

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i6.1420>

Evaluación de modelos matemáticos en curvas de crecimiento en llamas (lama glama) k'ara y ch'accu en alimentación natural y suplemento

Evaluation of mathematical models in growth curves in llamas (lama glama) k'ara and ch'accu in natural food and supplement

Facundo Emilio Maquera Llano

femaquerall@unjbg.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4282-895X>

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Ghohman
Tacna – Perú

Artículo recibido: 16 de noviembre de 2023. Aceptado para publicación: 04 de diciembre de 2023.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar modelos matemáticos no lineales en curva de crecimiento en llamas k'ara y ch'accu en condiciones de alimentación natural y suplemento, desde el nacimiento hasta 12 meses de edad, en 212 llamas del centro experimental Quimsachata del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Puno. se utilizaron funciones matemáticas no lineales: Brody, Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, para evaluar capacidad de ajuste de los modelos se utilizó el procedimiento NLIN de SAS. y criterios de información estadística de evaluación fueron: coeficiente determinación (R^2), cuadrado medio de error (CME), criterio de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC). Los modelos matemáticos proporcionaron una buena calidad de ajuste de los datos de peso vivo kg., para ambas razas y sexos. Los modelos Brody y Von Bertalanffy mostró mejor capacidad de ajuste. En los parámetros de interpretación biológica se evidenció que las llamas k'ara tuvieron mayor estimativa de peso asintótico (A) en comparación a raza ch'accu; según estimativa de precocidad (k), los modelos Brody y Von Bertalanffy reflejaron menores valores. Las llamas k'ara tuvieron ligera precocidad que las llamas ch'accu. En ambos sexos se evidenció mejor ajuste modelos Brody y Von Bertalanffy, indicando que los machos alcanzan la madurez en edades más precoces que las hembras. En condiciones de suplementación reconstituyente, los modelos Brody y Von Bertalanffy reflejaron en sus parámetros biológicos, mayor peso asintótico (A) y precocidad. Los resultados fueron significativos ($p < 0.05$) para efecto raza, edad de la madre, evidenciando efecto dimorfismo sexual tardío.

Palabras clave: crecimiento, modelo matemático, llamas

Abstract

The objective of the work was to evaluate non-linear mathematical models in the growth curve in k'ara and ch'accu llamas under conditions of natural feeding and supplementation, from birth to 12 months of age, in 212 llamas from the Quimsachata experimental center of the National Institute of Agrarian Research (INIA), Puno. Non-linear mathematical functions were used: Brody, Von Bertalanffy,

Gompertz and Logístico, to evaluate the adjustment capacity of the models, the SAS NLIN procedure was used. and statistical information evaluation criteria were: determination coefficient (R^2), mean square error (CME), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian (BIC). The mathematical models provided a good quality of fit for the weight data. live kg., for both races and sexes. The Brody and Von Bertalanffy models showed better adjustment capacity. In the biological interpretation parameters, it was evident that the K'ara llamas had a higher estimate of asymptotic weight (A) compared to the Ch'accu breed; According to the precocity estimate (k), the Brody and Von Bertalanffy models reflected lower values. The k'ara llamas were slightly precoser than the ch'accu llamas. In both sexes, a better fit of the Brody and Von Berftalanffy models was evident, indicating that males reach maturity at earlier ages than females. Under conditions of restorative supplementation, the Brody and Von Bertalanffy models reflected in their biological parameters, greater asymptotic weight (A) and precocity. The results were significant ($p < 0.05$) for the race effect, age of the mother, evidencing late sexual dimorphism effect.

Keywords: growth, mathematical model, flames

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Maquera Llano, F. E. (2023). Evaluación de modelos matemáticos en curvas de crecimiento en llamas (lama glama) k'ara y ch'accu en alimentación natural y suplemento. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(6), 33 – 39.
<https://doi.org/10.56712/latam.v4i6.1420>

INTRODUCCIÓN

El modelaje matemático es importante y de impacto socioeconómico en las evaluaciones del crecimiento en animales de carne. Además, constituye una herramienta indispensable en la creación de sistemas de soporte computarizados para la toma de decisiones, facilitando a los productores y profesionales del sector generar políticas de manejo dentro de un sistema productivo y a los investigadores aplicar un método para sintetizar el conocimiento científico. El aporte o contribución es establecer un modelo matemático que mejor se ajuste a condiciones locales, curva de crecimiento estándar que explique la velocidad de crecimiento en llamas y con ello, demostrar las características diferenciales entre estas dos razas de llamas en diferentes condiciones medioambientales. Los objetivos fueron evaluar modelos matemáticos no lineales con capacidad de ajuste en la curva de crecimiento en llamas k'ara y ch'accu de ambos sexos.

METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental Agraria Quimsachata, perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria. (INIA), se evaluó curva de crecimiento a través de modelos matemáticos sobre la base de una población de 212 llamas crías (154 k'ara y 58 ch'accu).

Las mediciones se realizaron desde el nacimiento hasta los 12 meses de edad de las llamas de ambos sexos y razas agrupados de las llamas (k'ara y ch'accu) alimentación natural y con suplemento reconstituyente.

Para la evaluación de los modelos no lineales se utilizó la siguiente relación: edad-peso vivo. Del mismo modo, se emplearon los modelos Logístico, Von Bertalanffy, Gompertz y Brody. Para realizar el ajuste de los modelos matemáticos se aplicó el procedimiento iterativo de estimación de los parámetros de Levenberg-Marquardt. Además, se pre fijó la convergencia de la suma de cuadrados del error y de los parámetros como 1×10^{-8} mediante el comando regresión del SAS versión 9.4. Para evaluar la influencia de los efectos ambientales (sexo de la cría, edad de la madre, mes de nacimiento, variedad de la llama y efecto del suplemento) se utilizó modelo lineal general en diseño completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la curva de crecimiento en llamas k'ara y ch'accu

Según criterios de información estadística. El modelo Brody y von Bertalanffy reflejó una mejor capacidad de ajuste en las llamas ch'accu con un coeficiente de determinación (R^2) que alcanzó un 78.58 %; cuadrado medio de error (CME) con menor valor de 423; según el criterio de información Akaike (AIC) se obtuvo un valor menores de 5 005; y para criterio de información bayesiano (BIC) se obtuvo un resultado de 1587. En consecuencia, dichos resultados se consideraron menores valores que evidencian capacidad de ajuste.

Con respecto a las evaluaciones para las llamas k'ara, se obtuvieron similares resultados: según el coeficiente de determinación (R^2) se alcanzó un 79.86 %; según el cuadrado medio de error (CME) se obtuvo un resultado de 799; según el criterio de información Akaike (AIC) se obtuvo un resultado de 15100; y criterio de información bayesiano (BIC) se obtuvo un resultado de 4 457.

Parámetros biológicos de modelos no lineales según raza

Según Tabla 1. Se revela que los modelos Brody y Von Bertalanffy demostraron un mayor valor, para parámetro estimativa peso adulto (A) para las llamas k'ara frente a las llamas ch'accu, siendo estos

los valores del peso de madurez asintótica y cuyos resultados alcanzaron: 40.64 ± 0.61 kg en las llamas k'ara; y 38.11 ± 1.06 kg en las llamas ch'accu.

Según el parámetro de estimativa de precocidad a la madurez (K), los modelos Brody y Von Bertalanffy exhibieron menores valores frente a los otros modelos Logístico y Gompertz, ya que estos últimos exhibieron mayores valores en el índice de crecimiento, índice de madurez y en el peso de madurez asintótica.

El parámetro elevado (K) presentan madurez precoz en comparación con individuos de valores más bajos que K. Las tasas de crecimiento expresadas en gramos están dentro del modelo Brody, donde son ligeramente mayores para las llamas k'ara (0.0067 ± 0.0003) que para las llamas ch'accu (0.0061 ± 0.0005).

Los resultados encontrados fueron inferiores a los reportes de Apaza y Quispe (2016), quienes concluyeron que los estimados de peso asintótico (A) resultaron relativamente menores a los reportes de otros autores. Desde esta perspectiva, alcanzar A en las llamas ocurriría a la edad de 4 a 5 años (Apaza y Pineda, 2001; como se citó en Apaza y Quispe, 2016), coincidiendo con lo afirmado por Arango y Van Vleck (2002), quienes sostienen que, considerando las diferentes razas, se acepta que el peso a la madurez se alcance a los 5 años, en la especie del vacuno de carne.

Tabla 1

Parámetros de las curvas de los modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico y Gompertz en llamas k'ara y ch'accu

Modelo	A $\pm$ EE		B $\pm$ EE		K $\pm$ EE	
	K'ara	Ch'accu	K'ara	Ch'accu	K'ara	Ch'accu
Brody	40.64 ± 0.613	38.11 ± 1.063	0.783 ± 0.072	0.763 ± 0.0115	0.0067 ± 0.00031	0.0061 ± 0.000513
Logístico	37.37 ± 0.344	34.89 ± 0.598	-----	-----	0.0134 ± 0.00042	0.0123 ± 0.000679
Von Bertalanffy	38.67 ± 0.439	36.20 ± 0.760	0.376 ± 0.0059	0.359 ± 0.0091	0.0096 ± 0.00036	0.00873 ± 0.00059
Gompertz	38.06 ± 0.320	35.60 ± 0.677	-1.3729	-1.295 ± 0.004	0.0111 ± 0.00039	0.0100 ± 0.00063

Evaluación de la curva de crecimiento en llamas con alimentación natural y suplemento

Los modelos no lineales de mejor capacidad de ajuste fue el modelo Brody, independiente del régimen de alimentación natural y suplemento, Según el coeficiente de determinación (R^2), los valores variaron entre 81.71 % y 77.71 %.

Según Tabla 2. El parámetro estimado peso maduro (A), fue mayor para el grupo con suplementación. Dicha información está verificada en el modelo Brody, cuyos valores fueron: 40.34 kg y 39.79 kg. Sin embargo, los valores estimados para otros modelos, Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico, fueron menores.

Según las evaluaciones de parámetros de interpretación biológica en llamas con suplementación, se observó una mayor velocidad de crecimiento ($K = 0.0072$ g), alcanzando un peso adulto superior en comparación al grupo con alimentación natural ($K = 0.0059$ g). Es evidente la mejora en la tasa de crecimiento, tal como se observa en la tabla 2. Cuanto mayor es el valor de K, más rápidamente va a

alcanzar su peso adulto. En animales con alto valor de K presentan una madurez precoz en comparación con aquellos con un bajo valor de K. Por lo tanto, se puede apreciar que la suplementación mejora en sus parámetros y tasas de crecimiento.

Tabla 2

Parámetros de las curvas de los modelos Brody, Von Bertalanffy, Logístico y Gompertz en llamas en condiciones de suplementación (experimental) y llamas con alimentación natural (testigo)

Modelo	A ± EE		B ± EE		K ± EE	
	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo
Brody	40.34 ± 0.717	39.79 ± 0.792	0.7783 ± 0.0097	0.7777 ± 0.007	0.0072 ± 0.00042	0.00589 ± 0.00034
Von Bertalanffy	38.64 ± 0.528	37.53 ± 0.550	0.3733 ± 0.007	0.3705 ± 0.006	0.0102 ± 0.0005	0.00859 ± 0.00039
Logístico	37.47 ± 0.419	36.05 ± 0.418	-----	-----	0.0140 ± 0.0006	0.01220 ± 0.00045
Gompertz	38.10 ± 0.476	36.84 ± 0.486	-1.357 ± 0.035	-1.343 ± 0.027	0.0011 ± 0.0005	0.00993 ± 0.00041

Además de los criterios matemáticos que permiten determinar cuál es la capacidad de ajuste de un modelo frente a otro, es necesario considerar parámetros de interpretación que tengan coherencia con los parámetros biológicos de índices productivos para cada especie animal. Este criterio de evaluación depende del conocimiento que tenga el investigador sobre el fenómeno biológico.

Evaluación de los factores de raza, sexo, edad de la madre y época del parto

Según factor raza, los promedios de peso al nacimiento alcanzados fueron: en las llamas k'ara se obtuvo 8.6 ± 1.15 kg; y en las llamas ch'accu se obtuvo 8.56 ± 1.4 kg., El factor raza no influyó ($p \geq 0.05$) sobre el peso en el nacimiento. Asimismo, los promedios del peso en el destete fueron similares en su comparación cuyos valores fueron: en las llamas k'ara se obtuvo 33.07 ± 5.18 kg; y en las llamas ch'accu se obtuvo 30.72 ± 5.69 kg. sin diferencias significativas ($p \geq 0.05$). Sin embargo, al año de edad se obtuvieron evidencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre razas cuyos promedios alcanzados fueron 38.75 ± 5.5 kg en las llamas k'ara y 36.03 ± 5.17 kg en las llamas ch'accu.

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Apaza y Quispe (2016), quienes reportaron que hasta en los primeros 30 días no se encontró alguna diferencia significativa, además afirma que a partir a partir de esa edad se manifiesta el factor raza significativamente. En nuestros resultados no se evidenció a pesar de que las crías k'ara tienen pesos ligeramente superiores a ch'accu. Además, a medida que aumenta la edad, se expresa el potencial genético, los cuales son tardíos en la expresión de tal efecto. Según reportes de Canaza-Cayo; et al. (2015). Evidencian que la estimativa de peso adulto(A), fue superior en llamas k'ara, intermedio frente a las llamas ch'accu, con mayor precocidad en llamas ch'accu.

Para factor sexo no se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre ambos sexos. Asimismo, el factor sexo no afectó al peso en el destete, cuyos promedios alcanzados fueron: 32.37 ± 5.12 kg para los machos; y 32.53 ± 5.88 kg para las hembras. También se observó la similitud entre ambos sexos con relación al peso en el primer año de edad: 37.96 ± 5.87 kg para los machos; y 38.91 ± 4.81 kg para las hembras; en las llamas k'ara y ch'accu.

CONCLUSIONES

El modelo Brody, seguido por el modelo Von Bertalanffy, demostró mejor bondad de ajuste para describir y predecir el crecimiento de las llamas K'ara y Ch'accu en condiciones de alimentación natural y reconstituyentes

Los factores ambientales inherentes, edad de la madre, suplementación reconstituyente y raza afectó significativamente la curva de crecimiento.

REFERENCIAS

- Apaza, E. y Quispe, J. (2016). Pesos, ganancia de peso y modelos de crecimiento en crías de llamas (Lama glama) k'ara y ch'aco. Rev. Investig. Altoandin., 18, 179–188. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5560561>.
- Canaza-Cayo, A. W., Huanca, T., Gutiérrez, J. P., & Beltrán, P. A. (2015). Modelling of growth curves and estimation of genetic parameters for growth curve parameters in Peruvian young llamas (Lama glama). Small Ruminant Research, 130, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.01.026>.
- Gutierrez, G. y Wurzinger, M. (2013, October 23). Mejoramiento genético en llamas: Caso de pequeños rebaños de la región de Pasco, Perú. Universidad Agraria La Molina-UNALM. <https://slidetodoc.com/xlii-congreso-argentino-de-genetica-foro-de-camelidos/>.
- Huanca, T., Mamani, R. H., Cárdenas, O., González, M. L. y Sapana, R. (2012). Evaluación del peso al nacimiento, destete, al año de edad y curva de crecimiento de alpacas y llamas cría nacidas por transferencia de embriones interespecies. Spermoa, 2(1), 44–46. http://200.123.25.5/bitstream/20.500.12955/1095/5/Huanca-et-al_2012_Alpaca_Llama.pdf.
- Posada, S., Rosero, R., Rodríguez, N. y Costa, A. (2011). Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nelore criado en confinamiento. Revista MVZ Córdoba, 16(3), 2701–2710. <https://doi.org/10.21897/rmvz.271>.
- San Martín, F. (1991). Nutrición y alimentación. Producción de rumiantes menores: alpacas. Impresión RESUMEN. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>.
- Wheeler, J. C. (1995). Evolution and present situation of the South American Camelidae. Biological Journal of the Linnean Society, 54, 271–295. <https://doi.org/https://sci-hub.se/10.1111/j.1095-8312.1995.tb01037.x>.
- Wurzinger, M., Delgado, J., Nürnberg, M., Ugarte, G., Valle, A., Stemmer, A., & Sölkner, J. (2005). Genetics of growth traits in Bolivian llamas. In University of Agricultural Sciences Vienna (pp. 1–7).

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) 