

CRECIMIENTOS DIFERENTES SEGÚN FENOTIPOS EN EL BORREGO DE CHIAPAS

DIFFERENT GROWTH RATES ACCORDING TO PHENOTYPES IN THE CHIAPAS OVINE BREED

Parés-Casanova P.M.^{1*}, Caballero-Sala M.¹, Perezgrovas R.²

¹Departament de Producció Animal, Universitat de Lleida, Av. Alcalde Rovira Roure, 191. E 25198 Lleida (Catalunya, España).

*peremiquelp@prodan.udl.cat

²Laboratorio de Calidad de Lana, Instituto de Estudios Indígenas de la Universidad Autónoma Chiapas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Keywords:

Logistic model
Von Bertalanffy
model
Gompertz model
Michaelis-Menten
model
Ontogeny

Palabras clave:

Modelo logístico
Modelo von
Bertalanffy
Modelo Gompertz
Modelo Michaelis-
Menten
Ontogenia

Abstract

Growth curves in the Chiapas sheep breed were assessed for males and females, comprising a wide age range of animals (3 to 156 months). Animals encompass 4 different phenotypes (white n=30, black n=77, tan n=28 and paint n=10). They were from different local communities in Chiapas (South Mexico). The goodness of fit for four different models (logistic, von Bertalanffy, Michaelis-Menten and Gompertz) was assessed for 66 males and 79 females. The best model was the Michaelis-Menten one, which can be useful in order to study the growth kinetics for this breed. The paint phenotype is the most distinct variety, and it has the highest final weight for the age range studied.

Resumen

El presente trabajo tuvo por objetivo estudiar las curvas de crecimiento de machos y hembras del borrego Chiapas, en un amplio rango de edad (rango: 3 a 156 meses), incluyendo 4 fenotipos (blanco n=30, negro n=77, café n=28 y pinto n=10), y procedentes de diferentes comunidades de la zona de los altos de Chiapas (Sur México). Para esto, fue evaluada la capacidad de ajuste de cuatro modelos de crecimiento: logístico, von Bertalanffy, Michaelis-Menten y Gompertz, a los datos de peso procedentes de 66 machos y 79 hembras. De todos los modelos testados fue el modelo de Michaelis-Menten el mejor para describir la curva de crecimiento en el borrego Chiapas, lo que puede ser utilizado para estudiar la cinética del crecimiento en esta raza. El fenotipo pinto es el que se aparta más del resto, y muestra el mayor peso final en el tramo etario estudiado.

Introducción

Los modelos matemáticos son ecuaciones que, entre otras cosas, permiten construir curvas continuas de una variable biológica en función de otra. Esta información es importante para efectos de investigación y recomendaciones de orden zootécnico; p.ej. buscando precocidad y mejor calidad de la canal (Souza *et al.*, 1994). Diferentes modelos han sido utilizados para describir la relación entre la edad del animal y su madurez. Pero dado que el crecimiento animal no sigue una tendencia lineal, es necesario explorar modelos que permitan estudiar el crecimiento animal.

Las relaciones entre el incremento de una dimensión en función del tiempo, pueden expresarse mediante curvas generales de crecimiento. Los modelos matemáticos utilizados para modelar el crecimiento animal tienen forma sigmoideal, pudiéndose diferenciar en ellos las siguientes fases: 1. *Fase de aceleración*, que idealmente debe tener su origen en el punto (0,0); se caracteriza porque la velocidad de crecimiento es muy rápida y positiva, llegando al máximo en el punto de inflexión de la curva. 2. *Fase de desaceleración*, en la que a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento comienza a disminuir. Y 3. *Fase lineal*, en la que el animal deja de crecer o el crecimiento puede ser considerado como una mera reposición de tejidos.

Los modelos logístico, de Gompertz, Michaelis-Menten y de von Bertalanffy son funciones de crecimiento frecuentemente utilizadas para describir el crecimiento de plantas, animales y órganos. Son clásicas las aplicaciones de estos métodos en investigaciones pesqueras, aunque se han utilizado también satisfactoriamente en el estudio del crecimiento de dimensiones ponderales y lineales en los mamíferos. Estos modelos presentan tres parámetros con interpretación biológica y uno definido como constante matemática (Tabla I). El parámetro a corresponde al peso asintótico o peso adulto a la madurez. El parámetro c corresponde 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). Y el parámetro b es denominado parámetro de integración, y no posee significado biológico.

Tabla I. Descripción matemática de los cuatro modelos no lineales de crecimiento considerados (*Mathematical description for the four non linear growth model considered for this study*)

Modelo	Número de parámetros	Expresión matemática
Logístico	3	$y=a/(1+be^{-cx})$
Gompertz	3	$y=a*\exp(b*\exp(cx))$
Michaelis-Menten	2	$y=ax/(b+x)$
von Bertalanffy	3	$y=a(1-be^{-cx})$

y = peso del animal en el tiempo; a = estimativa del peso a la madurez; b = parámetro de integración, no posee significado biológico; c = estimativa de precocidad de madurez

El borrego Chiapas está muy bien adaptado a zonas montañosas del Sur mexicano, es un animal rústico y tiene como principal objetivo la producción de lana, siendo una de las más importantes del país en cuanto a ésta producción (Perezgrovas, 2004). La ovinocultura indígena en la región montañosa de Los Altos Chiapas difiere con la practicada en otras partes de México, pues se aleja de los patrones establecidos debido a que es desarrollada exclusivamente por mujeres tzotziles; ellas son las que se encargan del cuidado de los borregos, los trasquilan y tejen la lana para la confección de sus vestidos tradicionales, tomando las decisiones relacionadas con esta actividad que además de productiva tiene un carácter socio-cultural (Perezgrovas, 2004).

El objetivo de este trabajo fue describir cómo son las curvas de crecimiento del borrego Chiapas, según los modelos matemáticos logístico, von Bertalanffy y Gompertz, y ver si hay diferencias entre entre sus 4 fenotipos blanco, negro, café y pinto.

Material y métodos

Para el estudio del crecimiento han sido utilizados 66 machos y 79 hembras del borrego Chiapas, de todas las edades (rango: 3 a 156 meses) y fenotipos (blanco $n=30$, negro $n=77$, café $n=28$ y pinto $n=10$), procedentes de diferentes comunidades de la zona de los altos de Chiapas (Sur México). Se registró la edad en base a las declaraciones de los ganaderos, y el peso vivo se obtuvo mediante el pesado directo de los animales con balanza digital. Los datos fueron recabados siempre por un mismo autor (Marta Caballero) una única vez en cada animal.

Los modelos utilizados para describir el crecimiento de los animales fueron el logístico, el de Gompertz, el Michaelis-Menten y el von Bertalanffy. Las expresiones matemáticas que representan a cada uno de los modelos y su número de parámetros son presentados en la tabla I. Para distinguir la capacidad de ajuste de cada uno de los modelos en estudio fue utilizado el criterio de información de Akaike (AIC), que combina teoría de máxima verosimilitud, información teórica y entropía de información (Motulsky y Christopoulos, 2003), considerando el mejor modelo aquel de menor valor AIC. La comparación previa entre machos y hembras se realizó en base a la comparación de los pendientes de las regresiones log-transformadas, mediante el test ANCOVA. El test ANCOVA reflejó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las regresiones para machos y hembras ($F=0.571$, $p=0.450$) (Figura 1). Por ello no se consideró el sexo para análisis ulteriores. La comparación entre fenotipos se realizó con el test de Kruskal-Wallis (valores residuales, siendo los residuales las distancias verticales de los puntos a la curva de ajuste) a partir de la ecuación que presentase mejor estimación. Los modelos fueron ajustados a la edad de cada animal utilizando el procedimiento para modelizaciones no lineales del programa PAST (Hammer *et al.*, 2010), que se usó igualmente para el resto de los análisis.

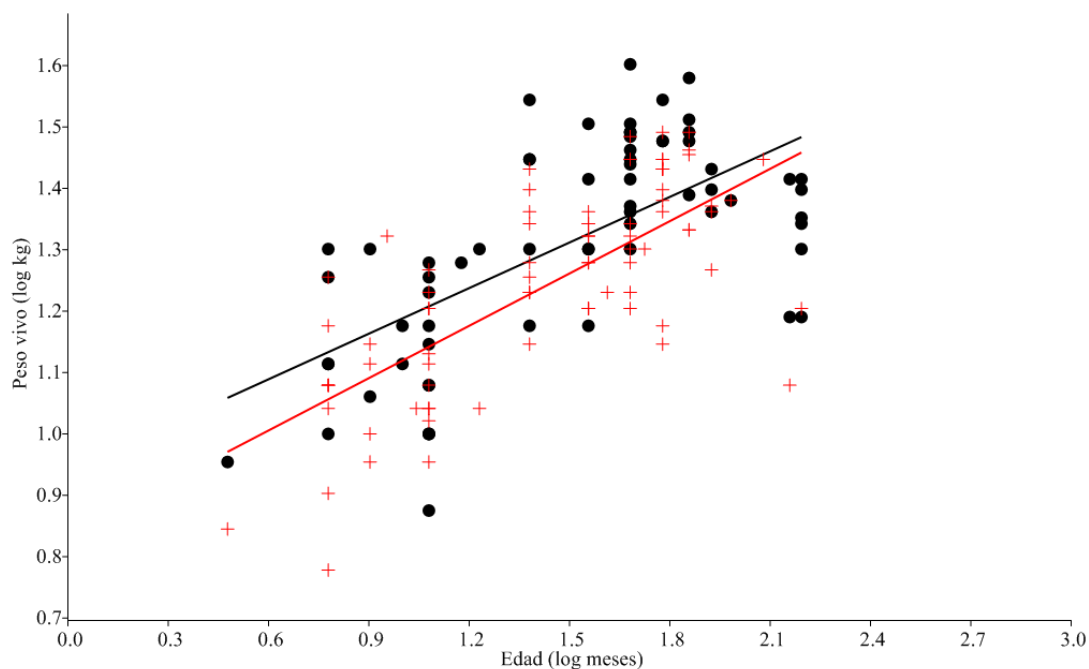


Figura 1. Regresión de la edad vs el peso vivo (datos log transformados) para machos y hembras. El test ANCOVA reflejó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre las regresiones para ambos ($F=0.571$, $p=0.450$) (*Regression of age vs live weight for males and females. Data have been log transformed. ANCOVA test showed non significant differences between sexes $F=0.571$, $p=0.450$*)

Resultados y discusión

Los valores AIC de los modelos en estudio son presentados en la tabla II. Para todos los fenotipos, el menor valor de AIC fue observado para el modelo Michaelis-Menten. En la tabla III se presenta los valores de los parámetros ecuacionales y la amplitud de la variación de los parámetros de las curvas individuales de crecimiento para ovinos de los diferentes fenotipos, después de su ajuste al modelo de Michaelis-Menten. Aplicando este modelo a los diferentes fenotipos, el test de Kruskal-Wallis reflejó que existían diferencias para todos ellos ($p<0.0001$), excepto entre el fenotipo blanco y negro (Tabla IV). El mayor peso asintótico se registró para el fenotipo pinto (con manchas color café en base blanca o viceversa, en cualquier proporción). En la figura 2, se presenta la curva de crecimiento predicha por el modelo Michaelis-Menten para este fenotipo.

El fenotipo pinto puede deberse, en algunos casos, a individuos negros de avanzada edad, o con alguna mancha extensa. Pero aunque no consideremos este fenotipo, siguen apareciendo diferencias estadísticamente significativas entre el café, y el blanco y negro. Además de los criterios matemáticos que permiten determinar cuál es la capacidad de ajuste de un modelo frente a otro, es necesario tener en cuenta como parámetro de evaluación la coherencia biológica de los parámetros estimados del modelo. Este criterio de evaluación depende del conocimiento que tenga el investigador del fenómeno biológico en estudio, del fenotipo en nuestro caso. Así, podría suponerse que de 28 ejemplares muestreados, 21 tiene el mismo origen, al que denominamos "Rancho". Podrían pues las diferencias deberse simplemente a un manejo diferente? Se comprueba que no, puesto que los pendientes de los crecimientos de los animales del "Rancho" respecto de los otros no difiere ($F=0.166$, $p=0.686$). Además, de todos modos, cabe decir que aunque los registros de pesaje de los animales se llevaron hasta los 156 meses después del nacimiento, fue imposible establecer con claridad, en ningún fenotipo, su fase asintótica.

A modo de conclusión se puede afirmar que los resultados obtenidos muestran una amplia diferencia de valores según fenotipos, lo que demuestra que existe gran variabilidad genética en esta raza ovina autóctona mexicana. Un programa de conservación y recuperación del Borrego Chiapas debería preservar precisamente esa variabilidad genética, Al mismo tiempo queda patente el gran potencial que posee, ya que no hay que olvidar que estos animales son de pequeño formato y se explotan en extensivo en zonas con condiciones climatológicas y orográficas muy adversas.

Tabla II. Valores del criterio de información de Akaike (AIC) de los cuatro modelos en estudio. El mejor modelo es aquel que posea menor valor de AIC, que para este estudio es el de Michaelis-Menten (*Akaike Information Criterion AIC for the four models studied. The best model is the model which the lowest AIC, which in this study was the Michaelis-Menten*)

Modelo	Fenotipo	AIC
Logístico	Negro	2150.0
	Blanco	1205.7
	Café	1367.5
	Pinto	409.8
Gompertz	Negro	2161.9
	Blanco	1327.3
	Café	1491.4
	Pinto	426.8
Michaelis-Menten	Negro	1885.9
	Blanco	637.6
	Café	889.0
	Pinto	220.3
von Bertalanffy	Negro	2310.4
	Blanco	1465.9
	Café	1702.3
	Pinto	441.7

Tabla III. Estimativa de los parámetros de la función de crecimiento del modelo Michaelis-Menten (*Estimations according to growth Michaelis-Menten model*)

Fenotipo	Parámetro	Valor	IC 95 %
Blanco	.a	27.243	27.93-31.22
	.b	6.798	
Negro	.a	27.933	17.69-30.03
	.b	8.270	
Café	.a	22.867	14.00-26.17
	.b	8.296	
Pinto	.a	32.000	23.31-43.61
	.b	10.455	

IC: Intervalo de Confianza

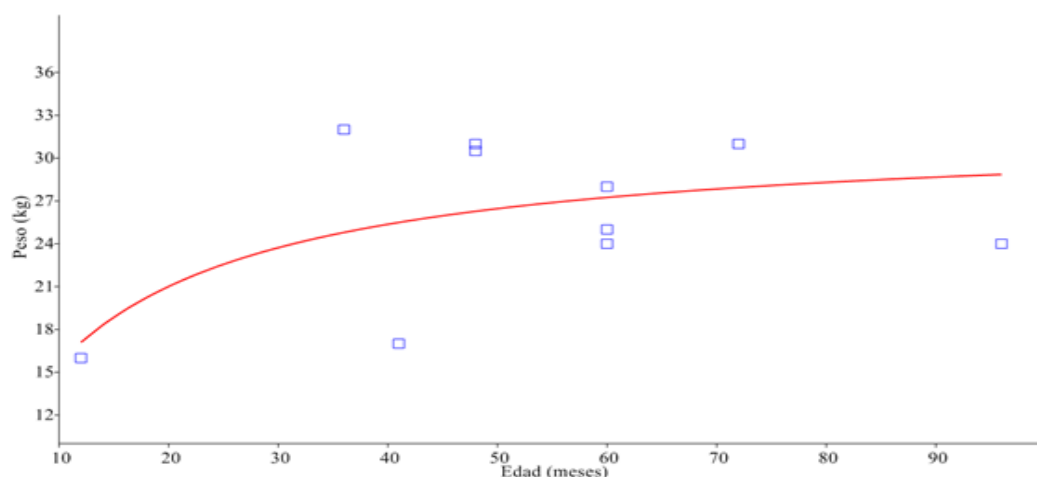


Figura 2. Curva de crecimiento predicha por el modelo Michaelis-Menten para el fenotipo pinto (*Growth curve predicted by Michaelis-Menten model for the "paint" phenotype*)

Tabla IV. Resultados del test de Kruskal-Wallis entre fenotipos (valores residuales). Valores obtenidos en la diagonal inferior, y valores p en la diagonal superior (*Results of Kruskal-Wallis test for phenotypes. Values on the upper side of the diagonal line, p-values on the bottom side*)

	Blanco	Negro	Café	Pinto
Blanco		0.802	0.000	0.001
Negro	1.000		0.000	0.000
Café	0.000	0.000		0.000
Pinto	0.004	0.003	0.000	

Conclusiones

Según Hammon (1932 y 1966), cuando un organismo crece se operan en él dos tipos de fenómenos: a) el incremento en peso y volumen en el transcurso del tiempo, y b) la modificación de las proporciones de las diversas regiones morfológicas, órganos y sistemas, hasta que se accede al estado adulto o estable. Para el borrego Chiapas, el patrón de crecimiento es similar para los fenotipos blanco y negro, y claramente diferente en el café.

Bibliografía

- Brown J.E., Fitzhugh H.A., Cartwright T.C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science* 42:810-818.
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2010. PAST. *Palaeontol. Stat.* 4(1), versión 2.17c.
- Hammon D.J. 1932. *Growth and the Development of Mutton Qualities in the sheep.* Oliver & Boyd. London.
- Hammon D.J. 1966. *Principios de explotación animal.* Acribia. Zaragoza.
- Motulsky H., Christopoulos A. 2003. *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression.* Versión 4. San Diego CA: GraphPad PRISM®. 2003. URL: www.graphpad.com 351 p.
- Nobre P.R.C., Rosa A., Silva L.O., Evangelista S.R. 1987. Curvas de crecimiento de gado Nelore ajustadas para diferentes frequências de pesagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 22:1027-1037.
- Perezgrovas Garza R. 2004. *Los Carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en Los Altos Chiapas.* 3ª edición. Universidad Autónoma Chiapas. Instituto de Estudios Indígenas, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.