

Efecto de la línea genética y el sexo sobre el crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*)

S L Posada, C E Solarte¹ y R R Noguera

Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias- Grupo de Investigación en Ciencias Animales - GRICA, AA 1226, Medellín, Colombia

sposada@agronica.udea.edu.co

¹ Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, Juan de Pasto, Colombia

Resumen

El cuy (*Cavia porcellus*) representa una alternativa económica y social en algunas zonas de Colombia, por lo que el análisis del rendimiento productivo de esta especie es de interés para fortalecer los programas de selección genética. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la línea y el sexo de los animales sobre el crecimiento. Fueron analizados 546 registros provenientes de la estación experimental Botana, propiedad de la Universidad de Nariño, en Colombia. Las variables evaluadas en la madre fueron: peso al parto, número de parto y tamaño de camada; y para las crías: peso al nacimiento, al destete, a las cuatro, ocho y doce semanas de edad. Para el análisis de la información se utilizó análisis multivariado y univariado de la varianza con covariables, contrastes canónicos ortogonales, contrastes de Tukey, análisis matricial de correlación, distribución de frecuencias, análisis descriptivo exploratorio y regresión no lineal para el análisis de las curvas de crecimiento.

Los resultados mostraron que el número de crías fluctuó entre 3.69 y 4.34. El análisis de correlación destacó relaciones inversas entre el tamaño de la camada y el peso individual al nacimiento para la línea 2 y 3, pero una autocorrelación positiva entre todos los pesos a diferentes edades. La evaluación del efecto del sexo sobre el peso corporal permitió detectar superioridad para los machos, especialmente en las líneas 1 y 2. El análisis de regresión no lineal estimó diferencias en las tasas de crecimiento siempre a favor de los machos, aunque este parámetro y el peso maduro fueron sobreestimados para ambos sexos. La covariable que más determinó el peso de las crías a diferentes edades correspondió al peso de la hembra al parto.

Palabras clave: *Cavia porcellus*, curvas de crecimiento, línea genética, sexo, análisis multivariado

Effect of genetic line and sex on growth in guinea pigs (*Cavia porcellus*)

Abstract

The guinea pig (*Cavia porcellus*) represents an economic alternative with broad social acceptance in some areas of Colombia, therefore the analysis of productive performance of this species is of much interest for genetic selection programs. The aim of this work was to evaluate the effect of line and sex on body growth. Five-hundredth and forty-six records from the experimental station Botana, belonging to the University of Nariño, in Colombia were analyzed. The variables evaluated in the mother were: weight at parturition, parity and litter size; and for the pups: birth weight, weaning weight, weight at four, eight and twelve weeks of age. Data were analyzed by multivariate and univariate variance procedures with covariates, canonical orthogonal contrasts, Tukey contrasts, correlation analysis, frequency distribution, exploratory descriptive analysis and

non- linear regression.

The results show that the number of pups by line fluctuated between 3.69 and 4.34. The correlation analysis showed an inverse relationship between litter size and individual weight at birth for lines 2 and 3, but there was a positive autocorrelation between all the weights at different ages. The evaluation of the sex effect on the corporal weight allowed to detect superiority for the males, especially in the lines 1 and 2. The analysis of non-linear regression estimated bigger growth rates for the males, although this parameter and the mature weight were overestimated for both sexes. The covariable that most determined the weight of pups at different ages was the mother weight at parity.

Key words: *Cavia porcellus*, growth curves, guinea pig, multivariate analysis

Introducción

El cuy (*Cavia porcellus*) también conocido como guinea pig, cobayo, conejillo de indias, cuye, aca, huanco, es un mamífero vegetariano oriundo de la zona andina (Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia), donde se domesticó para usarlo como alimento de alto valor nutritivo (INIA 2005). Su domesticación data de 3000 años AC, generalizándose su crianza 1400 años DC. Por su forma de crianza después de la conquista se degeneró productivamente pero se expandió a diferentes partes del mundo. La población estimada a nivel de los países andinos es más o menos estable y asciende a 35 millones, donde el primer país productor y consumidor es Perú, que mantiene el 63 % de esta población (INIA 2005). La reproducción de este animal es permanente y rápida, la hembra puede dar cría hasta cinco veces al año; se trata de una especie precoz, prolífica, de ciclos productivos cortos y de relativo fácil manejo (Lucas 2003). Por su bajo costo de producción y su elevado precio de venta, en crianzas a pequeña escala, constituye un producto competitivo con otras especies productoras de carne. La deficiente producción y consumo de proteína de origen animal entre la población colombiana, ubica al cuy como una alternativa viable para el aseguramiento de la seguridad alimentaria en ciertas zonas del país. Actualmente la explotación del cuy se desarrolla en el sur occidente colombiano, en los departamentos de Cauca, Putumayo, Valle del Cauca y especialmente en Nariño, donde representa una importante fuente de proteína animal (18-21%) y de ingresos (Gomero 2005). En estos departamentos se han desarrollado varias líneas comerciales de cuyes que se agrupan de acuerdo a su conformación, forma, pelaje y tonalidades de pelaje, y que se diferencian por su precocidad, prolificidad y rusticidad. Desde el punto de vista del mejoramiento animal, el término línea genética hace referencia a un grupo de animales que tienen en común características fenotípicas y productivas.

De acuerdo con el pelaje los cuyes pueden ser clasificados como Tipo 1: lacio, Tipo 2: Crespo, Tipo 3: largo (3.1 lacio – 3.2 crespo) Tipo 4: Erizado. Igualmente pueden ser clasificados de acuerdo a la forma del cuerpo como Tipo A: Ecotipo Cajamarca (cuerpo redondeado), Tipo B: Ecotipo Arequipa (cuerpo alargado) y finalmente, también pueden clasificarse de acuerdo a la coloración del pelaje: Claros: bayo, blanco, marrón y sus combinaciones, Oscuros: negro, plomo, marrón barreado y combinaciones con blanco (INIA 2005)

Dadas las particularidades de la explotación del cuy en algunas zonas de Colombia, cumpliendo un papel económico y social, se hace necesario incrementar los rendimientos productivos a través de la selección de líneas genéticas que ofrezcan la mayor rentabilidad, competitividad y permanencia en el mercado. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos líneas de cuyes y el sexo de los animales sobre la ganancia de peso.

Materiales y métodos

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad de Nariño, localizado en la granja Botana, situada a 9 km al sur de la ciudad de San Juan de Pasto (Colombia). Las características agroecológicas de la región son temperatura promedio de 12.4°C, humedad relativa del 73%, precipitación pluvial media anual de 967 mm y altura sobre el nivel del mar de 2820 m.

Características de manejo de los animales

Como norma estandarizada de manejo, las pozas de reproducción albergan seis hembras y un macho, en un área de 1 m x 1 m y altura de 0.4 m. Dichas unidades están construidas en madera y piso de concreto que se cubre con una cama de viruta. Cada poza está provista de un comedero que se llena dos veces por día. El peso mínimo para iniciar la reproducción en las hembras es de 800 g y en los machos de 900 g, siendo este criterio más importante que el de la edad.

El destete se lleva a cabo a los 14 días del nacimiento, época en la que los animales se agrupan por sexo y se alojan en compartimentos de madera, con un área de 1 m x 1 m y capacidad para 10 a 15 individuos, dependiendo de la disponibilidad de espacio físico.

El control sanitario incluye vermifugaciones periódicas, con el fin de controlar la incidencia de las enfermedades de origen parasitario más comunes causadas principalmente por *Eimeria caviae*, *Paraspidodera uncinata*, *Trichris sp*, *Trichustrongylus sp*, *Tremenopon jenningsi* y *Pulex irritans*. También se guardan las debidas precauciones profilácticas para evitar enfermedades infecciosas, cuyos agentes causales más importantes son *Staphilococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Escherichia coli*, *Klebsiela pneumoniae*, *Yersinia pseudotuberculosis* y *Y. enterocolitica*.

La alimentación está basada en el suministro de forrajes, principalmente raygrass (*Lolium sp*) y en menor escala kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y alfalfa (*Medicago sativa*). La granja prepara los alimentos balanceados para cada fase productiva, asegurando un contenido de proteína entre el 13 y el 18%, 2900 kcal/kg de energía digestible, 15% de fibra y 3.5% de grasa en las etapas de crecimiento y levante; 18 a 20% de proteína, 2860 kcal/kg de energía digestible, 15% de fibra y 3.5% de grasa para la fase de gestación y lactancia.

Registros de producción

Las líneas genéticas evaluadas corresponden al programa de mejoramiento genético en cuyes liderado por la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño. Fueron utilizados 546 registros, correspondientes a los años 2012 y 2013. Cada observación incluyó peso individual al nacimiento, al destete (14 días), a las cuatro (30 días), ocho (56 días) y doce semanas de edad (84 días), número de parto y peso al parto de la hembra, tamaño de la camada al nacimiento, sexo de la cría y línea genética. Las diferentes líneas se codificaron de acuerdo al color del pelaje, a saber: (1) blanco, (2) más rojo que blanco, (3) más amarillo que blanco, (4) rojo, y (5) amarillo. Los animales fueron pesados cada mañana antes de recibir alimento.

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizó para cada línea el análisis multivariado de la varianza (MANOVA) con covariables y contrastes canónicos ortogonales. Toda vez que los resultados sólo consiguieron ser expresados en una dimensión, posteriormente se efectuó análisis univariado de la varianza (ANOVA) con covariables y contrastes de Tukey al 5% de significancia. Las covariables fueron sexo, tamaño de la camada al nacimiento, número de parto y peso de la hembra al parto, en tanto que las variables respuesta correspondieron a los pesos en diferentes edades (nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas). Se validaron los supuestos asociados con el modelo de estructura, a saber, normalidad, homogeneidad de varianzas y autocorrelación serial de primer orden entre residuales.

Asimismo se hizo análisis matricial de correlación entre los pesos a diferentes edades por línea y por sexo a través del método no paramétrico de Spearman. Igualmente se efectuaron distribuciones de frecuencia por línea y por sexo, y análisis descriptivo exploratorio de tipo unidimensional con el fin de hallar los estadísticos media y desviación estándar.

El ajuste de las curvas de crecimiento al modelo de Gompertz y las estimativas de los parámetros se realizaron a través del proceso iterativo del algoritmo Marquardt del procedimiento para modelos no lineales PROC NLIN (SAS 2001)

El modelo de Gompertz presenta tres parámetros, dos con interpretación biológica y uno definido como constante matemática, y se describe como:

$$Y_t = A * \exp * (-B * \exp (-K * t))$$

Donde:

Y_t: Peso del animal en el tiempo t

A: Es el peso asintótico o peso adulto y representa la estimativa del peso a la madurez.

K: Corresponde al índice de madurez o a la estimativa de precocidad de madurez (Nobre et al 1987). Cuanto mayor sea el valor de este parámetro más precoz es el animal y viceversa (Brown et al 1976).

B: Es el parámetro de integración y no posee significado biológico. Tiene la función de modelar la curva sigmoideal.

Resultados y discusión

Los resultados de tamaño de camada al nacimiento y de peso corporal a diferentes edades de acuerdo a la línea y el sexo se muestran en la Tabla 1. Se presentó diferencia estadística significativa (P<0.05) en el tamaño de la camada y en el peso a las cuatro semanas entre las líneas 1 y 5 para las crías macho. Las restantes variables no presentaron diferencia estadística significativa (p>0.05) entre las líneas. En ambos sexos se observa que el coeficiente de variación tiende a disminuir con la edad del animal, registrando valores promedio del 25.7% para el peso al nacimiento y del 9.7% para el peso a las doce semanas.

Tabla 1. Tamaño de la camada al nacimiento y peso a diferentes edades de acuerdo a la línea y el sexo

	MACHOS									
	LINEA 1 n=35		LINEA 2 n=95		LINEA 3 n=161		LINEA 4 n=27		LINEA 5 n=34	
	Promedio ²	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV
TCN ¹	4.3 a A	24.2	4 ab A	26.5	4 ab A	27.3	3.9 ab A	22.2	3.7 b A	29.2
PN	155.9 a A	21.8	150.7 a A	24.6	145.9 a A	23.9	140.2 a A	25.2	147.6 a A	24.5
PD	315.6 a A	19.9	332.9 a A	19.9	324.2 a B	22.8	338.7 a A	21.1	323.3 a A	22.1
P4	551.4 a A	21.8	527.2 ab	21.3	519.6 ab	19.9	537.4 ab	21.7	486.2 b A	21.8
P8	828.7 a A	15.4	A	15.5	A	15.8	A	14.8	827.6 a A	12.9
P12	1171 a A	10.7	839.1 a A	9.7	825.9 a A	11.2	818.5 a A	9.1	1162. a A	9.9
			1174 a A		1158 a A		1139 a A			

	HEMBRAS									
	LINEA 1 n=24		LINEA 2 n=77		LINEA 3 n=69		LINEA 4 n=11		LINEA 5 n=13	
	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV
TCN	4.0 a A	26.7	4.2 a A	23.1	4.2 a A	24.8	3.8 a A	25.7	3.7 a A	27.9
PN	156.3 a A	22.9	135.5 a B	27.6	146.9 a A	26.5	130.9 a A	22.5	156.2 a A	21.6
PD	303.8 a A	19.6	320.9 a A	21.8	346.2 a A	20.4	339.5 a A	21.3	293.7 a A	22.8
P4	473.1 a B	20.6	518.2 a A	22.4	515.7 a A	18	495 a A	17.1	484.4 a A	19.6
P8	735.8 a B	16.4	760.3 a B	16.4	772.1 a B	14.2	802.3 a A	8.7	742.3 a B	6.9
P12	1154 a A	9	1108 a B	11.1	1147 a A	9.2	1163 a A	9.5	1134 a A	7.2

¹TCN: Tamaño de camada al nacimiento; PN: Peso al nacimiento; PD: Peso al destete; P4: Peso a las cuatro semanas; P8: Peso a las ocho semanas; P12: Peso a las doce semanas; CV: Coeficiente de variación

²Medias con diferente letra minúscula en la fila presentan diferencia estadística significativa entre líneas genéticas del mismo sexo ($P < 0,05$); Medias con diferente letra mayúscula en la columna presentan diferencia estadística significativa entre sexos de una misma línea genética ($P < 0,05$)

Cuando se compararon los sexos al interior de una misma línea (Tabla 1), se presentó diferencia estadística ($P < 0,05$) para el peso al nacimiento en la línea 2, el peso al destete en la línea 3, el peso a las cuatro semanas en la línea 1, el peso a las ocho semanas en las líneas 1, 2, 3 y 5, y el peso a las doce semanas en la línea 2, en todos los casos a favor de los machos, excepto para el peso al destete. Se observa que las diferencias significativas dentro de una misma línea no presentan una tendencia constante en la medida que transcurre el tiempo, si bien las líneas 1 y 2 son las que característicamente exhiben superioridad.

Tamaño de camada al nacimiento

Los cuyes son animales de ovulación múltiple, por lo que pueden tener entre una a seis crías por parto, con un promedio de dos, presentándose excepcionalmente hasta ocho por camada (FAO 1997; Portal Veterinaria 2003). Los resultados muestran que el número de crías por línea fluctuó entre 3,7 y 4,3, valores reportados en diferentes líneas comerciales (Ruiz 2004). La distribución de frecuencias reveló que el 80% de las líneas presenta un mayor porcentaje de camadas de cuatro crías, y el segundo lugar le corresponde a trillizos o quintuplas. El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA) (2005) indicó porcentajes más elevados de tamaño de camada para trillizos (36%) y en menor proporción para partos uníparos y séxtuples, 3.8 y 2.3%, respectivamente. También se ha indicado que el número de parto influye sobre el tamaño de camada (INIA, 2005), de tal forma que el número de crías nacidas se incrementa progresivamente hasta el tercer parto (FAO, 1997), no obstante las hembras pueden tener buenas crías hasta el sexto parto (Lucas, 2003). Los buenos tamaños de camada registrados en este trabajo pueden explicarse porque entre el 80-90% de la población de hembras presentó menos de seis partos. Igualmente, el

tamaño de la madre tiene gran influencia sobre el número de crías (FAO 1997; Zaldívar 1986), requiriéndose un peso mínimo de 500 g al momento de la primer monta (Guevara 1989). El peso mínimo de las hembras al momento del empadre y el parto fue de 800 g y 1350 g, respectivamente, lo cual se asocia con un adecuado nivel nutricional, que en última instancia determina un mayor número de folículos y mayor porcentaje de implantación y supervivencia.

Peso al nacimiento

Los pesos promedios al nacimiento fluctuaron entre 140.2 g a 155.9 g para los machos, en las líneas 4 y 1, respectivamente. En las hembras el intervalo correspondió a 130.9 a 156.3 g para las mismas líneas. La literatura reporta pesos promedios comprendidos entre los 80 hasta y 160 g (Portal Veterinaria, 2003). Los pesos obtenidos en este trabajo superaron el límite inferior de los rangos reportados por la FAO (1997), que correspondieron 104.7-154.6 g para los machos y 112-159.8 g para las hembras. Se ha encontrado una correlación positiva entre la duración de la gestación y el tamaño de las crías y una relación inversa entre el número de fetos y el período de gestación (FAO, 1997). De esta forma se puede enunciar una relación inversa entre el tamaño de la camada y el peso de las crías al nacimiento. Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con esta consideración para las líneas 2 y 3, donde la correlación entre ambas variables fue significativa ($P < 0.05$) e inversa (Tabla 2).

Peso al destete

Los pesos promedios al destete no presentaron diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre las diferentes líneas cuando se analizaron individualmente cada uno de los sexos. Estos fluctuaron entre 315.6 y 338.7 g para los machos de las líneas 1 y 4, respectivamente, y entre 293.7 y 346.2 g para las hembras de las líneas 5 y 3, correspondientemente. Estos pesos son superiores a los reportados por la literatura, que oscilaron entre 224.3-305 g para los machos y 214.1-307 g para las hembras (FAO, 1997). El efecto de menores pesos al nacimiento se mantiene hasta el destete, así, la INIA (2005) encontró que crías provenientes de gestaciones posparto nacieron con 7.5% menos peso que aquellas obtenidas de gestaciones posdestete, tendencia que se mantuvo hasta el destete, con una diferencia del 6.4%. Esta afirmación se corresponde con los resultados de correlación que se muestran en la Tabla 2, donde la asociación entre ambas variables fue directa y estadísticamente significativa ($P < 0.05$) para todas las líneas cuando se obtuvieron crías macho. Para las crías hembra, se destaca la correlación para las líneas 1 y 2. De acuerdo con Chauca y Zaldívar (1985), el tamaño de la camada es determinante e influye estadísticamente en el peso al destete. A mayores tamaños de camada menores son los pesos individuales.

Ordoñez (1997) indica que las crías casi duplican su peso del nacimiento a los 14 días, logrando incrementos equivalentes al 95% de su peso al nacimiento. Los incrementos fueron del orden de 102.5, 120.8, 122.2, 141.6 y 118.9% para los machos de las líneas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. En el caso de las hembras, el incremento para las líneas en mención fue de 94.4, 136.8, 135.6, 159.4 y 88.1%.

Ordoñez (1997) sustenta que los cuyes machos nacen con 11.5 g más que las hembras, lo que equivale al 8.7% del peso de estas últimas, y que al final de la segunda semana, la diferencia de

peso entre sexos es de 24 g, equivalente al 9.3% más que el de las hembras. En el presente trabajo, el peso promedio al nacimiento de los machos de las diferentes líneas promedio 148.1 g, mientras que el promedio de las hembras fue de 145.2, diferencia que sólo correspondió al 2%. Para el peso al destete los promedios en machos y hembras fueron respectivamente 326.9 y 320.8, a favor de los machos por 1.9%.

Peso a las cuatro y a las ocho semanas

De acuerdo con la FAO (1997) en la etapa de recría I, que se extiende desde el destete hasta las cuatro semanas, los gazapos alcanzan a triplicar su peso de nacimiento. Durante este mismo período los animales incrementan en un 55% el peso registrado al destete. Los presentes datos muestran incrementos del 74.7, 58.4, 60.3, 58.7 y 50.4 para las machos de las líneas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. En el caso de las hembras, el incremento para las líneas en mención fue de 55.6, 61.5, 49.0, 45.8 y 64.9%. Al comparar el incremento promedio por sexos, los machos muestran un valor del 60.4% (peso promedio al destete de 326.9 g y a las cuatro semanas de 524.4 g) y las hembras de 55%, con pesos de 326.9 y 497.3 g en las respectivas edades.

Con respecto al peso a las ocho semanas, los valores promedio registrados para ambos sexos son inferiores a los reportados a la línea comercial mejorada Perú, para la cual se reportan valores superiores a los 1000 g a esta edad. No obstante, los promedios superan los indicados para la línea Inca, que son del orden de 700 g (INIA, 2005)

Al efectuar el análisis de correlación, se observa una asociación directa y significativa ($P < 0.05$) para todas las líneas entre el peso al destete y a las cuatro semanas-excepto en las hembras de la línea 4-, y entre éste último y el de las ocho semanas-excepto en las hembras de la línea 5- (Tabla 2). De ahí la importancia de obtener adecuados pesos al destete a través de un apropiado manejo del plan de alimentación, que en última instancia compense la reducción en el peso al nacimiento que pueda surgir de mayores tamaños de camada.

Peso a las doce semanas

Las líneas comerciales seleccionadas por su precocidad (Perú, Inti) pueden alcanzar su peso de comercialización a las 9-10 semanas, alcanzando un promedio de 800-900 g (Ruiz 2004; Minagricultura Perú, sf.). Estos valores están muy próximos a los registrados a las ocho semanas en este trabajo. De otra parte los valores actuales presentan superioridad con respecto a la línea merino, para la cual se reportan 900 g a las doce semanas de edad (INIA 2005). No obstante, Chauca (1997) indica que el peso adulto de cuyes mejorados debe oscilar entre 1100 a 1300 g a las 13 semanas de edad, valores muy próximos a los observados en el presente estudio. En la estación experimental Botana, aproximadamente el 40% de los animales se comercializa con un peso entre 1100 y 1200 g.

La correlación entre el peso a las ocho y a las doce semanas no fue alta en ambos sexos, como se registró en edades previas (Tabla 2). Sin embargo, se destaca la importancia de lograr pesos adecuados a tempranas edades, toda vez que estos valores están determinando el desempeño productivo del lote y por ende los mayores rendimientos económicos durante la comercialización.

Tabla 2. Coeficiente de correlación de Spearman entre variables para los machos (1) y las hembras (2) de las diferentes líneas

	LINEA 1 ¹					LINEA 2					LINEA 3					LINEA 4					LINEA 5				
	PN	PD	P4	P8	P12	PN	PD	P4	P8	P12	PN	PD	P4	P8	P12	PN	PD	P4	P8	P12	PN	PD	P4	P8	P12
TCN 1	NS					-0.27					-0.23				NS					NS					
2	NS					-0.30					NS				NS					NS					
PN 1		0.63					0.36					0.35				0.56								0.44	
2		0.49					0.29					NS				NS							NS		
PD 1			0.41					0.64					0.59				0.53								0.66
2			0.93					0.70					0.68				NS								0.88
P4 1				0.53					0.52					0.40				0.42							0.45
2				0.63					0.61					0.46				0.60							NS
P8 1					0.62					0.44					0.37				0.46						0.36
2					0.50					NS				NS				NS							NS

¹TCN: Tamaño de camada al nacimiento; PN: Peso al nacimiento; PD: Peso al destete; P4: Peso a las cuatro semanas; P8: Peso a las ocho semanas; NS: Los coeficientes de correlación no fueron estadísticamente significativos ($P > 0.05$)

Por último se presentan los niveles de significancia ($P < 0.05$) de las covariables que explicaron en mayor medida los pesos a diferentes edades para cada una de las líneas (Tabla 3). La covariable que más determina el peso de sus crías a diferentes edades correspondió al peso al parto de la hembra, donde su efecto se registró en todas las líneas. De otra parte, la covariable de menor magnitud correspondió al número de parto, toda vez que no se tuvieron hembras con avanzada edad reproductiva.

Tabla 3. Covariables significativas mediante modelo de estructura MANOVA por línea con contraste canónico ortogonal

Variable	Sexo					TCN				NP		PHP				
	L1	L2	L3	L5	L2	L3	L4	L1	L2	L1	L2	L3	L4	L5		
PN		0.0073			0.0002	0.0011					0.0445	0.0068	0.0400	0.0211		
PD			0.0463		<0.0001			0.0287		0.0264	0.0001	0.0319				
P4	0.0026				0.0141				0.0261		0.0096	0.0029				
P8	0.0016	0.0002	0.0022	0.0196	0.0021							0.0297		0.0405		
P12		0.0007				0.0201	0.0040									

¹TCN: Tamaño de camada al nacimiento; PN: Peso al nacimiento; PD: Peso al destete; P4: Peso a las cuatro semanas; P8: Peso a las ocho semanas; NP: Número de parto; PHP: Peso de la hembra al parto

Curvas de crecimiento

En la Tabla 4 se presentan las estimativas de los parámetros de la función de crecimiento de Gompertz para machos y hembras de las diferentes líneas. Una vez los animales alcanzan el peso asintótico o peso maduro, representado por la letra A en el modelo Gompertz, la tasa de crecimiento comienza a disminuir en virtud de diferentes procesos biológicos. El punto de inflexión, ocurre cuando la tasa de crecimiento estimada sufre un proceso de desaceleración. La estimativa de la pendiente de una ecuación no lineal, representada por la letra K, es la medida de la tasa de aproximación a su valor asintótico y se denomina tasa de crecimiento o tasa de madurez en relación al peso maduro. Con una variación relativamente pequeña en el peso inicial, la variación entre los valores de K representa, con precisión, las variaciones en la velocidad relativa con que el animal crece. El Y-intercepto representa el peso cuando el tiempo es igual a cero y por lo tanto se relaciona con el peso inicial (peso al nacimiento) del animal (Noguera et al 2008).

Los valores del coeficiente de determinación (R^2) encontrados para los machos y las hembras de las diferentes líneas fueron altos. Igualmente se observa que la estimativa del peso maduro fue mayor para las hembras que para los machos en todos los casos, por tal razón la tasa de crecimiento exhibida por éstas fue menor.

Ordoñez (1997) encontró incrementos diarios de peso que fluctuaron entre 8.1 y 12.4 g/ día para camadas de cuatro y un gazapo, respectivamente. La FAO (1997) reportó ganancias de peso de

10.6 y 9.8 g /día para machos y hembras, correspondientemente. De igual manera, Ordoñez (1997) ilustró incrementos de peso estadísticamente superiores para las hembras que para los machos.

Las tasas de crecimiento (g /día) estimadas por el modelo Gompertz para los machos variaron entre 22.2 y 23.9, en tanto que para las hembras fluctuaron entre 13.2 y 19.8, respectivamente. Las diferencias en las tasas de crecimiento siempre se presentaron a favor de los machos, lo cual se corresponde con la literatura, no obstante, los valores obtenidos para ambos sexos presentan superioridad numérica con respecto a estos reportes. De acuerdo con los datos de la Figura 1 el mayor porcentaje de animales, alrededor del 40%, salen al mercado con un peso que oscila entre 1100 y 1200 g, lo cual permite concluir que el modelo Gompertz también sobreestimó el peso adulto para ambos sexos.

Tabla 4. Estimativa de los parámetros de la función de crecimiento de Gompertz para machos y hembras de las diferentes líneas¹

Línea	Sexo	Parámetro	Valor estimado
1	Hembra	A(g)	2861.6
	Macho		1616.9
	Hembra	B	2.76
	Macho		2.26
	Hembra	K(g día ⁻¹)	0.013
	Macho		0.023
2	Hembra	A(g)	1976.8
	Macho		1661.6
	Hembra	B	2.39
	Macho		2.29
	Hembra	K(g día ⁻¹)	0.016
	Macho		0.022
3	Hembra	A(g)	1909.6
	Macho		1631.0
	Hembra	B	2.33
	Macho		2.29
	Hembra	K(g día ⁻¹)	0.018
	Macho		0.022
4	Hembra	A(g)	1811.9
	Macho		1513.9
	Hembra	B	2.39
	Macho		2.21
	Hembra	K(g día ⁻¹)	0.020
	Macho		0.024
5	Hembra	A(g)	2263.8
	Macho		1756.2
	Hembra	B	2.58
	Macho		2.38
	Hembra	K(g día ⁻¹)	0.016
	Macho		0.021

¹Para los machos los R² fueron de 0.93, 0.93, 0.92, 0.93 y 0.94 para las líneas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente

Para las hembras los R² fueron de 0.94, 0.93, 0.93, 0.95 y 0.96 para las líneas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente

En la Figura 1 se presentan las curvas de crecimiento observadas y predichas por el modelo Gompertz para machos y hembras de la línea 1.

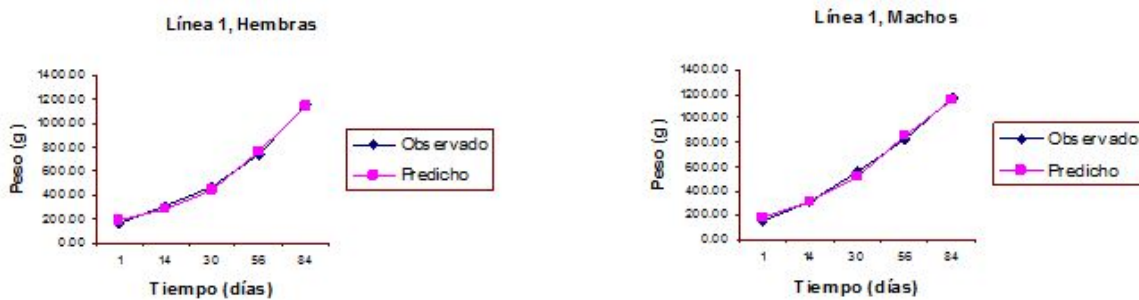


Figura 1. Curvas de crecimiento observadas y predichas para machos y hembras de la línea 1

La representación gráfica del crecimiento de cuyes permite evidenciar que en este estudio los animales no alcanzaron el peso asintótico (punto de inflexión de la curva). Esto se debe a que los animales en explotaciones comerciales son sacrificados a temprana edad, antes de que alcancen su peso adulto. Por estas razones la interpretación del parámetro “A” debe ser realizada con precaución.

Conclusiones

- El análisis de correlación destacó relaciones inversas entre el tamaño de la camada y el peso individual al nacimiento para las líneas 2 y 3. La evaluación del efecto del sexo sobre el peso corporal permitió detectar superioridad para los machos, especialmente en las líneas 1 y 2. La covariable que más determinó el peso de las crías a diferentes edades correspondió al peso de la hembra al parto.

Referencias

Brown J E, Fitzhugh H A and Cartwright T C 1976 A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science*. 42: 810-818. <http://www.journalofanimalscience.org/content/42/4/810.full.pdf>

Chauca L 1997 Producción de cuyes. Estudio FAO producción y sanidad animal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma – Italia. 138 p. <http://www.fao.org/docrep/w6562s/w6562s00.htm>

Chauca F L y Zaldívar A M 1985 Investigaciones realizadas en nutrición, selección y mejoramiento de cuyes en el Perú. INIPA, 2:30

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 1997 Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Cap 2. Reproducción y manejo de la producción. Estudios FAO: Producción y sanidad animal. Roma – Italia. 138 p. http://www.fao.org/docrep/w6562s/w6562s02.htm#P364_30509

Gomero L 2005 Crianza de cuyes en la finca agroecológica Hecosan. *Leisa, Revista de Agroecología*. 21 (3): 17-19. <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-animales-menores-un-gran-valor/crianza-de-cuyes-en-la-finca-agroecologica-hecosan>

Guevara M A 1989 Edad óptima de empadre en el cuy hembra (*Cavia porcellus*). Universidad Nacional Técnica de Cajamarca, Perú. 42 p.

INIA - Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria 2005 Cuy raza andina. Ministerio de Agricultura. http://www.inia.gob.pe/images/ProductosServicios/publicacion/Tripticos/TRIPTICOS_PDF_2005/11%20CUY%20RAZA%20ANDINA.pdf

Lucas E A 2003 El cuy, su cría y explotación - Actividades productivas. 11 p.

Nobre P R, Rosa A, Silva L O y Evangelista S R 1987 Curvas de crecimiento de gado Nelore ajustadas para diferentes frecuências de pesagens. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 22: 1027-1037. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/14820/8513>

Noguera R R, Pereira R L y Solarte C E 2008 Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20, Article #79. <http://www.lrrd.org/lrrd20/5/nogu20079.htm>

Ordoñez R 1997 Efecto de dos niveles de proteína y fibra cruda en el alimento de cuyes (*Cavia porcellus*) en lactación y crecimiento. UNA La Molina, Lima, Perú. 65 p.

Portal Veterinaria 2003 Sistema agrario para cuyes (*Cavia porcellus*). <http://argos.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=1409&cadena=cuyes&como=1>

Ruiz G 2004 Crianza de cuy en el Perú. Perucuy. <http://www.perucuy.com/site/modules.php?name=News&file=article&sid=28>

SAS 2001 SAS Systems Software, SAS Institute Inc., Cary, NC

Zaldívar A M 1986 Estudio de la edad de empadre de cuyes hembras (*Cavia porcellus*) y su efecto sobre el tamaño y peso de camada. UNA La Molina, Lima, Perú. 119 p.

Received 29 August 2014; Accepted 21 November 2014; Published 1 January 2015