
MEMORIAS



XXXVII REUNIÓN CIENTÍFICA ANUAL DE LA ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL



XXXVII REUNIÓN CIENTÍFICA ANUAL DE LA ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL

DEL 22 AL 24 DE OCTUBRE DE 2014

ABANCAY

Editor

Dr. Nilton César Gómez Urviola

Editor adjunto

M.V.Z. Mauro León Curillo Tacuri

Colaboran:

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA)

Asociación Peruana de Producción Animal (APPA)

MODELACIÓN DE CURVAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE SUS PARÁMETROS GENÉTICOS EN ALPACAS (*Vicugna pacos* L.)

Mamani-Cato, R. H.¹, Huanca, T.¹, Gallegos, R.F.², Gutiérrez, J.P.³

¹Instituto Nacional de Innovación Agraria, Programa Nacional de Innovación en Camélidos, Puno, Perú E-mail: ruben.consultores@gmail.com

²Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Puno, Perú.

³Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Producción Animal, Madrid, España.

INTRODUCCIÓN

La población de alpacas del Perú es de 3' 685,500, de los cuales la raza Huacaya representa el 80.4% del total; la mayoría se encuentran en las regiones de Puno (41.58%), Cusco (13.74%) y Arequipa (12.16%) (INEI, 2012). La crianza de Camélidos Sudamericanos en el Perú, está concentrada en el sur andino en dos zonas agroecológicas debidamente definidas, puna húmeda y puna seca (Huanca *et al.*, 2013). El mejoramiento genético es una buena alternativa para el incremento de producción de fibra y de carne de alpacas, que permitirían la mejora de ingresos de los alpaqueros (Quispe, 2013). Un importante indicador fenotípico de la capacidad de producción de carne es la descripción del peso corporal de los animales a través del tiempo, siendo una característica importante el crecimiento, que se describe como un aumento en el peso y tamaño en un cierto período de tiempo (Thornley y Johnson, 1990). La producción de carne es afectado por la tasa de crecimiento y el tamaño corporal de los animales, los cambios en el peso vivo para un período de tiempo también pueden ser explicados en términos de tasa de crecimiento, por esta razón, las investigaciones sobre el crecimiento animal se han convertido en un atractivo estudio, en las últimas décadas para mejorar la productividad general. El análisis adecuado del crecimiento requiere modelos matemáticos que se calculan con los datos obtenidos a partir de los períodos de crecimiento, donde las curvas de crecimiento son una forma de describir el crecimiento en un cierto período de tiempo, hay muchas funciones matemáticas no lineales como, Gompertz, Richards, Von Bertalanffy y Logística que se han utilizado extensamente en diversas especies de ganado para describir el crecimiento como: Kaps (2000) y Menchaca (1996) en el ganado vacuno, Bathaei y Leroy (1998) en ovinos, Schinckel (2004) en los cerdos y Mignon-Grastean (2000) en pollos. Sin embargo, no existe ninguna información sobre la modelación de curvas de crecimiento y sus parámetros genéticos en alpacas jóvenes. Las características de crecimiento de las alpacas desde el nacimiento hasta el primer año de edad no han sido estudiadas adecuadamente, la mayoría de las investigaciones se limitan a la predicción del peso vivo por medición del cuerpo (Wurzinger *et al.*, 2005; Llacsa *et al.*, 2007), sin embargo Riek y Gerken (2007) estimaron curvas de crecimiento en llamas usando tanto la regresión lineal simple y la ecuación de Gompertz, éstos autores informaron coeficientes de determinación (R^2) de 0,999 y 0,998 para la regresión lineal simple y la función de Gompertz, respectivamente, lo que indica que una regresión lineal puede ser adecuada para describir el desarrollo del peso corporal desde el nacimiento hasta 27 semanas después del parto. Varios estudios han reportado estimaciones de heredabilidad significativas para los parámetros de la curva de crecimiento de diferentes especies de ganado (Mignon-Grastean *et al.*, 2000; Koivula *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2012; Lopes *et al.*, 2012), lo que demuestra que estos parámetros son heredables y por lo tanto podrán ser modificados por la selección a través de la implementación de un programa de mejora genética. Por estas consideraciones se ha ejecutado el presente estudio con la finalidad de proporcionar más conocimientos sobre el desarrollo del peso corporal de alpacas, siendo los objetivos: a) describir el crecimiento de la alpaca joven desde el nacimiento hasta los 12 meses de edad, mediante la aplicación de cuatro funciones no lineales, b) evaluar los efectos ambientales sobre los parámetros de la curva de crecimiento y c) estimar los parámetros genéticos y la tendencia genética para parámetros de la curva de crecimiento en alpacas jóvenes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 67372 datos de pesos corporales de 6691 alpacas Huacaya de la estación experimental Quimsachata, del INIA Puno, localizado a 4025 metros, 15°47'43" latitud sur, 70°37'22" longitud oeste, la temperatura varía de -5° C y 18 °C, precipitación pluvial de 700 mm/año. Los pesos corporales individuales se midieron cada 30 días desde el nacimiento hasta los 360 días de edad, obtenidos desde 1998 al 2014. Para describir la trayectoria del crecimiento de los pesos corporales se aplicó cuatro modelos no lineales: Brody, Von Bertalanffy, Logístico y Gompertz (Tabla 2). Los parámetros de los modelos fueron estimados por el método iterativo de Gauss Newton por medio del procedimiento NLIN del programa estadístico SAS® versión 2014. Para evaluar los efectos fijos, como el color, sexo, año de nacimiento y mes de nacimiento sobre los parámetros de la curva de crecimiento se ha analizado en un diseño completamente al azar. Solamente los parámetros A y k fueron evaluados, debido a que tienen interpretación biológica. Para estimar los componentes de (co)varianza, la heredabilidad del peso corporal asintótico (A) y tasa de maduración (k), y la correlación genética entre ambos parámetros de crecimiento se utilizó el modelo animal bivariado (Gutiérrez, 2010). Los componentes de (co)varianza y los parámetros genéticos fueron estimados por el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) utilizando el programa VCE versión 6.0 (Groeneveld *et al.*, 2010). Los valores genéticos se calcularon utilizando el programa PEST versión 4.1 (Groeneveld *et al.*, 1990). El progreso genético se ha estimado utilizando la siguiente fórmula (Falconer y Mackay, 1996):

$$R = \frac{ih^2\sigma_p}{T}$$

Donde R es la respuesta a la selección; i es la intensidad de selección; h^2 es la heredabilidad, σ_p es la desviación estándar fenotípica y T es el intervalo generacional. El intervalo generacional se ha calculado utilizando el programa ENDOG versión 4.8 (Gutiérrez y Goyache, 2005). Las tendencias genéticas de los parámetros A y k fueron estimado por análisis de regresión lineal simple (Kaps y Lamberson, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros de las curvas de crecimiento de alpacas Huacaya se presentan en la Tabla 3. El peso corporal asintótico (A) fue mayor en el modelo Brody (26.0980 kg) y menor para el modelo Logístico (24.7717 kg). La estimación del parámetro B fue menor para el modelo Von Bertalanffy (0.3643 kg), mientras que el modelo Logístico presentó el mayor valor (1.8415). La tasa de maduración (k) tuvo valores que fueron desde 0.00867 hasta 0.0159, mostrando que la tasa de maduración es más precoz en el Modelo Logístico a diferencia de los otros modelos. Wurzinger *et al.*, (2005), con el modelo Brody para llamas adultas Bolivianas, reportó valores de 74.3 a 101.1, 0.851 a 0.934 y 0.258 a 0.614 para los parámetros A , B y k , respectivamente. Las diferencias entre estas estimaciones se deben a varios factores como la edad y la medida de peso ajustado o sin ajustar. Los cuatro modelos subestiman el peso al primer mes y a los 12 meses de edad y sobrestimaron en etapas medias de 8 a 10 meses de edad. En el presente estudio el modelo de Brody mostró el mayor R^2 y las estimaciones más bajas de cuadrado medio del error y parece ser la mejor opción que los otros modelos (Tabla 3) por lo tanto, fue elegido para modelar la curva de crecimiento de alpacas Huacaya. El factor color de la alpaca tuvo un efecto significativo sobre el peso corporal asintótico (A), siendo de mayor valor para las alpacas de tonalidad Gris y Roano y menor para las alpacas de color Blanco ($P < 0.01$). El factor sexo tuvo un efecto significativo sobre la variación de A , que se estimó en 0.76 kg más en hembras que en machos ($P < 0.05$). El factor mes de nacimiento tuvo un efecto significativo sobre ambos parámetros (A y k) ($P < 0.01$). Las alpacas que nacieron durante el mes de diciembre alcanzaron el máximo peso adulto, disminuyendo gradualmente durante los siguientes meses. El peso adulto también fue influenciado por el efecto del año de nacimiento ($P < 0.01$). En este estudio, tanto el mes y año de nacimiento, así como el sexo tuvieron un efecto significativo sobre la tasa de crecimiento, pero no hubo efecto significativo del color de la alpaca sobre este parámetro ($P < 0.05$), asimismo las alpacas machos

muestran mayores valores de k que las hembras ($P < 0.05$), por el contrario las alpacas de los diferentes colores mostraron valores similares de k ($P > 0.05$) el factor año de nacimiento también influye de manera significativa sobre el valor de k ($P < 0.05$). Wurzinger *et al.*, (2005) también reporta que el sexo tiene un efecto significativo sobre este parámetro. Las estimaciones de heredabilidad para A fue 0.32 ± 0.04 y para k de 0.05 ± 0.03 . La correlación genética entre los parámetros A y k fue -0.37 ± 0.20 . Esta correlación negativa también se ha observado en otras especies (Mignon-Grasteau, 2000; Koivula *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2012; Lopes *et al.*, 2012). A pesar de las bajas estimaciones de heredabilidad para los parámetros A y k reportados en el presente estudio, alguna ganancia genética a través de la selección se podría lograr para el peso adulto (Tabla 4). La tendencia genética para el parámetro A fue negativa y para k positiva.

Tabla 1. Número de animales, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para peso corporal de alpacas en diferentes edades

Edad (meses)	Nº de animales	Promedio, kg	Desviación estándar, kg	Coeficiente de variación, %
0	6691	6.23	1.09	17.50
1	5061	10.81	1.93	17.85
2	5516	14.04	2.49	17.74
3	5524	16.84	2.95	17.52
4	5585	19.19	3.45	17.98
5	5421	20.92	3.87	18.50
6	5657	22.12	4.22	19.08
7	5633	23.00	4.42	19.22
8	5205	23.55	4.59	19.49
9	4633	23.67	4.63	19.56
10	4192	24.09	4.63	19.22
11	4147	24.74	4.73	19.12
12	4107	26.04	4.74	18.20

Tabla 2. Ecuaciones de los modelos no lineales utilizados para describir la curva de crecimiento en alpacas

Modelo	Fórmula
Brody	$y = A(1 - Be^{-kt}) + \varepsilon$
Von Bertalanfly	$y = A(1 - Be^{-kt})^d + \varepsilon$
Logístico	$y = A(1 + e^{-kt})^{-m} + \varepsilon$
Gompertz	$y = Ae^{Be^{-kt}} + \varepsilon$

Tabla 3. Parámetros de la curva de crecimiento (\pm error estándar), coeficiente de determinación, cuadrado medio del error (CME) de cuatro funciones de crecimiento, para describir la curva de crecimiento en alpacas Huacaya jóvenes

Modelo	Parámetros				R ² Aj	CME
	A	B	k	m		
Brody	26.0980 \pm 0.0488	0.7626 \pm 0.00149	0.00867 \pm 0.000063		71.55	14.2130
Von Bertalanfly	25.3327 \pm 0.0379	0.3643 \pm 0.00118	0.0117 \pm 0.000075		71.49	14.2441
Logístico	24.7717 \pm 0.0310		0.0159 \pm 0.000087	1.8415 \pm 0.00731	71.23	14.3742
Gompertz	25.0796 \pm 0.0347	1.3232 \pm 0.00529	0.0133 \pm 0.000081		71.41	14.2850

^a Modelo seleccionado, A es el peso corporal (kg) asintótico, B es la constante de integración, k es la tasa de maduración.

Tabla 4. Parámetros genéticos y fenotípicos estimados y ganancia genética de los parámetros de la curva de crecimiento del modelo Brody de alpacas jóvenes

Componentes de varianza	A	K
σ_P^2	22.1147	0.0000
σ_A^2	7.020399 ± 1.031029	0.000001 ± 0.000000
σ_E^2	15.0943 ± 0.952602	0.0000 ± 0.000001
h^2	0.31745 ± 0.04412	0.05139 ± 0.03353
σ_{PAK}		-0.0085
r_{GAK}		-0.37371 ± 0.19855
r_{PAK}		-0.49114
Δg	0.499	0.000000

σ_P^2 = varianza fenotípica, σ_A^2 = varianza genética aditiva, σ_E^2 = varianza ambiental, h^2 = heredabilidad, σ_{PAK} = covarianza fenotípica, r_{GAK} = correlación genética entre peso asintótico (A) y tasa de maduración (k), r_{PAK} = correlación fenotípica entre peso asintótico (A) y tasa de maduración (k), Δg = progreso genético calculado con una intensidad de selección de 1.755 y un intervalo de generación de 5.25 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gutiérrez, J.P. y F. Goyache. 2005. A note on ENDOG: a Computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122: 172-176.
- Gutiérrez, J.P. 2010. Iniciación a la valoración genética animal. Metodología adaptada al EEES. Editorial Complutense S.A., Madrid, España.
- Huanca, T., Mamani, R.H., Gonzáles, M., Cárdenas, O., Naveros, M.L. 2013. Situación actual de la crianza de camélidos en el Perú. *Journal of Basic & Applied Genetics*. 2013: Volumen 24 Issue 1Supp. Pág. 56.
- INEI, 2012. Resultados definitivos del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, Perú.
- Kaps, M. and Lamberson, W.R. 2004. *Biostatistics for animal science*. CABI Publishing UK.
- Groeneveld, E., M. Kovac, and T. Wang. 1990. PEST, a general purpose BLUP package for multivariate prediction and estimation. *Proc. 4th World Congr. Genet. Appl. Lives. Prod.*, Edinburgh, Scotland XIII:488-491.
- Groeneveld, E., M. Kovac, and N. Mielenz. 2010. VCE: User's guide and reference manual. Version 6.0. <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf> (Accessed 26 August 2014.)
- Quispe E.C. 2013. Mejoramiento genético en alpacas: Caso de pequeños rebaños de Huancavelica, Perú. *Journal of Basic & Applied Genetics*. 2013: Volumen 24 Issue 1Supp. Pág. 58.
- SAS Institute Inc. 2014. SAS® University Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Thornley, J.H.M. and I.R. Johnson. 1990. *Plant and Crop Modelling. A Mathematical Approach to Plant and Crop Physiology*. Clarendon Press. Oxford. U.S.A.

MODELACIÓN DE CURVAS DE CRECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE SUS PARÁMETROS GENÉTICOS EN ALPACAS (*Vicugna pacos* L.)

ABSTRACT: The objectives of this study were to describe the growth of young alpacas by applying four nonlinear, also the environmental effect on the parameters of the growth curve was evaluated; it was also felt the genetic parameters growth curve and their respective genetic traits. Data were obtained from the experimental station Quimsachata, (INIA) Peru. To describe the trajectory of growth of the animals was applied four nonlinear models: Brody, Von Bertalanffy, logistic and Gompertz to do the NLIN procedure of SAS. To evaluate the influence of fixed effects, such as color, gender, year of birth and month of birth on the parameters of the growth curve has been analyzed in a completely randomized design using the SAS program. The components of (co) variance and genetic parameters were estimated by Restricted Maximum Likelihood method using the VCE program version 5.0. The breeding values were estimated using the PEST program version 4.1. We conclude that the Brody growth model is suitable to describe the growth curve in young alpacas. Heritabilities for asymptotic body weight and maturation rate were medium and low magnitude. However, despite this, the asymptotic weight showed good genetic gain which does not happen to maturity rate being zero, suggesting that it would be feasible to implement a program of selection to change the slope of the growth curve of alpacas.

Keywords: Alpaca, Growth curve, Heritability, Genetic trend.