

# ANÁLISIS DIMENSIONAL DEL CRECIMIENTO EN CINCO HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE POLLOS CAMPEROS CON DIFERENTE GENOTIPO MATERNO

DOTTAVIO, A. M.<sup>1,2</sup>; ALVAREZ, M.<sup>1</sup>; ADVINCULO, S.<sup>1</sup>;  
MARTINES, A.<sup>1</sup>; CANET, Z. E.<sup>1</sup> & DI MASSO, R. J.<sup>1,2</sup>

## RESUMEN

Cinco poblaciones sintéticas utilizadas como progenitor materno en cruzamientos destinados a la producción de pollos camperos se evaluaron a partir de la caracterización dinámica del crecimiento dimensional de la progenie derivada de su apareamiento por gallos de una población sintética mejorada por peso corporal y eficiencia alimenticia. Se utilizaron como criterios los patrones de modificación del peso corporal y la longitud de la caña en función de la edad cronológica (funciones de Gompertz y logística, respectivamente) y del peso corporal en función de la longitud de la caña (función logística). Según el patrón de crecimiento en peso en función de la edad de las progenies, las cinco sintéticas son equivalentes como potenciales progenitores hembra en la producción de versiones de pollos camperos alternativas a Campero INTA. La inclusión del crecimiento de la caña como estimador del desarrollo esquelético introduce un elemento distintivo, correspondiendo a las sintéticas DE y ES las progenies con mayor base de sustentación ósea, valores intermedios a las sintéticas A y CE y los menores valores a la sintética E que es la utilizada habitualmente como madre del pollo Campero INTA.

*Palabras clave:* peso corporal, longitud de la caña, análisis dinámico, híbridos experimentales, pollo campero.

## SUMMARY

### **Dimensional growth analysis in five experimental hybrids of free-range chickens with different maternal genotype.**

Five synthetic populations used as maternal parent in crosses for producing free range chickens were compared in terms of the dynamic characterization of the dimensional growth of the progenies derived from their mating with cocks of a synthetic population selected for body weight gain and feed efficiency. Body weight and shank length changes as a function of chronological age (Gompertz

---

1.- Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Veterinarias (UNR). Ovidio Lagos y Ruta 33. (2170) Casilda, provincia de Santa Fe.

2.- Carrera del Investigador Científico CIC-UNR. Universidad Nacional de Rosario.

Manuscrito recibido el 18 de abril de 2013 y aceptado para su publicación el 2 de junio de 2013.

and logistic functions, respectively) and body weight versus shank length pattern (logistic function) were used as criteria for comparing the male progenies. According to the body weight-age growth pattern of their progenies, the five synthetic populations behave equivalently as potential female parents for producing versions of free range chickens alternative to Campero INTA. The inclusion of shank growth as an estimator of skeletal development introduces an useful element for discriminating among the synthetics showing the progenies of DE and ES populations the highest skeletal growth, intermediate values for A and CE progenies and the lowest for the E population, the synthetic typically used as the maternal parent of Campero INTA chickens.

*Key words:* body weight, shank length, dynamic analysis, experimental hybrids, free-range broilers.

## INTRODUCCIÓN

La participación, tanto absoluta como relativa, de la carne aviar en el mercado internacional ha registrado un notorio aumento en los últimos años (Scanes, 2007, Avendaño, 2011). En este contexto, prácticamente la totalidad de la genética comercial para aves de carne a nivel mundial se encuentra concentrada en unas pocas empresas cuyos objetivos de mejoramiento estuvieron tradicionalmente enfocados hacia un tipo de animal destinado a producir en sistemas intensivos, con un alto nivel de control ambiental. Este propósito llevó a enfatizar el rendimiento individual en términos de velocidad de crecimiento, hecho que a su vez se tradujo en respuestas correlacionadas indeseables tales como una deposición excesiva de grasa (Chambers *et al.*, 1983; Soller y Etain, 1984), desórdenes en el esqueleto, alteraciones metabólicas y desequilibrios fisiológicos (Koenen *et al.*, 2002; Cheema *et al.*, 2003), con aumento de la susceptibilidad a agentes infecciosos (Yunis *et al.*, 2000) y de la tasa de mortalidad. Esta interrupción de la homeostasis puso de manifiesto un límite tanto económico como fisiológico a la posibilidad de continuar modificando el crecimiento de estas aves por selección

sobre la base de los criterios habitualmente empleados (Emmerson, 1997) y llevó a aumentar la presión de selección sobre caracteres vinculados con el soporte esquelético y metabólico, el desempeño reproductivo y la viabilidad de las aves (Avendaño, 2011) y la calidad del producto ofrecido a los consumidores (Petracci y Cavani, 2012).

El pollo Campero INTA (Bonino y Canet, 1999) es un ave de crecimiento más lento que el exhibido por los pollos parrilleros comerciales, que no fue pensado para competir con el broiler industrial sino para una producción más ecológica que, en el marco de sistemas semi-intensivos, posibilite disminuir la demanda por insumos energéticos y resguarde el bienestar animal (Bonino, 1997).

Independientemente de estas consideraciones particulares, la producción de carne de cualquier especie de interés económico se basa en el crecimiento de los individuos utilizados. El crecimiento es un carácter cuantitativo que se encuentra regulado por un gran número de rutas fisiológicas parcialmente diferentes de acuerdo con la etapa del ciclo vital del individuo (Sellier, 2000; Sewalem *et al.*, 2002) y que puede estudiarse tanto enfocado hacia las dimensiones corporales como hacia la composición de la ganancia de peso o bien a indicadores de desarrollo

(Reeds y Fiorotto, 1990). Desde el punto de vista de las dimensiones, los estudios basados en el ajuste de modelos matemáticos no lineales a datos longitudinales tamaño-edad ofrecen la posibilidad de llevar a cabo una caracterización más detallada del crecimiento al brindar estimadores de dos parámetros con significado biológico -el tamaño asintótico y la tasa de maduración- que permiten describir el patrón dinámico del proceso. En determinadas situaciones, dependiendo de la especie utilizada y del sistema de producción en el que dicha especie se incluye, algunos de estos patrones resultan más convenientes que otros (Tallis, 1968). Se considera (Barbato, 1991) que un patrón deseable en la avicultura de carne debería tender a lograr un óptimo crecimiento temprano de las aves con una alta tasa de deposición proteica, acompañado posteriormente por una disminución de la tasa de crecimiento, con baja deposición de grasa. Esta caracterización enfatiza aspectos de dimensión y de composición corporal pero deja de lado la consideración de aspectos del desarrollo de importancia en la avicultura de carne y vinculados con el crecimiento de la base ósea de sustentación de la biomasa total.

Si bien el peso corporal representa el indicador habitualmente utilizado para caracterizar el crecimiento animal, éste puede describirse en términos de medidas lineales que se ven menos afectadas por causas ambientales. Entre dichas medidas puede mencionarse la longitud de la caña (tarso-metatarso), un indicador del desarrollo esquelético (Jaap, 1937; Lerner, 1937; Raggi *et al.*, 2009) de uso habitual para predecir el peso corporal de las aves en comunidades rurales en las que no se dispone de balanzas (Chhabra *et al.*, 1972; Kabir *et al.*, 2006). Por su parte, el patrón de aumento de peso corporal en función de la longitud de la caña puede ser tomado como un indicador de la relación entre la

deposición de biomasa y la modificación de la base ósea de sustentación de los tejidos blandos. El objetivo de este trabajo fue evaluar cinco poblaciones sintéticas utilizadas como progenitor materno en cruzamientos destinados a la producción de pollos camperos, a partir de la caracterización dinámica del crecimiento dimensional de la progenie derivada de su apareamiento por gallos de una población sintética mejorada por peso corporal y eficiencia alimenticia, utilizando como criterios los patrones de modificación del peso corporal y la longitud de la caña en función de la edad cronológica, y del peso corporal en función de la longitud de la caña.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aves

Se utilizaron machos pertenecientes a cinco grupos genéticos -Campero Alfa, Campero Beta, Campero Omega, Campero Delta y Campero Epsilon- provenientes del cruzamiento entre gallos de la sintética paterna AH' y gallinas de las sintéticas A, CE, ES, DE y E, respectivamente. Como grupo testigo se utilizaron machos contemporáneos de Campero INTA, generados por el cruzamiento de la sintética paterna AS y la sintética materna E. Todas las poblaciones sintéticas mencionadas se generaron y mantienen en el Núcleo Genético de la Sección Avicultura en la EEA Pergamino de INTA. La constitución genética de dichas sintéticas es (Bonino, comunicación personal): Sintética A [75% Cornish Colorado 25% Rhode Island Red], Sintética CE [50% Ross 25% Cornish Colorado 25% Rhode Island Red], Sintética materna ES [87,5% Cornish Colorado 12,5% Rhode Island Red], Sintética DE [50% Hubbard 25% Cornish Colorado 25% Rhode Island Red], Sintética E [50%

Cornish Colorado 50% Rhode Island Red], Sintética AS [50% Cornish Blanco, 50% Rhode Island Red] y Sintética AH' [ 50% Havard, 50% Anak].

Las aves utilizadas en este ensayo fueron sexadas por inspección de la cloaca al nacimiento, individualizadas con una banda alar numerada y criadas a piso como un único grupo, con una densidad de 15 animales por m<sup>2</sup>, hasta los 35 días de edad. En ese momento se eligieron al azar 40 machos de cada grupo genético y se los alojó en corrales separados, con acceso a parque y una densidad de 2 aves por m<sup>2</sup> hasta la faena que se llevó a cabo a la misma edad cronológica (12 semanas) para todas las aves. Durante el experimento las aves recibieron ad libitum alimento balanceado pelleteado especialmente formulado para pollo campero según el siguiente detalle: alimento iniciador (0- 35 días de edad, 3150 kcal de energía metabolizable aves, 18,5% de proteína bruta); alimento de crecimiento (36-60 días de edad, 3240 kcal EMA, 17,5% PB) y alimento terminador (61 días de edad-faena, 3350 kcal EMA, 15,1% PB). Las aves recibieron el plan sanitario mínimo recomendado por el protocolo de producción de pollos camperos. Todas las aves se pesaron individualmente con aproximación al gramo, y se midió la longitud del tarso-metatarso (mm) con calibre, a intervalos semanales entre el nacimiento y el día previo a la faena.

Los datos longitudinales peso corporal - edad cronológica se ajustaron por regresión no lineal (GraphPad Prism version 2.00) con la función sigmoidea de Gompertz (Fitzhugh, 1976):

$$Wt = A \exp(-b \exp(-kt))$$

donde: o Wt = peso corporal (g) en el tiempo t

o A = peso corporal maduro o asintótico

(g), valor de Wt cuando  $t \rightarrow \infty$  (ASIPES)

o b = parámetro de posición, constante de integración sin significado biológico

o k = tasa de maduración para peso corporal (MADPES)

o t = edad cronológica en semanas

Para el ajuste de los datos longitudinales caña-edad se utilizó el modelo logístico (Fitzhugh, 1976):

$$Lt = A(1 + b \exp(-kt))^{-1}$$

donde: o Lt = longitud de la caña (cm) en el tiempo t

o A = longitud asintótica de la caña (cm) (ASICAN)

o b = parámetro de posición, constante de integración sin valor biológico

o k = tasa de maduración para longitud de la caña (MADCAN)

o t = edad en semanas

Por último, los datos longitudinales peso corporal (g) vs. longitud de la caña (cm) correspondientes a cada ave se ajustaron con el modelo logístico (Fitzhugh, 1976):

$$WL = A(1 + b \exp(-kL))^{-1}$$

donde: o WL = peso corporal (g) a la longitud de caña L

o A = peso corporal asintótico (g) en la asíntota de longitud de la caña (ASICOM)

o b = parámetro de posición, constante de integración sin valor biológico

o k = tasa de aproximación al valor A (MADCOM)

o L = longitud de la caña (cm)

En los tres casos la bondad del ajuste se evaluó a partir de la convergencia del ajuste en una solución, del valor del coeficiente de determinación no lineal (R<sup>2</sup>) y de la aleatoriedad en la distribución de los residuales evaluada con un test de ciclos o rachas (runs test, Sheskin 2011).

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### Análisis univariado

Los valores correspondientes a los estimadores de los parámetros peso corporal asintótico (ASIPES) y tasa de maduración para peso corporal (MADPES), longitud asintótica de la caña (ASICAN) y tasa de maduración para longitud de la caña (MADCAN), y peso corporal asintótico y tasa de maduración para el peso corporal en función de la longitud de la caña (ASICOM y MADCOM, respectivamente) correspondientes a cada ave se consideraron como nuevas variables aleatorias. El efecto del grupo genético sobre el comportamiento de dichas variables se evaluó con un análisis de la variancia a un criterio de clasificación (grupo genético) seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni (Sheskin, 2011).

### Análisis multivariado

El poder discriminante de los estimadores de los seis parámetros mencionados (ASIPES, MADPES, ASICAN, MADCAN,

ASICAM y MADCOM) se evaluó con un análisis discriminante canónico (Carrasco y Hernán, 1993).

## RESULTADOS

Se observó un muy buen ajuste de los datos experimentales en las tres situaciones ensayadas: peso corporal-edad cronológica (Gompertz), longitud de la caña-edad cronológica (logística) y peso corporal-longitud de la caña (logística). Todos los ajustes convergieron rápidamente en una solución, los valores del coeficiente de determinación no lineal ( $R^2$ ) fueron mayores a 0,970 y los residuales mostraron en todos los casos una distribución aleatoria alrededor de la curva teórica ( $P > 0,05$  para los respectivos test de rachas).

El Cuadro 1 resume los valores de los estimadores de los dos parámetros con valor biológico para los ajustes peso corporal-edad cronológica, en los cinco cruzamientos experimentales y en Campero INTA. Las Figs.

*Cuadro 1: Estimadores de los parámetros de interés biológico del modelo de Gompertz aplicado al ajuste de los datos longitudinales peso corporal-edad cronológica, en cinco híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y en el grupo genético de referencia.*

Estimador	Grupo genético					
	Campero Alfa	Campero Beta	Campero Omega	Campero Delta	Campero Epsilon	Campero INTA
Peso asintótico	5481 ab ± 115	5633 b ± 100	5153 ac ± 91	5268 abc ± 98	5094 ac ± 84	5035 c ± 88
Tasa de maduración	0,2151 ab ± 0,00308	0,2095 ab ± 0,00337	0,2195 b ± 0,00373	0,2151 ab ± 0,00258	0,2059 a ± 0,00231	0,2068 a ± 0,00250

Todos los valores corresponden a la media ± error estándar  
Tamaño muestral: n = 40 aves por grupo genético  
a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05

1 y 2 muestran las trayectorias de las curvas de crecimiento teórico desde el nacimiento hasta la madurez en el primer caso y hasta el momento de la faena, en el segundo. Todos los híbridos experimentales presentaron pesos corporales maduros superiores al genotipo de referencia. Campero INTA

presentó el menor peso corporal asintótico y se diferenció significativamente de Campero Alfa y de Campero Beta con respecto a este carácter. Campero Beta mostró el mayor peso corporal asintótico sin diferenciarse en forma significativa de Campero Alfa ni de Campero Delta (Fig 1). Independientemente

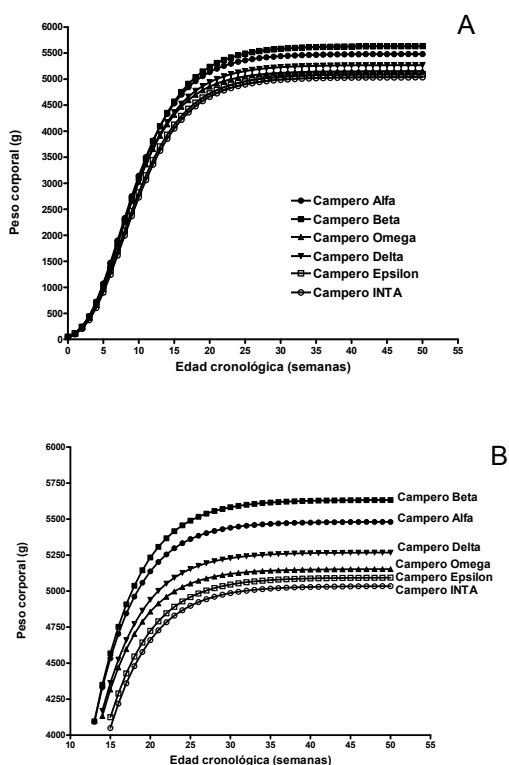


Fig. 1: Patrón de crecimiento de híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y del grupo genético de referencia [A] Trayectorias teóricas totales [B] Peso en la asintota (detalle).

de las diferencias mencionadas en tamaño asintótico el mayor valor de la tasa de maduración para el carácter correspondió a Campero Omega y el menor valor a Campero Epsilon. Las combinaciones de parámetros descritas determinaron un ordenamiento de los grupos a la edad de faena diferente del estimado en la asíntota. Campero Delta

presentó el mayor peso corporal promedio a las 12 semanas mientras que Campero Alfa resultó el híbrido experimental más liviano (Fig. 2).

El Cuadro 2 presenta los valores de los estimadores de los dos parámetros con valor biológico para los ajustes longitud y peso corporal a la edad cronológica, en los seis

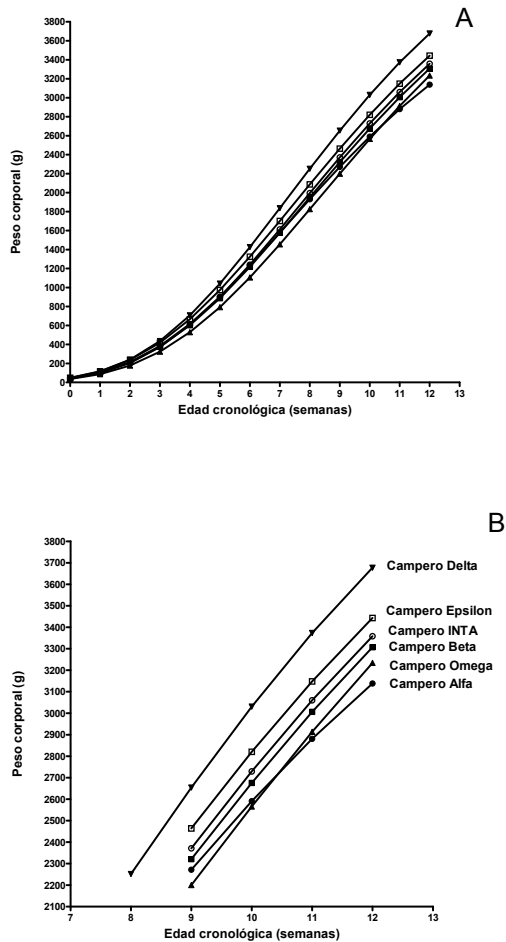


Fig. 2: Patrón de crecimiento de híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y del grupo genético de referencia [A] Trayectorias teóricas hasta la edad de faena. [B] Peso corporal a la edad de faena (detalle).

grupos genéticos. Las Figs. 3 y 4 muestran las trayectorias de las curvas teóricas de modificación de la longitud de la caña desde el nacimiento hasta la madurez en el primer caso y hasta el momento de la faena, en el segundo. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la longitud asintótica promedio de la caña entre Campero INTA, Campero Alfa y Campero Beta. Campero Omega y Campero Delta presentaron mayor longitud asintótica, y Campero Epsilon menor longitud asintótica de la caña, que el genotipo de referencia (Fig. 3). La tasa de maduración para el carácter mostró la correlación negativa esperada con la longitud asintótica promedio correspondiéndole el mayor valor al grupo con menor longitud asintótica promedio (Campero Epsilon) y la menor tasa de maduración al grupo con mayor longitud asintótica de la caña (Campero Delta). En consecuencia, el ordenamiento de los grupos por la longitud promedio de sus cañas a la edad de faena y en la asíntota de crecimiento del tarso-metatarso fue coincidente (Figs. 3 y 4).

Los valores de los estimadores de los dos parámetros con valor biológico para los

ajustes peso corporal-longitud de la caña, en los cinco híbridos experimentales y en Campero INTA se muestran en el Cuadro 3. La Figura 5 muestra las trayectorias de las curvas teóricas de modificación del peso corporal en función de la longitud de la caña. Campero Alfa presentó el mayor valor asintótico promedio si bien no se diferenció significativamente ni de Campero Beta ni del genotipo de referencia. Por su parte Campero Epsilon presentó el menor valor asintótico promedio sin diferenciarse significativamente de Campero Omega y Campero Delta. Si bien el menor peso asintótico promedio estuvo acompañado de la mayor tasa de maduración (Campero Epsilon) la menor tasa de maduración (Campero INTA) no se asoció con la mayor asíntota (Campero Alfa). Los valores asintóticos del peso corporal en función de la longitud de la caña difirieron significativamente de aquellos estimados al efectuar los ajustes en función de la edad cronológica en Campero Omega ( $\Delta = 779\text{g}$ ;  $t=8,537$ ;  $P<0,001$ ), Campero Delta ( $\Delta = 901\text{g}$ ;  $t=9,176$ ;  $P<0,001$ ) y Campero Epsilon ( $\Delta = 1002\text{g}$ ;  $t=11,91$ ;  $P<0,001$ ), en menor grado en Campero Beta ( $\Delta = 374\text{g}$ ;  $t=3,734$ ;

*Cuadro 2: Estimadores de los parámetros de interés biológico del modelo logístico aplicado al ajuste de los datos longitudinales longitud de la caña -edad cronológica, en cinco híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y en el grupo genético de referencia.*

Estimador	Grupo genético					
	Campero Alfa	Campero Beta	Campero Omega	Campero Delta	Campero Epsilon	Campero INTA
Longitud asintótica	11,55 a	11,72 a	12,28 b	12,56 b	10,99 c	11,77 a
	± 0,086	± 0,091	± 0,114	± 0,132	± 0,101	± 0,088
Tasa de maduración	0,3708 ac	0,3556 ab	0,3444 bd	0,3276 d	0,3739 c	0,3515 b
	± 0,00369	± 0,00391	± 0,00418	± 0,00399	± 0,00516	± 0,00361

Todos los valores corresponden a la media ± error estándar

Tamaño muestral: n = 40 aves por grupo genético

a,b,c,d Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05



P= 0,006) y no difirieron (P>0,05) en Campero Alfa ( $\Delta = 209g$ ;  $t=1,814$ ) y Campero INTA ( $\Delta = 14g$ ;  $t=0,163$ ).

El análisis discriminante mostró un error de clasificación del 46,25% (111 aves mal clasificadas /240 aves totales - Cuadro 4).

Las dos primeras componentes canónicas explicaron el 77,8% de la variancia total. La primera componente canónica explicó el 47,3% de la variancia y se correlacionó (Cuadro 5) con los estimadores de tamaño asintótico y tasa de maduración para longitud

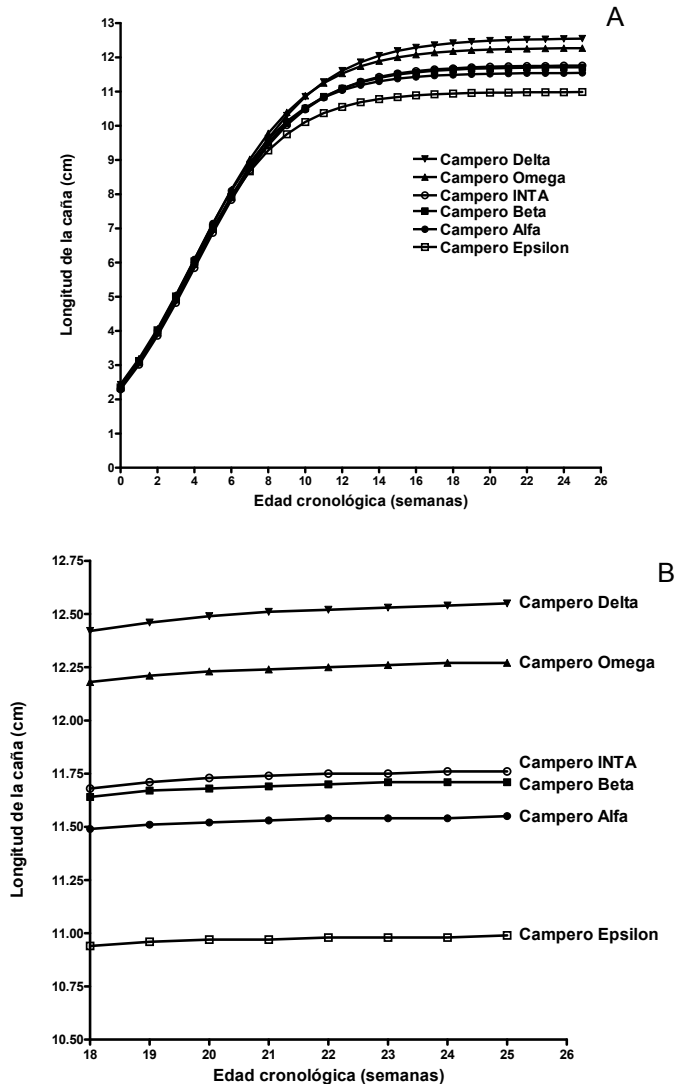


Fig. 3: Patrón de aumento de la longitud de la caña de híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y del grupo genético de referencia [A] Trayectorias teóricas totales [B] Longitud en la asíntota (detalle).

de la caña. La segunda componente canónica explicó el 30,5% de la variancia total y se correlacionó (Cuadro 5) con los estimadores de tamaño asintótico y tasa de maduración para peso corporal en función de longitud

de la caña. El Cuadro 6 resume el efecto del grupo genético sobre los valores de ambas componentes canónicas consideradas como nuevas variables aleatorias. Campero Delta mostró el mayor valor promedio de la pri-

*Cuadro 3: Estimadores de los parámetros de interés biológico del modelo logístico aplicado al ajuste de los datos longitudinales peso corporal-longitud de la caña, en cinco híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y en el grupo genético de referencia.*

Estimador	Grupo genético					
	Campero Alfa	Campero Beta	Campero Omega	Campero Delta	Campero Epsilon	Campero INTA
Peso asintótico	5272 a ± 127	5259 a ± 147	4374 bc ± 97	4367 bc ± 90	4092 c ± 68	5021 a ± 147
Tasa de maduración	0,4988 ac ± 0,00622	0,4944 ac ± 0,00747	0,5202 a ± 0,00733	0,5213 a ± 0,00639	0,5507 b ± 0,00630	0,4822 c ± 0,00631

Todos los valores corresponden a la media ± error estándar  
 Tamaño muestral: n = 40 aves por grupo genético  
 a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05

*Cuadro 4: Análisis discriminante: asignación de las aves pertenecientes a cinco híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y al genotipo de referencia.*

Grupo asignado	Grupo de pertenencia						Total
	Campero Alfa	Campero Beta	Campero Omega	Campero Delta	Campero Epsilon	Campero INTA	
C Alfa	17	8	4	0	7	4	40
C Beta	8	16	4	4	4	4	40
C Omega	7	2	15	11	4	1	40
C Delta	0	1	8	23	3	3	40
C Epsilon	1	0	0	3	32	4	40
C INTA	4	4	3	0	5	24	40
Total	37	31	34	43	55	40	240

Error de asignación: 46,25% (111/240)

*Cuadro 5: Correlación entre las dos primeras componentes canónicas y los estimadores de tamaño asintótico y tasa de maduración calculados a partir de los ajustes peso corporal-edad, longitud de la caña-edad y peso corporal-longitud de la caña.*

	Variable					
	ASIPES	MADPES	ASICAN	MADCAN	ASICOM	MADCOM
PCC	0,086	0,294	0,880	- 0,681	- 0,232	0,060
SCC	0,404	0,020	0,209	- 0,021	0,911	- 0,760

mera componente sin diferenciarse significativamente de Campero Campero Omega. Campero Épsilon presentó el menor valor promedio de la componente sin diferenciarse

en forma significativa de Campero Alfa y Campero INTA, grupos que, por su parte, no se diferenciaron de Campero Beta. Campero Alfa presentó el mayor valor de la segunda

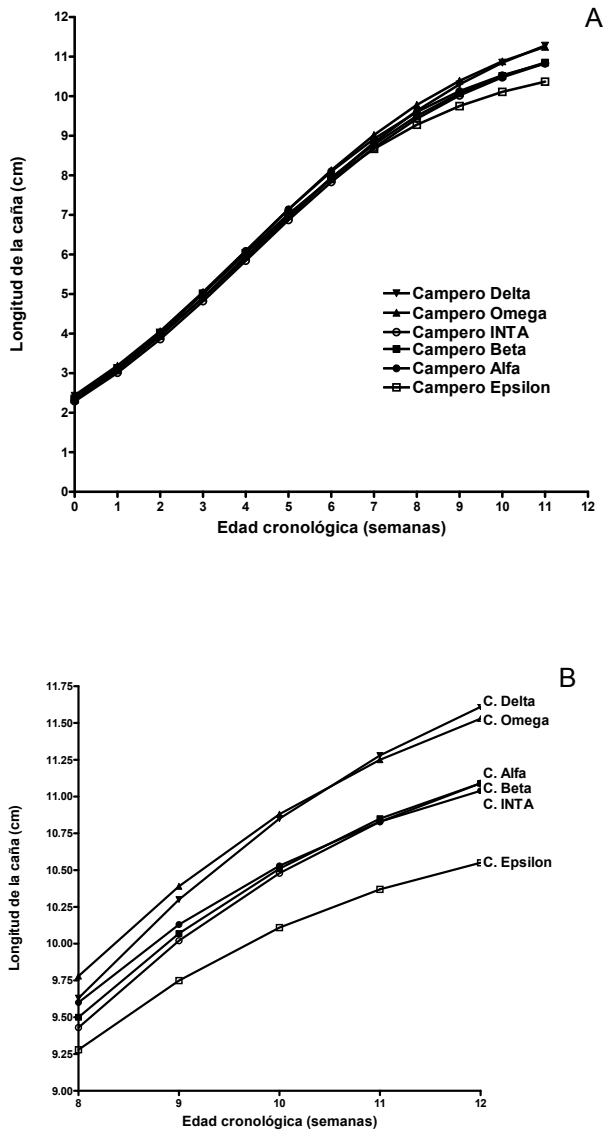


Fig. 4: Patrón de aumento de la longitud de la caña en híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y del grupo genético de referencia [A] Trayectorias teóricas hasta la edad de faena. [B] Longitud de la caña a la edad de faena (detalle).

componente canónica, seguido de Campero Beta y de Campero INTA de los que no se diferenció de manera significativa. Campero Omega y Campero Delta presentaron valores intermedios de la componente y Campero Epsilon el menor valor promedio. La Figura

6 muestra la distribución de las aves de los seis grupos genéticos en el plano cartesiano definido por las dos primeras componentes canónicas. Campero INTA, Campero Alfa y Campero Beta se encuentran, en promedio, desplazados hacia la porción superior

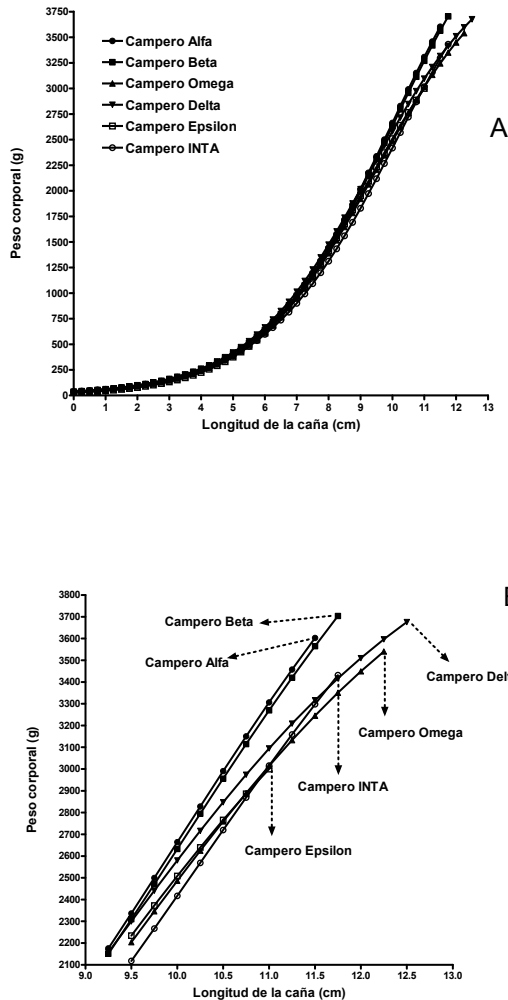


Fig. 5: Patrón de crecimiento en peso en función de la longitud de la caña en híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y del grupo genético de referencia [A] Trayectorias teóricas hasta la edad de faena. [B] Peso corporal a la edad de faena (detalle).

Cuadro 6: Primera y segunda componentes canónicas correspondientes al análisis discriminante aplicado a cinco híbridos experimentales de pollo campero con diferente genotipo materno y en el grupo genético de referencia.

	Grupo genético					
	Campero Alfa	Campero Beta	Campero Omega	Campero Delta	Campero Epsilon	Campero INTA
Primera componente canónica	23,74 ac ± 0,129	23,92 a ± 0,143	24,99 b ± 0,152	25,32 b ± 0,197	23,11 c ± 0,134	23,41 ac ± 0,133
Segunda componente canónica	4,973 a ± 0,1544	4,698 a ± 0,1936	3,841 b ± 0,1512	3,805 b ± 0,1211	2,897 c ± 0,1052	4,418 a ± 0,1623

Todos los valores corresponden a la media ± error estándar  
 Tamaño muestral: n = 40 aves por grupo genético  
 a,b,c Valores con diferente letra difieren al menos al 0,05

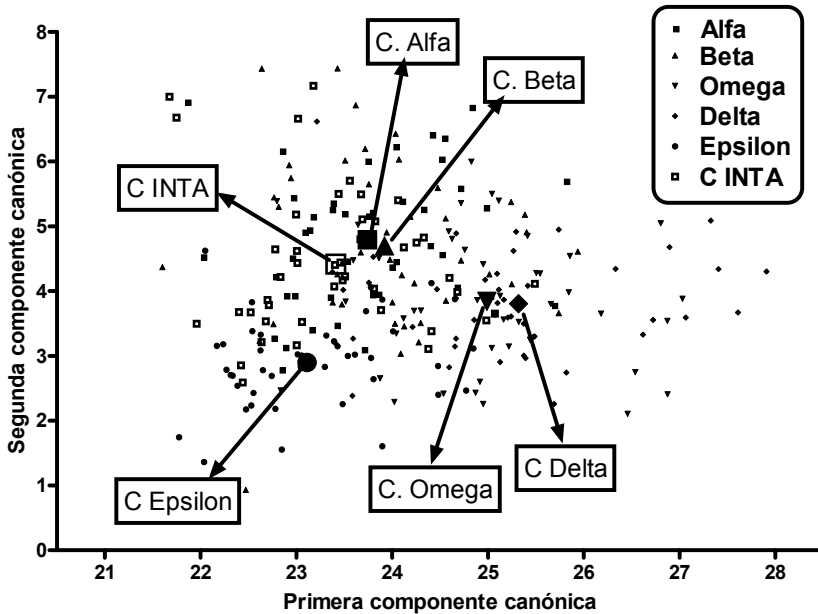


Fig. 6: Análisis discriminante. Ubicación de los grupos genéticos en el plano cartesiano definido por las dos primeras componentes canónicas.

(mayor valor de la segunda componente canónica), con valores intermedios de la primera componente en relación con Campero Epsilon localizado a su izquierda (menor valor promedio de la primera componente) y Campero Omega y Campero Delta ubicados a su derecha (mayor valor promedio de la segunda componente).

## DISCUSIÓN

La avicultura industrial, con su alto grado de integración y su elevado nivel de tecnificación, requiere de un tipo de ave con alta velocidad de crecimiento y buena eficiencia de conversión alimenticia. Los híbridos utilizados en la actualidad, criados en sistemas intensivos de ciclo completo en confinamiento, alcanzan el peso objetivo de faena de 2500 g a los 42 días de edad con una relación de conversión de alimento en biomasa inferior a los 2 kg de alimento por kg de peso. La avicultura orgánica y la avicultura ecológica, por su parte, priorizan aspectos vinculados con el bienestar animal y requieren de genotipos particulares con menor velocidad de crecimiento lo que implica una relación de conversión del alimento en carne menos favorable, mantenidos en ambientes que les permiten expresar las conductas habituales de la especie. El pollo Campero INTA (Bonino, 1997) se inscribe en este último grupo. En su versión tradicional este tipo de ave resulta del cruzamiento entre dos poblaciones sintéticas (sintética paterna AS y sintética materna E) generadas y mantenidas en la EEA Pergamino de INTA. La disponibilidad de otras poblaciones sintéticas en el núcleo genético brinda la posibilidad de producir poblaciones de pollos camperos alternativas a la versión tradicional. Uno de los aspectos a evaluar en

esas poblaciones es su patrón de crecimiento.

La descripción del crecimiento en términos de dimensiones corporales mediante el uso de modelos matemáticos comúnmente conocidos como “curvas de crecimiento” que relacionan el peso corporal con la edad cronológica de los individuos es una estrategia ampliamente difundida (Dottavio *et al.*, 2007; Mignon-Grasteau y Beaumont, 2000; Mignon-Grasteau *et al.*, 2001; Darmani Kuhl *et al.*, 2010) que presenta como ventaja, frente a la comparación de los pesos promedio a edades fijas, el considerar la naturaleza dinámica del proceso. En las aves para carne el ajuste de estas funciones resulta de utilidad, entre otros aspectos, para identificar el momento de la faena vinculado con la expresión de la máxima tasa de crecimiento y para predecir sus requerimientos nutricionales (Darmani Kuhl *et al.*, 2010). Si bien los modelos de este tipo con cuatro parámetros han mostrado su superioridad sobre los modelos a tres parámetros con punto de inflexión fijo, como es el caso de las funciones logística y Gompertz, para describir las relaciones peso-edad (Porter *et al.*, 2010), estos últimos han demostrado ser de utilidad pese a la limitación mencionada (Aggrey, 2002). Los criterios para evaluar la bondad de los ajustes individuales llevados a cabo con los dos modelos sigmoideos mencionados indican que los mismos describen satisfactoriamente los procesos en cuestión.

Los dos indicadores de crecimiento utilizados en este trabajo -el peso corporal y la longitud de la caña-son caracteres poligénicos de alta heredabilidad (Abdellatif, 1989; Buss, 1990; Rizzi *et al.*, 1994). En términos generales, las aves destinadas a la producción de carne continúan aumentando su peso corporal en edades cronológicas en las que el crecimiento en longitud del tarso-metatarso ha finalizado. Gao *et al.* (2010) estudiaron la presencia de QTL (quantitative

trait loci) para longitud de la caña en una población segregante (F2) producto del cruzamiento recíproco entre aves Silky y Plymouth Rock Blancas genotipificada para 129 microsátélites. Los autores concluyeron que el control genético de la longitud de la caña en edades fijas y del crecimiento de este hueso en diferentes períodos, involucran diferentes QTL y que la no identificación de estos loci relacionados con el crecimiento del tarso-metatarso en estadios posteriores del desarrollo, podría atribuirse a que el crecimiento posterior a la octava semana de vida es mucho menor que el observado en las siete primeras semanas.

Los cinco híbridos experimentales analizados presentan un patrón de crecimiento en peso corporal que no acuerda con los requisitos establecidos en el protocolo de producción de pollos camperos en tanto alcanzan el peso objetivo de faena (2500 g) a una edad inferior a la mínima establecida en el mismo (70 días). Ante esta evidencia las alternativas posibles incluyen su faena dentro del rango de edades permitidas (70-90 días) con un peso mayor o bien su faena al peso objetivo de 2500 g con menor edad. Con respecto a la primera opción Terraes et al. (2007) argumentan que existen razones que permiten justificar llegar con pesos de faena más elevados al óptimo sugerido. Entre las mismas mencionan algunas aplicables al material genético aquí presentado tales como el sistema de crianza utilizado, las características de la demanda de un mercado consumidor particular, la posibilidad de trabajar con ciclos de producción más prolongados y la calidad del producto obtenido. En relación con la segunda alternativa van Harn y van Middlekoop (2001), ante la evidencia de los efectos detrimentales que la intensa selección por velocidad de crecimiento ha producido en las poblaciones de pollos parrilleros, proponen utilizar aves

con menores aumentos diarios de peso que los híbridos actualmente disponibles, pero no tanto menores como lo exigido en la avicultura orgánica o en la avicultura ecológica. Esas aves deberían alcanzar un peso objetivo de faena de 2200 g a una edad próxima a las 8 semanas, condición que satisfacen los híbridos experimentales estudiados.

Si, tal como lo plantearon Lerner (1937) y Jaap (1937) en sus estudios pioneros sobre crecimiento en aves de carne, el tamaño del esqueleto varía de acuerdo con la longitud del tarso-metatarso, dentro de los cinco híbridos experimentales podrían identificarse tres grupos en orden decreciente de desarrollo esquelético: Campero Delta y Campero Omega > Campero Alfa y Campero Beta > Campero Epsilon. El genotipo de referencia se ubica en el grupo intermedio por lo que, como producto de estos cruzamientos, se dispone de aves con mayor, menor e igual desarrollo esquelético que Campero INTA. El análisis discriminante confirma esta información en tanto la distribución de los errores de asignación coincide con esta caracterización (Alfa y Beta / Omega y Delta / Epsilon), pero también muestra que Campero INTA presenta particularidades en tanto las aves mal asignadas se presentan prácticamente en igual número en todos los cruzamientos experimentales. Las diferencias en el patrón de crecimiento peso-edad no serían de magnitud suficiente como para discriminar por sí mismas a los híbridos experimentales planteados como alternativa a Campero INTA como sí lo muestran las diferencias en el patrón de crecimiento longitud de la caña-edad cuyos parámetros muestran la mayor asociación con la componente canónica que explica mayor proporción de la variancia fenotípica observada. La dinámica de modificación del peso adquiere relevancia cuando se la analiza en función de la longitud de la caña presentando los estimadores

de los ajustes peso corporal-longitud de la caña la mayor asociación con la segunda componente canónica.

El crecimiento es un fenotipo complejo que, como tal, resulta de la interacción de múltiples factores: algunos genéticos, otros ambientales. Su caracterización dimensional se ha visto por lo general restringida a estudios vinculados con modificaciones en el peso individual, un indicador muy afectado por efectos medioambientales. La caracterización del proceso utilizando una medida lineal como la longitud de la caña brinda información adicional en tanto se trata de un indicador menos influenciado por las variables medioambientales, con menor coeficiente de variación. Una alternativa en el caso de las aves destinadas a la producción de carne en las que la base ósea de sustentación representa un aspecto trascendente es estudiar el proceso asociando el aumento de biomasa con el desarrollo del esqueleto. Como ejemplo pueden mencionarse los híbridos Campero Delta y Campero Omega con patrones muy similares de modificación del peso en función de la longitud del tarso-metatarso pese a sus diferencias en el peso alcanzado a la edad de faena. Las poblaciones sintéticas A, CE, ES, DE y E, evaluadas en base al comportamiento dinámico del crecimiento de las progenies producto de su apareamiento por gallos de la misma sintética paterna, serían equivalentes como potenciales progenitores hembra en la producción de versiones de pollos camperos alternativas a Campero INTA si se toma como criterio el patrón de crecimiento en peso en función de la edad cronológica. La inclusión del crecimiento de la caña como estimador del desarrollo esquelético introduce un elemento distintivo entre ellas correspondiendo a las sintéticas DE y ES las progenies con mayor base de sustentación ósea, valores intermedios a las sintéticas A y

CE y los menores valores a la sintética E que es la utilizada habitualmente como madre del pollo Campero INTA.

## 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, cuyo valioso trabajo contribuyó a la concreción de este Proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABDELLATIF, M. A.** 1989. Genetic study on Dandarawy chickens. II. Heritability of live and carcass measurements. *Genet Sel Evol* 21:199-203.
- AGGREY, S. E.** 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poult. Sci.* 81: 1782-1788.
- ÁLVAREZ, M.; DOTTAVIO, A.M.; ANTRUEJO, A.E.; GALVAGNI, A.; FONT, M.T. & DI MASSO, R.J.** 2007 Dinámica del crecimiento de híbridos experimentales de tres vías de pollo campero. *Actas del VIII Congreso y XXVII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario.*
- ÁLVAREZ, M.; LIBRERA, J.E; FONT, M.T.; DOTTAVIO, A.M.&DI MASSO, R.J.** 2008. Modificación del peso corporal en función de la longitud de la caña en híbridos de tres vías de pollo campero. *Actas IX Jornadas de Divulgación Técnico - Científicas. Facultad de Ciencias Veterinarias - UNR.*



- AVENDAÑO, S.** 2011. Incorporación tecnológica en mejoramiento genético: pasado, presente y futuro. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 19: 4-16.
- BARBATO, G.** 1991. Genetic architecture of growth curve parameters in chickens. Theor. Appl. Genet. 83: 24 -32.
- BONINO, M.F.** 1997. Pollo Campero. Protocolo para la certificación. INTA. EEA Pergamino.
- BONINO, M. F. & Z. E. CANET.** 1999. El pollo y el huevo Campero. INTA.
- BUSS, E.G.** 1990. Genetics of growth and meat production in turkeys. In: Poultry breeding and genetics (Crawford R.D., ed). Amsterdam: Elsevier; 645-675.
- CARRASCO, J. L. & HERNÁN, M.A.** 1993. Estadística multivariante en las ciencias de la vida. Ed. Ciencia 3, S.L. Madrid.
- CHAMBERS, J. R.; FORTIN, A. & GRUNDER, A. A.** 1983. Relationships between carcass fatness and feed efficiency and its component traits in broiler chickens. Poul. Sci. 62: 2201-2207.
- CHEEMA, M.A.; QURESHI, M.A. & HAVENSTEIN, G.B.** 2003. A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 rando-bred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. Poul. Sci. 82:1519-1529.
- CHHABRA, A.D.; APRA, K.L. & SHARMA, R.K.** 1972. Shank length, growth and carcass quality in broiler breeds of poultry. Ind Vet J 49: 506-511.
- DARMANI KUH, H.; T. PORTER; S. LÓPEZ, E. KEBREAB; A.B. STRATHE; A. DUMAS; J. DIJKSTRA & J. FRANCE.** 2010. A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry. World's Poul. Sci. J. 66: 227-239.
- DOTTAVIO, A. M.; M. ÁLVAREZ; Z. E. CANET; M. T. FONT & R. J. DI MASSO.** 2007. Patrón de crecimiento de híbridos experimentales para la producción de pollo campero. Rev. Arg. Prod. Anim. 27 (2): 75-82, 2007.
- FITZHUGH, H.A.** 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. J. Anim. Sci. 42: 1036-1051.
- GRAPHPAD Software,** San Diego, California, USA, www.graphpad.com
- JAAP, R.G.** 1938. Estimating the influence of heredity on tarso-metatarsal length of the domestic turkey. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science 18: 11-13.
- KABIR, K.; ONI, O.O.; AKPA, G.N. & ADEYINKA, I.A.** 2006. Heritability estimates and the interrelationships of body weight and shank length in Rhode Island Red and White chickens. Pak. J. Biol. Sci. 9: 2892-2896.
- KOENEN, M.E.; BOONSTRA-BLOM, A.G. & JEURISSEN, S.H.M.** 2002. Immunological differences between layer- and broiler-type chickens. Vet. Immunol. Immunopath. 89: 47-56.
- LERNER, I M.** 1937. Relative growth and hereditary size limitation in the domestic fowl. Hilgardia, 10: 511-560.
- LIBRERA, J.E.; A. PANNO; Z.E. CANET; R.J. DI MASSO; M.T. FONT & A. M. DOTTAVIO.** 2003. Feed intake, daily body weight gain and feed efficiency in Campero INTA broilers with different maternal genotype. Biocell 27 (2): 240, Abstract 54.
- MC CARTHY, J.C. & P. B. SIEGEL.** 1983. A review of genetical and physiological effects of selection in meat type poultry. Anim. Breed. Abst. 51: 87-94.
- MIGNON-GRASTEAU, S.; M. PILES; L. VARONA; H. DE ROCHAMBEAU; J.P. POIVEY; A. BLASCO & BEAUMONT,** C. Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. J. Anim. Sci. 78: 2515-2524, 2000.

- MIGNON-GRASTEAU, S.; BEAUMONT, C. & RICARD, F. H.** Genetic analysis of a selection experiment on the growth curve of chickens. *Poultry Sci.* 80: 849-854, 2001.
- MIGNON-GRASTEAU, S. & BEAUMONT, E.** 2000. Les courbes de croissance chez les oiseaux. *INRA Prod. Anim.* 13: 337-348.
- MIGNON-GRASTEAU, S.; BEAUMONT, E.; LE BIHAN-DUVAL, L.E.; POIVEY, J.P.; DE ROCHAMBEAU, H. & RICARD, F.H.** 1999. Genetic of growth curve parameters in male and female chickens. *Br. Poult. Sci.* 40: 44-51.
- PORTER, T.; E. KEBREAB; H. DARMANI KUHI; S. LÓPEZ; A.B. STRATHE & J. FRANCE.** 2010. Flexible alternatives to the Gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. *Poult. Sci.* 89: 371-378.
- RIZZI, R.; CEROLINI, S.; MANTOVANI, C.; PAGNACCO, G.; MANGIAGALLI, M.G. & CAVALCHINI, L.G.** 1994. Heritabilities and genetic correlations of conformation and plumage characteristics in pheasant (*Phasianus colchicus*). *Poultry Sci.* 73: 1204-1210.
- SCANES, C. G.** 2007. The global importance of pultry. *Poult. Sci.* 86: 1057-1058.
- SOLLER, M. & EITAN, Y.** 1984. Why does selection for liveweight gain increase fat deposition? A model. *World's Poult. Sci. J.*, 40:5-9.
- SEWALEM, A.; D. M. MORRICE; A. LAW; D. WINDSOR; C. S. HALEY; C. O. N. IKEOBI; D. W. BURT & P. M. HOCKING.** 2002. Mapping of quantitative trait loci for body weight at three, six, and nine weeks of age in a broiler layer cross. *Poult. Sci.* 81:1775-1781.
- SULLIVAN, N.P.; E. A. DUNNINGTON & P.B. SIEGEL.** 1992. Correlated responses in lines of chickens divergently selected for fifty-six-day body weight. 1. Growth, feed intake and feed utilization. *Poult. Sci.* 71: 590-597.
- M, R.A.E. & P. J. NICHOLS.** 1979. Selection for food conversion in broilers: direct and correlated responses for body weight gain, food consumption and food conversion ratio. *Br. Poult. Sci.* 20: 73-86.
- PETRACCI, M & CAVANI, C.** 2012. Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients* (4): 1-12.
- PYM, R.A.E.** 1990. Nutrition genetics: In: *Poultry breeding and genetics* (Crawford R., Ed.) Elsevier, Amsterdam, pp 209-237.
- RAGGI, A.; MONTENEGRO, A.; ABACA, E.; DOTTAIO, A.M.; ANTRUEJO, A.E.; GALVAGNI, A.; FONT, M.T. & DI MASSO, R.J.** 2009. Longitud de la caña-estimador del desarrollo esquelético-en dos poblaciones experimentales de pollos camperos. Análisis dinámico. *Actas de las X Jornadas de Divulgación Técnico-científicas.* Fac. Cs. Veterinarias, UNR.
- SHESKIN, D.J.** 2011. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. Chapman & Hall, USA.
- YUNIS, R.; BEN-DAVID, A.; HELLER, E.D. & CAHANER, A.** 2000. Immunocompetence and viability under commercial conditions of broiler groups differing in growth rate and in antibody response to *Escherichia coli* vaccine. *Poult. Sci.* 79:810-816.