la avicultura alternativa. La versión tradicional del mismo es producto de un cruzamiento simple entre gallos de la población sintética AS y hembras de la población sintética E. Además de la sintética materna E, el Núcleo Genético de la EEA Pergamino de INTA, cuenta con otras cuatro poblaciones del mismo tipo, dos de ellas (A y ES) originadas al igual que E a partir de cru-

Tabla 6 - Condición corporal al finalizar el primer ciclo de postura en cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Table 6 - Body condition at the end of the first laying cycle in five composite populations of free-range breeder hens.

Población Sintética	Categoría de condición corporal#			
	Categoría 0	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Sintética A	0	12	76	12
Sintética E	0	12	44	44
Sintética CE	0	12	80	8
Sintética DE	0	60	40	0
Sintética ES	0	12	80	8

Todos los valores corresponden a la proporción de aves (%) en cada categoría
 Prueba de homogeneidad: $X^2 = 48,04$; $P < 0,0001$
 # 0: borde de quilla prominente con cobertura limitada de músculo y concavidad del músculo de la pechuga a lo largo de la quilla
 1: mayor desarrollo del músculo de la pechuga con un contorno plano
 2: contorno del músculo de la pechuga ligeramente convexo
 3: pechuga bien desarrollada y convexa

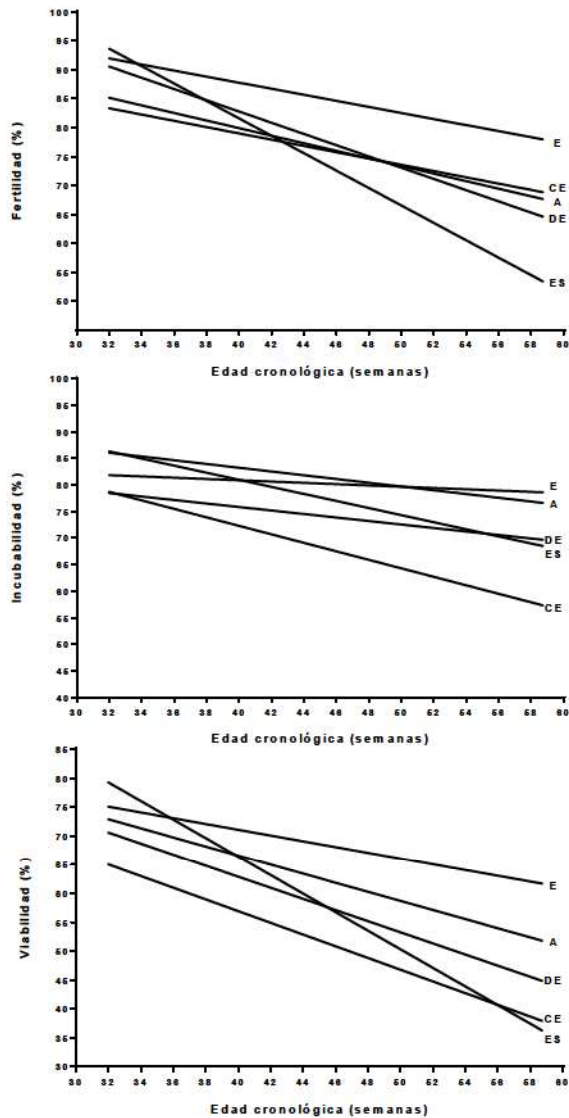


Gráfico IV – Comportamiento dinámico de la fertilidad, incubabilidad y viabilidad, de los huevos puestos por cinco poblaciones sintéticas de reproductoras camperas.

Figure IV - Dynamic behavior of fertility, incubability and viability of the eggs laid by five composite populations of free-range breeder hens.

zamientos simples y dos (sintéticas CE y DE) a partir de cruzamientos de tres vías. La utilización de estas poblaciones en cruzamientos alternativos a la versión tradicional del pollo Campero INTA requiere de su evaluación productiva y reproductiva. Dado que la vida reproductiva de las gallinas comienza en el momento en que las mismas ponen el primer huevo, la caracterización incluyó el estudio de indicadores de los caracteres reproductivos evaluados a la madurez sexual. En este sentido, y tomando en

consideración que las poblaciones en estudio fueron evaluadas como reproductoras camperas, si bien la precocidad es un carácter deseable, la misma debe ir acompañada de regularidad en la postura y de un tamaño adecuado del huevo considerando que de este último depende el tamaño del pollito BB²⁸. Las diferencias observadas en la edad a la puesta del primer huevo como indicador individual de madurez sexual, con mayor precocidad de las aves A y menor precocidad de las aves E, se diluye al considerar la edad en el 5 % de postura como indicador más fiable de la madurez sexual del lote y vuelve a manifestarse al tomar en consideración la edad al 50 % de postura, en particular en el caso de la sintética E que fue la que tardó más tiempo en alcanzarlo. En lo que al peso corporal y al peso del huevo en el 5 % de postura se refiere, las diferencias significativas en el primer carácter no se tradujeron en diferencias significativas en el segundo de ellos si bien, a diferencia de lo mencionado por Brody y col.³ respecto de la relación peso corporal-peso del huevo, las aves de la sintética A, que fueron las de mayor peso, iniciaron la postura con huevos de menor tamaño. Este último resultado tampoco acuerda con la evidencia establecida desde los primeros estudios sobre el tema indicativa de la presencia de una correlación genética de signo positivo entre el peso corporal y el peso del huevo^{14,25}. Esta correlación fundamenta la denominada paradoja peso corporal-producción de huevos²¹, en tanto, en el marco del mejoramiento de las aves para postura, se opone al objetivo de reducir al peso corporal sin afectar negativamente el peso del huevo. Sin embargo, la naturaleza de tal asociación no impide aplicar presión de selección en forma independiente sobre cada carácter⁸. La incompatibilidad genética entre crecimiento y producción, por su parte, ha generado la necesidad de restringir nutricionalmente a las reproductoras, a fin de controlar el peso corporal, dado el impacto que el mismo tiene sobre su desempeño reproductivo¹⁹. Pese a que todas las aves se mantuvieron en ambiente restringido se observaron diferencias en sus patrones de crecimiento. Si bien los parámetros de peso corporal asintótico y tasa de maduración para peso corporal que definen la curva de crecimiento se asocian en forma negativa¹⁵, hecho comprobable al comparar las poblaciones de mayor y menor peso corporal asintótico teórico (sintéticas A y E, respectivamente), el significado de

las diferencias en las trayectorias de las curvas de crecimiento se vinculó a diferencias significativas en las estimaciones de las asíntotas de peso sin diferencias significativas en las tasas de maduración. Esta respuesta indicaría una respuesta diferencial de los parámetros de la curva de crecimiento ante la restricción en la asignación de nutrientes y, dadas las diferencias en su constitución genética, las sintéticas requerirían de adaptaciones particulares del protocolo de restricción a su dinámica de aumento de peso tal como plantean Romera y col.²² a partir de la evaluación del patrón de crecimiento de estas poblaciones durante la etapa inicial de alimentación *ad libitum* y Canet y col.⁵ al comparar el peso de las mismas a las 22 semanas con el peso objetivo esperado para su progenie a los 77 días de edad. Un adecuado peso corporal, sumado a una buena uniformidad en peso durante la cría y recría, definen los resultados reproductivos en un lote de reproductoras¹⁶. Es por ello que uno de los objetivos de manejo del lote es lograr la menor dispersión posible en los pesos y que la misma se mantenga a lo largo de toda su vida. A este respecto, las sintéticas E, DE y ES se presentaron como muy uniformes en gran parte del ciclo evaluado, mientras que la sintética A fue la más deficiente y la CE se comportó como uniforme. Otro de los objetivos es obtener la mayor cantidad y calidad de huevos fértiles y, consecuentemente, de pollitos de un día¹³. En el caso de las reproductoras pesadas, a diferencia de lo que ocurre con las ponedoras livianas, este objetivo, tal como se mencionó previamente, colisiona con lo esperado para su progenie dada la correlación negativa y significativa entre crecimiento y reproducción. Con referencia a la cantidad de huevos, las curvas de postura de las gallinas pueden dividirse en tres fases: una porción creciente desde la puesta del primer huevo hasta el pico, la producción en el pico mismo de postura y una fase decreciente –persistencia– entre el pico y la finalización del ciclo productivo. Dado los valores experimentales utilizados el modelo matemático representa el comportamiento de la curva de postura en su trayectoria inicial de manera tal que el parámetro A (asíntota) puede considerarse como un estimador del porcentaje de postura en el pico y el parámetro k (tasa de maduración) como un estimador de la velocidad con que el lote alcanza dicho pico. Ambos parámetros mostraron un efecto significativo del genotipo y sus combinaciones per-

mitieron caracterizar trayectorias con diferente valor productivo. El mejor comportamiento en la etapa inicial de la postura correspondió a la sintética ES, en segundo lugar, se ubicaron en orden decreciente del valor teórico del pico de postura, las sintéticas A, CE y E y, por último, la sintética DE. El peso del huevo, en el caso de las reproductoras, adquiere trascendencia en tanto los huevos chicos como aquellos de tamaño excesivo no son aptos para incubar. Se han descrito diferentes modelos matemáticos de utilidad para describir el patrón de aumento de peso del huevo en función de la edad de las aves. En cada una de las poblaciones sintéticas la combinación de diferentes valores de tamaño asíntótico y diferentes velocidades para alcanzarlo definió patrones dinámicos de aumento del peso con la edad particulares para cada una de ellas. Dichos patrones se tradujeron en diferencias en el peso promedio de los huevos puestos al inicio del ciclo –entre las 24 y las 29 semanas de edad– lapso en el cual la sintética CE puso los huevos más livianos. Las diferencias observadas no fueron de la magnitud suficiente como para desechar a alguna de las sintéticas como genotipo potencial para la producción de pollas híbridas y no representarían, en consecuencia, por sí solas un criterio válido para la elección de alguna de ellas en particular para cumplir con ese cometido si bien, en términos comparativos, las sintéticas ES y A presentaron el patrón más ventajoso mientras que el menos ventajoso correspondió a la sintética E dado el lento ritmo de aumento de peso de sus huevos que presentan el menor valor promedio durante la mayor parte del lapso estudiado. Como se mencionó anteriormente, los huevos puestos por las reproductoras se incuban en forma artificial, proceso cuya duración está relacionada con el tamaño del huevo. El peso no es sólo el indicador más utilizado para caracterizar el tamaño de los huevos incubables siendo los más aptos a tal fin aquellos de tamaño intermedio, sino que también representa el principal factor determinante del peso del pollito al nacimiento²⁸. La forma, por su parte, se relaciona con la resistencia a la rotura, por lo cual el quiebre en la cáscara del huevo depende de su espesor y de su curvatura y, por ende, de su forma⁶, siendo más útil seleccionar a los huevos por este último carácter. Otro elemento a considerar es la correlación negativa entre el índice de forma y la deformación de la cáscara²⁰. El índice de forma indica que prácticamente el

90 % de las variaciones en la forma de los huevos puede ser explicada por la relación entre su longitud y su ancho¹⁸. En el proceso de incubación artificial se descartan para tal fin los huevos cuya forma es considerada no satisfactoria: los redondeados y los alargados. Por último, la uniformidad en tamaño y forma de los huevos incubables son dos requisitos importantes por su vinculación con un calentamiento parejo de los mismos y, por ende, con el éxito del proceso. Los efectos de la interacción grupo genético x edad sobre las variables de tamaño y forma de los huevos evaluados en dos momentos del ciclo dificulta la interpretación de los efectos de los factores principales y pone en evidencia diferencias en el comportamiento de las diferentes sintéticas con el progreso de la postura. Pese a ello las aves de la sintética A se caracterizaron por poner huevos francamente redondeados (índice de forma > 76) en las dos edades con diferencias significativas con respecto a las cuatro poblaciones restantes que tendieron, en conjunto, a poner huevos de forma satisfactoria.

La fertilidad, la incubabilidad y la viabilidad de los huevos de las cinco sintéticas mostraron un comportamiento lineal decreciente con la edad. Dado que todas las aves se criaron en lotes contemporáneos con el mismo manejo, las diferencias de fertilidad ponen en evidencia diferencias genéticas entre poblaciones las que no pueden ser adscriptas solamente a las hembras, sino que también pueden ser la expresión de un efecto macho. La sintética E presentó los mayores valores de fertilidad con un decaimiento del carácter similar al expresado por las aves CE y A que mostraron menores valores iniciales. Las sintéticas DE y ES, por su parte, si bien comienzan con buenos valores de fertilidad, la misma decae rápidamente, en particular en la segunda.

La incubabilidad también fue superior en la sintética E cuyos huevos, consecuentemente mostraron la mayor viabilidad. Los valores de estos indicadores de aptitud reproductiva sugieren cierto grado de depresión endogámica producto del reducido número de aves en cada población y la imposibilidad de expandir la base genética de las mismas sin alterar su pool génico característico. La sintética E, por ser la habitualmente utilizada para generar el pollo Campero INTA, es la que presenta generaciones con mayor tamaño efectivo que se traducen en un mejor desempeño en este sentido. Además de

su aptitud como ponedoras, las hembras camperas también tienen valor para la producción de carne como gallinas de descarte. El estado corporal de las hembras al finalizar su primer ciclo de postura muestra estrecha relación con el peso corporal de las mismas. Dado que por tratarse de reproductoras pesadas todas las poblaciones se mantienen en ambiente restringido, las diferencias observadas son básicamente genéticas y tendrían trascendencia en tanto uno de los destinos de este tipo de aves son familias con necesidades básicas insatisfechas. Como era de esperar en función de la inclusión de genes de origen Cornish en todas las poblaciones, no se observaron aves de categoría 0 en ninguna de ellas. La sintética E, pese a su menor peso corporal fue la que presentó mayor proporción de aves en categoría 3 mientras que la sintética DE, con un peso a las 50 semanas similar al de las sintéticas CE y ES, fue la que presentó una mayor proporción de aves en categoría 1, poniendo en evidencia un efecto de la conformación independiente del peso corporal en la determinación de la condición final de las aves al concluir el ciclo, en coincidencia con lo observado por Canet y col.⁴ al comparar seis genotipos de gallinas camperas. A excepción de la población sintética E, las poblaciones aquí descritas representan un material poco utilizado en tanto no forman parte de cruzamientos específicos destinados a la producción de pollos camperos. Si bien el esquema de cruzamientos clásico para la producción de pollos camperos sólo involucra dos genotipos, la utilización de un cruzamiento simple como progenitor femenino de un cruzamiento final de tres vías permitiría hacer uso de potenciales efectos heteróticos revirtiendo así la depresión endogámica de estas poblaciones a la vez que las revalorizaría como recurso genético propio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Azcona JO, García PT, Cossu ME, Iglesias BF, Picallo A, Pérez C, Gallinger CI, Schang MJ, Canet ZE. Meat quality of Argentinean "Camperos" chicken enhanced in omega-3 and omega-9 fatty acids. *Meat Sci* 2008; 79 (3): 437-43.
2. Bonino M. Pollo campero. Protocolo para la certificación. INTA, EEA Pergamino. 1997.
3. Brody TB, Siegel PB, Cherry JA. Age, body weight and body composition requirements for the onset of sexual maturity of dwarf and normal chickens. *Br Poult Sci* 1984; 25(2):245-52.

4. Canet ZE, Fain Binda V, Terzaghi A, Romera BM, Dottavio AM, Di Masso RJ. Condición corporal a la faena luego de un ciclo único de postura en poblaciones experimentales de ponedoras camperas. *Rev Cubana Ciencia Avícola* 2009; 33 (1): 75-77.
5. Canet ZE, Librera JE, Fain Binda V, Dottavio AM, Di Masso RJ. Restricción alimenticia y peso corporal de reproductoras de diferentes poblaciones sintéticas utilizadas como genotipos maternos en la producción de pollos camperos. En: *Actas de las XIII Jornadas de Divulgación Técnico Científicas de la Facultad de Ciencias veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario*, 2012. Disponible en: <https://fveter.unr.edu.ar/jornadas/>
6. Carter TC, Jones RM. The hen's egg: shell shape and size parameters and their interrelations. *Br Poult Sci* 1970; 11 (2): 179-88.
7. Delgado CL, Rosegrant MW, Steinfeld H, Ehui SK, Courbois C. Livestock to 2020: the next food revolution. *Outlook on Agriculture* 2001; 30 (1): 27-29.
8. Di Masso RJ, Dottavio AM, Canet ZE, Font MT. Body weight and egg weight dynamics in layers *Poult Sci* 1998; 77 (6): 791-796.
9. Dottavio AM, Di Masso RJ. Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. *BAG J Basic Appl Genet* 2010; XXI (2) Art. 12.
10. Dottavio AM, Álvarez M, Advínculo SA, Martines A, Canet ZE, Di Masso RJ. Análisis dimensional del crecimiento en cinco híbridos experimentales de pollos camperos con diferente genotipo materno. *FAVE (Sección Ciencias Veterinarias)* 2013; 12 (1): 53-70.
11. Dottavio AM, Advínculo SA, Librera JE, Romera BM, Canet ZE, Di Masso RJ. Caracterización comparativa a la faena de cinco híbridos experimentales de pollos camperos con diferente genotipo materno. *Analecta Veterinaria*, 2014a; 34 (1-2): 5-10.
12. Dottavio AM, Fernández R, Antruejo AE, Martines A, Canet ZE, Di Masso RJ. Relación de conversión y caracteres relacionados en cinco híbridos experimentales de pollos camperos con diferente genotipo materno. *FAVE (Sección Ciencias Veterinarias)* 2014b; 12 (1-2): 75-84.
13. Etches RJ. *Reproduction in Poultry*. CAB International, Wallingford, UK. 1996.
14. Festing MF, Nordskog AW. 1967. Response to selection for body weight and egg weight in chickens. *Genetics* 1967; 55 (2): 219-231.
15. Frikha M, Safaa HM, Serrano MP, Arbe X, Mateos GG. Influence of the main cereal and feed form of the diet on performance and digestive tract of brown-egg laying pullets. *Poult Sci* 2009; 88 (5): 994-1002
16. Fitzhugh RM. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci* 1976; 42: 1036-1051.
17. Gregory NG, Robins JK. A body condition scoring system for layer hens. *N Z J Agric Res* 1998; 41(4): 555-559
18. Havlíček M, Nedomová Š, Simeonovová J, Severa L, Krivánek I. On the evaluation of chicken egg shape variability. *Acta Univ Agric Silvicae Mendelianae Brun* 2008; 56 (5): 69-74.
19. Kerr CL, Hammerstedt RH, Barbato GF. Effects of selection for exponential growth rate at different ages on reproduction in chickens. *Avian Poult Biol Rev* 2001; 12 (3): 127-136.
20. Mašić B, Žigić L, Šrajber L, Marinković V. Correlations between shape index and shell deformation of hens' eggs over a laying year. *Br Poult Sci* 1972; 13 (2): 185-189.
21. Nordskog AW, Briggs DM. The body weight egg production paradox. *Poult Sci* 1968; 47 (2):498-504.
22. Romera BM, Canet ZE, Fain Binda V, Dottavio AM, Di Masso RJ. Patrón de crecimiento de cinco es-tirpes maternas para producción de pollos camperos durante la etapa inicial de alimentación *ad libitum*. En: *Actas del XII Congreso y XXX Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario*. 2010.
23. Ross. Manual de manejo del pollo de carne. 2010, pág. 71. Disponible en http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Manual-del-pollo-Ross.pdf.
24. Sauveur B. Les critères et facteurs de la qualité des poulets Label Rouge. *INRA Prod Anim* 1997; 10 (3): 219-226.
25. Siegel PB. Selection for body weight at eight weeks of age. 1. Short term responses and heritabilities. *Poult Sci* 1962; 41 (3): 954-962.
26. Toudic C. Evaluating uniformity in broilers. *Hubbard Technical Bulletin*. June 2006. Disponible en: https://www.hubbardbreeders.com/media/evaluating_uniformity_in_broilers_factors_affecting_variation_june_2006_019812700_1448_06012015.pdf
27. Vergara W. La revolución pecuaria: del tradicionalismo a la industrialización *Rev. Med Vet* 2012; 24: 91-101.
28. Wilson HR. Interrelationships of egg size, chick size, post-hatching growth and hatchability. *Worlds Poult Sci J* 1991; 47 (1): 5-20.