

## Pesos, ganancia de peso y modelos de crecimiento en crías de llamas (*Lama glama*) K'ara y ch'aco

### Weight, gain of weight and growth models in breedings of k'ara and ch'aco llamas (*Lama glama*)

Edgar Apaza Zúñiga y Jesús E. Quispe Coaquira

<sup>1</sup> Instituto de Investigación y Promoción de los Camélidos Sudamericanos (IIPC), coorespondencia : [edapazaz@gmail.com](mailto:edapazaz@gmail.com)

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 31-12-2015  
Artículo aceptado 06-06-2016  
Online: 25-06-2016

#### PALABRAS CLAVES:

crecimiento  
raza  
intermedio  
peso vivo

#### RESUMEN

El objetivo fue determinar el peso al nacimiento, a los 30, 60, 90 días y destete, la ganancia de peso: mensual y en el periodo 90 días-destete, ajustar los pesos a funciones de crecimiento en llamas *K'ara* y *Ch'aco* y definir la orientación productiva de ambas razas. El trabajo se ejecutó en el CIP "La Raya" UNA, Puno. Los animales fueron crías de ambos sexos, de las razas *K'ara* y *Ch'aco* exclusivamente. Los pesos y ganancias de peso fueron comparados por razas. Los pesos se ajustaron a funciones de crecimiento: Brody, Logístico, Bertalanffy y Gompertz, a través del procedimiento NLIN del SAS, modelo Gauss-Newton. El mejor modelo se determinó sobre los resultados del Coeficiente de determinación, Error de predicción promedio, Desviación absoluta de la media, Variancia del error de predicción y el Cuadrado medio del error, para cada raza. Los pesos al nacimiento y a los 30 días son similares por razas; los pesos a los 60, 90 y destete son superiores en crías *K'ara* ( $p \leq 0.01$ ). Las ganancias de peso son similares en ambas razas. Los estimados de peso maduro (*A*) son mayores en los modelos Brody y Bertalanffy, respecto de Gompertz y Logístico; En todos los modelos "*A*" es superior en llamas de la raza *K'ara*. "*B*" no tienen interpretación biológica, no se analizan los resultados. De *k* de Brody y Bertalanffy se deduce que ambas razas tienen mayores probabilidades de alcanzar pesos elevados a mayores edades, respecto de Gompertz y Logístico por los que el peso maduro se alcanza a edades más tempranas, a similar peso inicial. Las llamas *K'ara* tienen mayores potencialidades biológicas para la ganancia de peso; el mejor modelo elegido para el crecimiento en llamas es Brody.

#### ARTICLE INFO

Article received 31-12-2015  
Article accepted 06-06-2016  
Online: 25-06-2016

#### KEY WORDS:

Growth  
Breeds  
Intermediate  
alive weight

#### ABSTRACT

The objective went to determine the birth weight, at the 30, 60, 90 days and weaning weight; the gain weight of monthly and in the period 90 days-weaning; to weights was adjust to functions of growth in llamas *K'ara* and *Ch'aco*; to define the productive orientation of both breed. The work was executed in the CIP "La Raya" Puno, Peru. The animals were breedings of both sexes, *K'ara* and *Ch'aco* breeds, exclusively. The weight and gain weight were compared by the effect of the breed. The weights were adjusted to functions of growth: Brody, Logistical, Bertalanffy and Gompertz, through the procedure NLIN of the SAS, model Gauss-Newton. The best model was determined on the results of the Determination coefficient, Error of prediction average, Absolute deviation of the mean, Variance of the prediction error and the Mean square error, for each breed. The birth weight and the 30 days are similar for breed; the weight at the 60, 90 and wean they are superior in *K'ara* breeds ( $p \leq 0.01$ ). The gains of weight are similar in both breeds. Those "*A*" they are bigger in Brody and Bertalanffy, superiors in llamas *K'ara*, smaller values report Gompertz and Logistical, in both breeds. "*B*" they don't have biological interpretation, the results are not analyzed. Of *k* of Brody and Bertalanffy it is deduced that both breeds have bigger probabilities of reaching high pesos to more ages, regarding Gompertz and Logistical for those that the mature weight is reached to ages more early, to similar weight initial. The *K'ara* llamas has bigger biological potentialities for the gain of weight; the best model elected for the growth is Brody.

## INTRODUCCIÓN

La Llama (*Lama glama*) es uno de los camélidos sudamericanos domésticos (CSD) que más desarrollo somático ha logrado y el que mejor se ha adaptado a la diversidad de condiciones ambientales del espacio andino. En la actualidad, por la población que posee el Perú: 1'462,730 animales, de la cual la Región Puno tiene alrededor del 35% (INEI, 2013), constituyendo recurso económicamente importante, para aproximadamente 356,827 pequeños criadores de las comunidades y parcialidades campesinas Andinas de la Sierra Sur y Central del Perú (INEI, 2013).

En llamas se ha definido al menos dos razas claramente diferenciables: “*K'ara*” y “*Ch'aco*” o “*Th'ampulli*” (Wheeler, 1991). Existe una proporción variable de llamas que no se definen dentro de los fenotipos *K'ara* o *Ch'aco*, los que dentro de un rebaño corresponden a un 15 a 20 % del total (Apaza, 2001), sin embargo, estas varían ampliamente en relación al nivel tecnológico de manejo, ubicación geográfica, tamaño de hato (Súmar, 1991), denominados como “*Intermedios*” (Bustinza, 1998).

La orientación productiva de las llamas fue definida hacia la producción de carne, ya desde la razón de su crianza (Gutiérrez y Wurzing, 2013), o asumiendo criterios como el peso de su carcasa (Bravo *et al.*, 1981), la calidad de la carne, características del cuerpo y carcasa (Antonini *et al.*, 2006a; Antonini *et al.*, 2006b); así como, desde la caracterización morfológica y la construcción de índices corporales (Quispe *et al.*, 2015), todos contribuyen a esta definición. Carne que a pesar a sus cualidades nutricionales está orientada y relegada a estratos sociales inferiores; lo que se traduce en los precios diferenciales que se pagan por éstas, en relación a la de otras especies. Sin embargo, tiene una gran ventaja comparativa, en razón de su mayor velocidad en la producción, mayor volumen en relación al ovino, ser una carne magra y otras características organolépticas, las que, aunadas al precio, avizoran que será el alimento de preferencia para consumo humano, con grandes perspectivas para su crianza para la especie.

Es imprescindible definir cuál de las razas de llamas, de las más frecuentes, son las que poseen mayores potencialidades biológicas para producir carne, partiendo de la premisa de que las *K'ara* fueron seleccionadas naturalmente para un mayor desarrollo corporal e indirectamente por masa muscular, por

muchas generaciones; a objeto de determinar criterios de selección que posibiliten la implementación de programas de mejora genética. En cuyo caso, los caracteres asociados a su producción deben priorizarse para estudio, iniciando con aquellos que se manifiestan en periodos iniciales de la vida, a objeto de selección temprana de animales con mejores registros de producción y destinarlos para reproducción. Además, predecir comportamientos futuros a través de modelos que describan el crecimiento (Akbas *et al.*, 2006; Brown *et al.*, 1972; Fitzhugh, 1976) y posibilite el diseño de programas de manejo, la implementación de estrategias de mejora genética y comercialización.

Actualmente el crecimiento animal puede ser explicado a través de funciones matemáticas que describen el proceso evolutivo del peso, funciones que permiten realizar evaluaciones del nivel de producción, individual o empresarialmente; además, calcular valores máximos del crecimiento medio, definir la edad de sacrificio con el máximo beneficio económico, y proveer información a objeto de programar eficientemente el manejo, que esté relacionado con el nivel de producción. Las funciones más usadas en diferentes especies de animales domésticos son: Brody, Von Bertalanffy, Logístico y la de Gompertz; Costa, *et al.*, (2012); Domínguez *et al.*, (2014); Lopes *et al.*, (2012); Posada *et al.*, (2011) y Veroneze *et al.*, (2008), refieren el uso de estos modelos de crecimiento.

El propósito de la investigación fue determinar y comparar el peso, la ganancia de pesos mensuales precisos en los tres primeros meses de vida y el período desde el cuarto hasta el destete. Ajustar y definir el patrón de crecimiento en diferentes modelos no lineales y establecer la orientación productiva en llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ejecutó en el Centro de Investigación y Producción (CIP) “La Raya” de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) Puno, Perú. Los animales fueron “*crias*” de las razas *K'ara* y *Ch'aco* exclusivamente. Se tomó en cuenta la totalidad de crías nacidas en la campaña de parición diciembre 2012 y marzo 2013, constituida por 132 crías nacidos vivos, 17 identificadas como *Intermedios* que no fueron considerados.

Los datos fueron copiados en una hoja electrónica, creando un registro para cada cría con campos para las variables que posibilitaron la generación de información. Se tuvo el criterio de considerar que las crías y sus madres fueran de las razas *Ch'aco* o *K'ara*, exclusivamente, con la garantía de un empadre controlado. Los pesos fueron registrados al nacimiento y exactamente a los 30, 60 y 90 días en la que cumplía cada cría, los que fueron tomados en horas de la mañana entre las 6 a 7 am. en el galpón asignado a la *punta* de parición de llamas. El peso al destete fue registrado en fecha fija, para el análisis, éstos fueron ajustados por la edad de la cría al destete, a un mismo número de días, que fue 214. La población inicial de crías de 132, se redujo primero por no considerar a los *Intermedios*, y paulatinamente por el efecto de mortalidad, en cantidades que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de crías por periodos de estudio

Raza	Nacimiento	30 días	60 días	90 días	Destete
<i>Ch'aco</i>	37	37	33	32	31
<i>K'ara</i>	78	77	73	71	71

La ganancia de peso para el período entre el nacimiento y 30 días, se obtuvo por diferencia entre el peso a los 30 días menos el peso al nacimiento; la ganancia de peso en los periodos entre los 30 y 60, 60 y 90 días y entre los 90 días y destete, se obtuvieron de manera similar, por diferencia. La información fue expresada en términos de estadísticos descriptivos por razas. Se usó una prueba de "T" con diferentes tamaños de muestra y variancias similares, para comparar medias entre pesos al nacimiento, a los 30, 60, 90 días y al destete entre razas; de manera similar, para las diferencias entre ganancias de pesos en diferentes periodos.

Los registros de peso desde el nacimiento hasta el destete fueron ajustados a modelos de crecimiento: Brody, Logístico, Bertalanffy y Gompertz (Tabla 2.) (Domínguez *et al.*, 2014; Lopes *et al.*, 2012; Malhado *et al.*, 2008;) para cada raza.

**Tabla 2.** Descripción matemática de los modelos no lineales en evaluación

MODELOS	ECUACIÓN
Brody	$W_t = A(1 - Be^{-kt})$
Logístico	$W_t = A/(1 + Be^{-kt})$
Bertalanffy	$W_t = A(1 - Be^{-kt})^3$
Gompertz	$W_t = A * EXP(-Be^{-kt})$

A= Peso asintótico, B=Parámetro de integración, k=Índice de madurez, e= Base de los logaritmos neperianos y t = Edad del animal al periodo t

El ajuste de datos a cada modelo y la estimación de parámetros se realizó a través del procedimiento NLIN del SAS (SAS Institute Inc., 2006) proceso iterativo de modelo Gauss-Newton. La elección del mejor modelo de ajuste se realizó por separado para cada raza, sobre la base del Coeficiente de determinación ( $R^2 = (1 - (SCE/SCT))$ ), Error de

predicción promedio

$$EEP = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_o - p_e}{p_o}}{n} * 100/n$$

Desviación absoluta media  $MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n}$

, Varianza del error de predicción

$$(VEP = \frac{\sum_{i=1}^n (p_o - p_e)^2}{n})$$

y Cuadrado medio del error (Costa *et al.*, 2012; Domínguez *et al.*, 2014; Sarmiento *et al.*, 2006;).

## RESULTADOS

**Pesos en estadios tempranos en llamas.** La Tabla 3. presenta medias y Desviaciones Estándar (D.E.) para el peso al nacimiento, a los 30, 60, 90 días y destete ajustado en crías de Llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco*.

**Tabla 3.** Peso al nacimiento, a los 30, 60, 90 días y destete ajustado en llamas (kg.)

	<i>K'ARA</i>		<i>CH'ACO</i>	
	n	$\bar{X}$ D.E.	n	$\bar{X}$ D.E.
NACIMIENTO	78	10.135 ± 1.427 (a*)	37	9.986 ± 1.249 (a)
30 DIAS	77	17.610 ± 2.376 (a)	37	16.756 ± 2.097 (a)
60 DIAS	73	23.133 ± 3.060 (a)	33	21.561 ± 3.011 (b)
90 DIAS	71	27.507 ± 3.615 (a)	32	25.468 ± 3.547 (b)
DESTETE(A)	71	44.025 ± 5.448 (a)	31	40.085 ± 5.663 (b)

\*Letras iguales significa que no muestran diferencia estadística entre medias por raza, a cada fecha de registro.

Los estadísticos obtenidos se asumen confiables por la exactitud y precisión en la toma y registro de datos; excepto el peso al destete, dado que esta fue ejecutada en fecha fija, se ajustó a 214 días a todas las crías. Es evidente que el peso incrementa en relación con la edad, siendo muy manifiesto en el primer mes de edad. Se observa la superioridad de peso en crías de la raza *K'ara* sobre las *Ch'aco*, desde el nacimiento hasta el destete; sin embargo, al análisis los pesos al nacimiento y a los 30 días no son diferentes, los pesos a los 60, 90 días y destete sí son diferentes (P < 0.01), por efecto de la raza.

### Ganancia de peso en estadios tempranos en llamas.

La **Tabla 4.** muestra medias y D.E. para la ganancia de peso desde el nacimiento hasta los 30 días, 30 - 60, 60 - 90 y 90 días hasta el destete, en crías de llamas *K'ara* y *Ch'aco*.

**Tabla 4.** Ganancia de peso (kg.) en los siguientes intervalos de tiempo: nacimiento - 30 días, 30 - 60 días, 60 - 90 días y 90 - destete ajustado, en llamas

	<i>K'ARA</i>			<i>CH'ACO</i>		
	n	$\bar{X}$	D.E.	n	$\bar{X}$	D.E.
NAC-30 DIAS	77	7.422 ± 1.687 (a*)		37	6.770 ± 1.698 (a)	
30-60 DIAS	73	5.537 ± 1.374 (a)		33	5.712 ± 1.293 (a)	
60-90 DIAS	71	4.286 ± 1.161 (a)		32	3.812 ± 1.287 (a)	
90 DIAS-DESTETE	71	14.414 ± 3.983 (a)		31	12.556 ± 4.316 (a)	

\*Letras iguales significa que no muestran diferencia estadística entre medias por raza, a cada fecha de registro.

Se evidencia el mayor incremento de peso corporal en el primer mes de vida, luego este disminuye paulatinamente hasta el destete, estimando que la ganancia de peso mensual se mantiene alrededor de 4.129 y 3.654 kg. en llamas *K'ara* y *Ch'aco*, respectivamente. El comportamiento se corrobora en términos relativos, siendo los pertinentes valores de 22.06 y 22.49% en los primeros 30 días de vida, luego desciende a valores de 12.18 y 12.14 %, en los últimos meses próximos al destete. Es necesario puntualizar que el alto incremento de peso corporal en el último período (90 días-Destete) (14.414 kg y 48.74%; y 12.556 kg y 48.56% para llamas *K'ara* y *Ch'aco*, respectivamente) es consecuencia de un periodo de tiempo prolongado (promedio de 117

días o cuatro meses, aproximadamente).

**Ajuste a curvas de crecimiento.** La **Tabla 5.** presenta parámetros de los modelos no lineales estudiados. El parámetro "A" es un estimado del valor del peso asintótico del animal (o de la población analizada) no siendo, necesariamente, el máximo peso que el animal alcanza, sino el peso medio al que tiende a la madurez (Brown *et al.*, 1972). Los estimados de A obtenidos a través de los modelos de crecimiento, demuestran ser mayores en los modelos Brody y Bertalanffy, siendo estos superiores en llamas de la raza *K'ara*, valores menores son determinados por los modelos Logístico y Gompertz, en ambas razas. El Parámetro "B" es utilizado para adecuar el valor inicial del peso vivo, en este caso, peso al nacimiento, haciendo como que la curva pase por el origen y ajuste a la curva desde el nacimiento hasta la edad madura de animal de la función utilizada (Duarte, 1975; Freitas, 2005; Paz, 2002). Al no poseer interpretación biológica, se obvia el análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio, solo refleja al grado de maduración al nacimiento.

El parámetro "k" representa la rapidez con la que alcanzan el peso maduro (Budimulyati *et al.*, 2012), indica la velocidad de crecimiento para alcanzar el peso asintótico (Posada *et al.*, 2011) o tasa de madurez del animal en cada punto de la curva. Estimados del parámetro k para los modelos de crecimiento, para ambas razas de llamas se presentan en la **Tabla 5.**

**Tabla 5.** Parámetros de las curvas de los modelos: Brody, Logístico, Bertalanffy y Gompertz, en crías de llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco*

MODELO	A ± E.E.		B ± E.E.		k ± E.E.	
	KARA	CHACO	KARA	CHACO	KARA	CHACO
BRODY	67.536±7.634	60.414±7.027	10.290±0.649	10.155±0.614	0.004±0.0008	0.004±0.0009
LOGISTICO	47.131±2.903	43.054±2.661	3.178±0.397	2.923±0.344	0.017±0.0029	0.017±0.0028
BERTALANFFY	67.530±7.634	60.414±7.027	0.848±0.014	0.832±0.016	0.0014±0.0002	0.001±0.0003
GOMPERTZ	51.371±3.805	46.837±3.521	1.559±0.080	1.487±0.0076	0.011±0.0017	0.010±0.0017

A=Peso asintótico B= Constante de integración k= Índice de madurez E. = Error estándar

e observa que los diferentes parámetros de las curvas de crecimiento son similares para ambas razas dentro de cada modelo. Las menores tasas de k corresponden a mayores valores de A, específicamente en los modelos Bertalanffy y Brody, y mayores tasas de k corresponden a menores valores de A en los modelos Gompertz y Logístico, en ambas razas; de lo que se deduce que en los modelos con un valor elevado de k, las llamas de ambas razas tienen menores probabilidades de alcanzar pesos elevados a edades adultas, en comparación con los modelos con

menores valores de k (Brody y Bertalanffy), por la que tienen una mayor probabilidad de alcanzar un peso maduro a edad adulta, a similar peso inicial.

La **Figura 1.** presenta curvas de crecimiento graficados con parámetros estimados para los modelos en consideración en crías de las razas *K'ara* y *Ch'aco*. Las tendencias, en todos los modelos, registran comportamientos superiores en crías *K'ara*, respecto de la *Ch'aco*, en cada periodo, haciéndose cada vez más divergentes a medida que incrementa la edad.

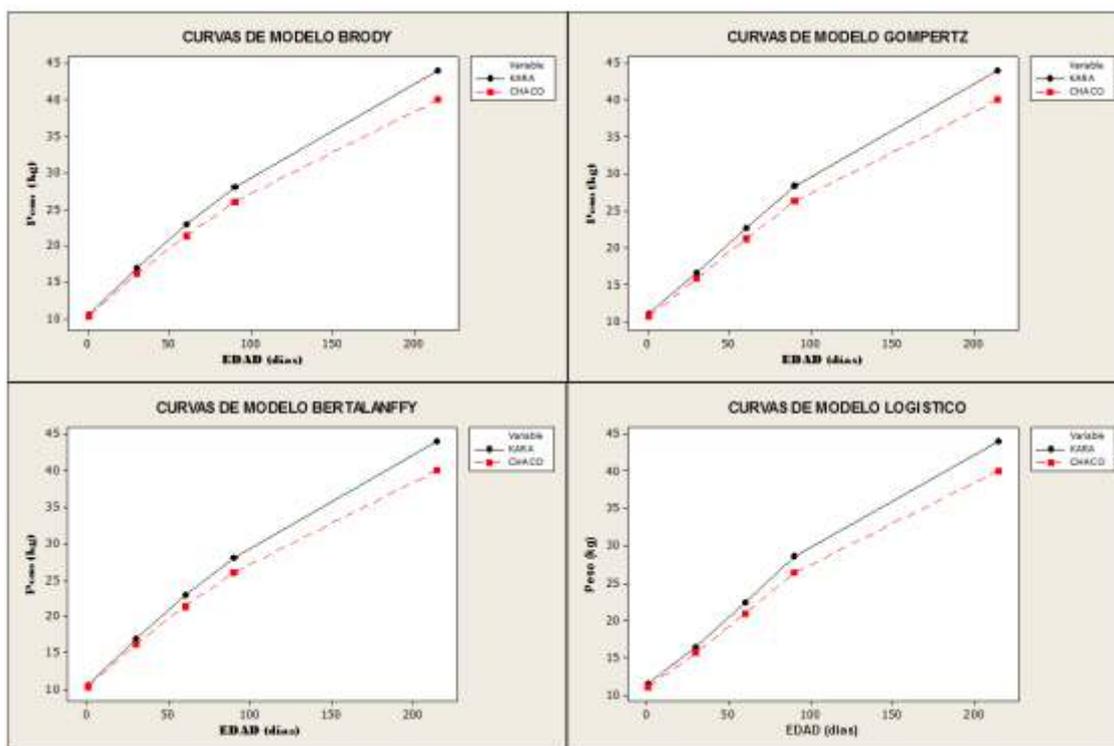


Figura 1. Crecimiento estimado mediante los modelos: Brody, Logístico, Bertalanffy y Gompertz en llamas de las razas K'ara y Ch'aco

**Elección del mejor modelo de ajuste.** Las Tablas 6. presenta valores de los estadísticos criterio para la elección del mejor modelo de ajuste del peso en crías de las razas *K'ara* y *Ch'aco*, respectivamente. Un análisis integral de los diferentes indicadores para cada modelo y en cada raza, permiten definir que los modelos Brody y Bertalanffy son los que mejor ajuste ofrecen.

**Tabla 6.** Criterios para la elección del mejor modelo de ajuste del peso en crías de llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco*

MODELO	R <sup>2</sup>	EEP	MAD	VEP	CME
<b>K'ARA</b>					
BRODY	0.9837	-2.1464	2.5016	11.7214	11.8175
LOGISTICO	0.9983	-3.1445	2.7200	12.4699	12.6057
BERTALANFFY	0.9834	-2.4477	2.5594	11.9219	12.0510
GOMPERTZ	0.9832	-2.6262	2.5762	12.0553	12.1863
<b>CH'ACO</b>					
BRODY	0.9815	-2.0153	2.4214	11.1040	11.3032
LOGISTICO	0.9805	-2.8390	2.5034	11.6994	11.9096
BERTALANFFY	0.9812	-2.2744	2.4406	11.2832	11.3032
GOMPERTZ	0.9810	-2.4186	2.4562	11.3851	11.5896

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, EEP = Error de predicción promedio,  
 MAD = Desviación absoluta media, VEP = Varianza del error de predicción  
 CME = Cuadrado medio del error

## DISCUSIÓN

Peso vivo en estadios tempranos. Existen referencias sobre el peso al nacimiento en crías, ejecutados en diferentes ámbitos geográficos y períodos sin considerar el efecto raza ni sexo (Apaza y Pineda, 2001); o solo consideran el efecto sexo (Apaza, 2001; Calsín, 2011; Paca, 1987; Frank y Freire, 1985; Súmar y Leyva, 1982). Sin embargo, los valores de peso al nacimiento y al destete determinados, en la presente investigación, son congruentes con dichos reportes; aunque las diferencias son atribuibles a factores ambientales y sistemas de crianza que influyen en la expresión de dicho carácter (Apaza, 2001b). Del mismo modo, se corrobora que las crías *K'ara* tienen pesos ligeramente superiores al *Ch'aco*, pero éstos difieren estadísticamente (Ayala, 1992; Calsín, 2011; Maquera, 1991).

Una apreciación que discurre de la Tabla 3., es la superioridad en peso de crías *K'ara* sobre las *Ch'aco*, sin embargo, la comparación al nacimiento y a los 30 días no son diferentes estadísticamente, los pesos a los 60, 90 días y al destete sí resultan ser diferentes (P 0.01). Este comportamiento en sistemas de crianza extensiva, visualiza que las potencialidades de incremento de peso en crías de la raza *K'ara* son

mayores respecto de la Ch'aco, atribuibles al efecto de factores genéticos y ambientales, otras investigaciones contribuyen con esta afirmación (Apaza, 2001; Calsín, 2011).

Ganancia de peso en estadios tempranos. En llamas, Apaza y Pineda (2001) reportan un incremento medio de peso de 10.753 kg. sin diferenciar razas, Pineda (2000) para el periodo reporta incrementos de 11.12 y 8.91 kg. en un grupo experimental y un grupo testigo de crías, respectivamente; valores que, en ambos casos, son superiores a los encontrados en el presente estudio en ambas razas, la explicación es que los registros de peso en aquellos no reflejan exactamente un incremento de peso a los 30 primeros días de edad, sino corresponden a 30 días cronológicos.

Respecto de las ganancias de peso para los periodos 30-60, 60-90 y 90-Destete, éstos disminuyen secuencialmente. Las medias por el efecto de la raza indican que no son diferentes. Apaza y Pineda, (2001) reportan incrementos de pesos de 4.35 y 3.73 kg. para los periodos entre los 30-60 y 60-90 días, respectivamente, sin discriminar razas; Pineda, (2000) reporta incrementos de 5.62 y 6.68 kg. en un grupo experimental y de 6.13 y 5.76 kg. para un grupo testigo, para ambos períodos, respectivamente; valores similares a los obtenidos en el presente trabajo de investigación; la tendencia a disminuir la ganancia de peso, responde a efectos fisiológicos propios del animal y ambientales. Es necesario resaltar el efecto maternal ejercido sobre la ganancia de peso en el primer mes de vida, la cual significó casi 1.5 veces respecto a la ganancia del período siguiente. Respecto del período 90 días - destete, la ganancia de peso en este periodo no tiene término de contraste, debido a que comprende varios meses en los cuales se desconoce el comportamiento de la ganancia de peso en periodos de tiempo menores definidos. En consecuencia, bajo condiciones mejoradas del actual sistema de crianza, más aún en sistemas semi intensivos o intensivos, dicho comportamiento tiene grandes posibilidades de expresar sus potencialidades de producción de carne, en particular en la llama *K'ara*.

Ajuste a curvas de crecimiento. Varias son las investigaciones que reportan el ajuste a modelos no lineales de tipo: Brody, Bertalanffy, Gompertz y Logística a datos empíricos con un alto grado de satisfacción en diferentes especies de animales

domésticos (Domínguez *et al.*, 2014; Lopes *et al.*, 2012; Malhado *et al.*, 2008; Posada *et al.*, 2011; Veroneze, *et al.*, 2008). Estos modelos presentan parámetros con interpretación biológica, uno definido como constante matemática.

El parámetro *A* no es el peso máximo que las llamas alcanzan, es simplemente un estimado del peso medio a la edad adulta libre de efectos del ambiente temporal, disponibilidad de alimento, estado de preñez o lactación, como lo sostienen Brown *et al.*, 1972; Fitzhugh, 1976, para otras especies domésticas. En llamas, *A* es un parámetro complicado de definir, especialmente en machos, debido a que éste se alcanza a una edad relativamente tardía, circunstancia que desde el punto de vista de manejo y comercial es poco frecuente y controversial; además, se complica más en hembras, debido a que en éstas el peso varía aún más por la gestación, por la edad, por el número de partos. En concreto, la aproximación al peso adulto es lenta, por lo que no es frecuente, en las explotaciones, encontrar animales que lo alcancen; Wurzinger *et al.*, (2005) reportan en llamas *K'ara* hasta la edad de cuatro años únicamente.

Respecto al peso adulto en llamas (diferente al peso maduro *A*) existen reportes que indican gran variabilidad de este carácter, sin precisar cuál es la edad adulta, sexo ni raza de las mismas (Sumar, 1981). Yacobaccio (2011) indica que las *K'ara* son más pesadas y pueden llegar 142 kg., además refiere medias de  $79.5 \pm 30.5$  y  $86.6 \pm 29.3$  para las razas *K'ara* y *Ch'aco*, respectivamente. Apaza (2001) reporta valores de  $102.90 \pm 11.02$  y  $102.09 \pm 11.38$  kg.,  $98.33 \pm 10.69$  y  $95.73 \pm 11.33$  para llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco* a las edades de 1361 y 2089 días de edad, respectivamente.

Los *A* estimados, se consideran relativamente menores a los reportes anteriores, debido a que el término: Peso adulto o Asintótico (*A*), representa el peso corporal genético, que se alcanza cuando cualquier incremento en peso no sea del llenado gastro intestinal, solo corresponda al incremento lipídico (Arango y Van Vleck, 2002), o como aquel en el cual el animal alcanza el 20 % de grasa corporal. Desde esta perspectiva alcanzar *A* en llamas ocurriría a la edad de 4 a 5 años (Apaza, 2001), coincidiendo con lo afirmado por Arango y Van Vleck (2002) que sostienen que, considerando diferentes razas, se

acepta que el peso a la madurez se alcance a los cinco años, en ganado vacuno de carne.

En este contexto, los valores  $A$  estimados aquí, aplicando diferentes modelos de crecimiento no representan al peso a edad avanzada, además la estimación de  $A$  a través de funciones de crecimiento, son más confiables cuando los datos empíricos corresponden a una edad muy próxima a la edad adulta, circunstancia que no ocurrió en esta ocasión, dado que los pesos fueron tomados en estadios tempranos de la vida del animal, por la cual estos estimados se asumen ser valores menores de los que realmente corresponden.

Sin embargo, los valores de  $A$  encontrados en llamas de las razas *K'ara* y *Ch'aco*, son superiores a los reportados por Canaza-Cayo *et al.*, (2015), para los mismos modelos de crecimiento, en los que no se discrimina la raza, a pesar de que se analiza un mayor número (2675) de registros; así mismo, son mayores a los reportados por Huanca *et al.*, (2012), quienes realizan un ajuste únicamente al modelo de crecimiento Brody, en la que tampoco se discrimina la variedad y con un número muy escaso (12) de animales observados; diferencias que, se asume, son consecuencia, además, a un inexacto e impreciso registro de los pesos a diferentes períodos de crecimiento.

Wurzinger *et al.*, (2005) reporta valores de  $A$  mucho mayor que en el presente estudio, tanto en machos y hembras *Ch'aco*, y hembras *K'ara*, ajustando únicamente al modelo Brody; son mayores debido a que tomaron datos de pesos anuales hasta los ocho o más años de edad en hembras, edad en la que, se asume, las llamas alcanzaron su peso maduro con anticipación. En este contexto, ante la diversidad de resultados concordamos con lo expresado por Carneiro *et al.*, (2009) que sostienen que: *Existen controversias sobre el peso adulto, el cual depende de la especie, raza, selección practicada previamente, del manejo y condición es climáticas.*

El Parámetro “ $B$ ” o *Contraste de integración* es utilizado para adecuar el valor inicial del peso vivo, en este caso peso al nacimiento, haciendo como que la curva pase por el origen y ajuste a la curva desde el nacimiento hasta la edad madura de animal de la función utilizada. No posee interpretación biológica, solo puede reflejar al grado de maduración al

nacimiento (Paz, 2002; Freitas, 2005).

El parámetro “ $k$ ” o *Índice de madurez* o medida de precocidad, representa la tasa de madurez en cada punto de la curva, indica la velocidad de crecimiento para alcanzar el peso asintótico. De los resultados obtenidos se tiene que, debido a la pequeña variación en el peso al nacimiento en ambas razas, la variación entre los valores de  $k$  representa con buena precisión las variaciones en la velocidad relativa con el que el animal crece; en la estimación de este parámetro ocurrió lo contrario respecto de los pesos asintóticos, es decir, a mayor  $A$  menor  $k$ , comportamientos similares fueron reportados por Oliveira *et al.*, (2000) en bovinos de carne.

En virtud a los valores menores de  $k$  obtenidos en los modelos Bertalanffy y Brody, y valores relativamente mayores en Gompertz y Logístico, para ambas razas, se infiere que las llamas alcanzan el peso adulto  $A$  tardíamente en el primer caso, condición evidente para esta especie animal. Por el contrario, bajo condiciones del segundo caso, alcanzarían  $A$  un poco más temprano, con la salvedad de que las llamas *K'ara* alcanzarían mucho más tarde que las *Ch'aco*. En consecuencia, el valor más adecuado de  $k$  para esta especie es un valor pequeño que correspondería a Brody y Bertalanffy. Valores relativamente similares fueron reportados por Huanca *et al.*, (2012); paradójicamente, valores muchísimo mayores reportan Wurzinger *et al.*, (2005), como consecuencia del uso de registros de pesos a edades avanzadas.

**Elección del mejor modelo de ajuste.** En las Tablas 6. se observa que todos los modelos obtuvieron un buen ajuste en relación a  $R^2$  superior a 98 % en ambas razas, la que mostró pequeñas variaciones en todos los modelos estudiados, indican que una alta proporción de la variación observada fue explicada por los modelos en estudio. En este contexto, puede considerarse a dichos modelos como adecuados para la predicción del crecimiento en llamas; especialmente a los modelos: Brody y Logístico, resultados congruentes fueron encontrados por Canaza-Cayo *et al.*, (2015) en llamas, Lopes *et al.*, (2012) en ganado vacunos de la raza Nellore, Veroneze *et al.*, (2008) en cerdos de la raza Piau, Costa *et al.*, (2012) en corderos y Nogales *et al.*, (2014) en ganado bovino marismeño, que refieren a los modelos Brody y Bertalanffy, como los de mejor ajuste.

Desviación absoluta media (MAD), de acuerdo con los resultados obtenidos los modelos Brody y Bertalanffy fueron los más adecuados para describir el crecimiento en llamas K'ara y Ch'aco. Resultados congruentes reporta Lopes *et al.*, (2012) en ganado vacunos de la raza Nellore, Costa *et al.*, (2012) que ratifican que el modelo de crecimiento Brody es el que menor valor de MAD tiene (0.58) en corderos.

El *Error de Predicción Promedio* (EPP), otro parámetro que indica la calidad de ajuste de las curvas de crecimiento, cuanto menor es su valor, mejor es el ajuste; el signo de EPP (-) expresa que la función estudiada sub estima las predicciones de los datos analizados. De los resultados obtenidos, todos los modelos subestiman la información analizada, debido a que la mayoría de las mediciones en diferentes periodos los pesos predichos son menores que los pesos observados, en ambas razas de llamas. Se deduce que el modelo Brody, es el de mejor elección por tener los menores valores EPP en ambas razas, Lopes *et al.*, (2012) en ganado vacunos de la raza Nellore, encuentran que los modelos de mejor elección fueron el Brody y Bertalanffy.

Este mismo criterio se asume para: *Varianza del Error de Predicción* (VEP), parámetro a tener en cuenta para elegir el modelo de crecimiento que mejor describe a la data, el criterio es similar que EPP, es decir, cuanto menor es su valor mejor es el ajuste. En este sentido los modelos Brody y Bertalanffy son los que mejor ajustan a la data en estudio, siendo estos más eficientes en llamas de la raza Chaco.

El *Cuadrado medio del error* (CME) un estimador de máxima verosimilitud de la variancia residual, conlleva a elegir el modelo que menor CME posea. En concordancia con los resultados obtenidos se concluye que los modelos: Brody y Bertalanffy son los que menor CME poseen, en ambas razas. Costa *et al.*, (2012), Malhado *et al.*, (2008), Posada *et al.*, (2011), Nogales *et al.*, (2014), concluyen de manera similar, cuando analizan los mismos modelos de crecimiento en diferentes especies de animales domésticos.

Sin embargo, no debe considerarse estos parámetros aisladamente, es necesario evaluar en conjunto para decidir cuál es el mejor modelo de ajuste; ante la casi igualdad de los R2 de los cuatro modelos evaluados, recurrimos a los parámetros EPP, MAD, VEP y

CME, observando que los menores valores para estos parámetros son ofrecidos por los modelos Brody y Bertalanffy, que serían los modelos que mejor explican el crecimiento en llamas K'ara y Ch'aco, siendo considerable el ajuste por ambos modelos debido a que R2 es superior a 0.99, para ambas razas. Ante la necesidad de definir un único modelo, Budimulyati *et al.*, (2012) consideran al número de iteraciones de cada modelo, la que determina la mayor o menor dificultad de convergencia (Brown *et al.*, 1972); desde esta perspectiva el modelo Brody es el más adecuado en llamas.

## CONCLUSIONES

Del estudio se desprenden las conclusiones siguientes:

- Bajo condiciones de crianza extensiva, respecto al peso al nacimiento y en ambas razas, las crías de llamas duplican el peso a 60 días, casi triplican a 90 días y cuadruplican al destete (7 meses). Entre razas, las diferencias favorecen a las crías K'ara a partir de los dos meses de edad (P 0.01); aunque en los primeros 30 días no son manifiestas.
- Existe mayor incremento de peso en el primer mes de vida, atribuible al efecto materno; luego decrece paulatinamente hasta el destete. En términos relativos implica 22.06 y 22.49% en los primeros 30 días hasta descender a 12.18 y 12.14 %, en los últimos meses cercanos destete, en K'ara y Ch'aco, respectivamente.
- Respecto a los ajustes a curvas de crecimiento, los modelos Brody y Bertalanffy; son los que muestran mejor ajuste. El parámetro B no tiene interpretación biológica. El parámetro k muestra valores pequeños pero positivos; y entre razas son similares; y en ambas razas se relacionan con valores altos de A.
- La superioridad del peso de crías K'ara a partir de los 60 días hasta el destete (P≤0.01), expresado en sistemas de crianza extensiva, visualiza las potencialidades de producción de carne de respecto a la Ch'aco, diferencia atribuible a factores de orden genético.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbas, Y., Alcicek, A., Onenc, A., Gungor, M. 2006. Growth curve analysis for body weight and dry matter in Friesian, Limousin x Friesian and Piemontese x Friesian cattle. *Archiv. Tierz. Dummerstorf*. 49:329-339

- Antonini, M., Torres, D., Cristofanelli, S., Polidori, P. y Reineri, C. 2006a. Características de la carne de llama (*Lama glama*) y alpaca (*Lama pacos*) peruanas criadas en la sierra de los Andes. In *Camélidos sudamericanos domésticos. Investigaciones recientes*. DESCO. Centro de Estudios y promoción del desarrollo. Lima Perú.
- Antonini, M., Torres, D., Cristofanelli, S., Polidori, P. y Reineri, C. 2006b. Características de la carcasa de llama (*Lama glama*) y alpaca (*Lama pacos*) peruanas criadas en la sierra de los Andes. In *Camélidos sudamericanos domésticos. Investigaciones recientes*. DESCO. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. Lima Perú.
- Apaza, E y M. Pineda. 2001. Crecimiento en llamas del CIP La Raya de la UNA Puno. En *ALLPAK'A Revista de Investigación sobre Camélidos Sudamericanos. Instituto de Investigación y Promoción de los Camélidos Sudamericanos*. IIPC. Vol. 9 N° 1. Puno Perú.
- Apaza, E. 2001. Principales parámetros productivos en llamas K'ara y Ch'aco del CIP la Raya. En: *ALLPAK'A Revista de Investigación sobre Camélidos Sudamericanos*. Instituto de Investigación y Promoción de los Camélidos Sudamericanos. IIPC. Vol. 9 N° 1. Puno Perú.
- Apaza, E. 2001b. Determinación del índice de herencia, índice de constancia y correlaciones genéticas en llamas del CIP La Raya, UNA Puno. *Tesis Para optar el grado M. Sc. En Producción Animal*. UNA. Puno Perú.
- Arango, J.A.; Van Vleck, L.D. 2002. Size of beef cows: early ideas, new developments. *Genetics and Molecular Research*, v.1, n.1, p.51-63.
- Ayala, C. 1992. Crecimiento de peso vivo y fibra en llamas de la Estación experimental Patacamaya- Bolivia. *Tesis FMVZ*. UNA, Puno.
- Bravo, W., E. Franco; J. Sumar. 1981. Rendimiento de canal en llamas. Resúmenes de la *Convención Internacional sobre Camélidos Sudamericanos*. Punta Arenas. Chile. p: 60.
- Brown, J.E., Brown, C.J., Butts, W.T. 1972. A discussion of the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 34:525-537.
- Bustanza, V. 1998. La llama. Fenotipo y producción. *Editorial FMVZ*. UNA- Puno.
- Budimulyati, L.S., Noor, R.R., Saefunddin, A. Talib, C. 2012 Comparison on accuracy of logistic, Gompertz and Von Bertalanffy models in predicting grow of new born calf until first mating of Holstein Friesian heifers. *J. Indones. Top. Anim. Agric.* 37(3). p:151-160
- Calsín, S. 2011. Efecto de la edad de la madre, sexo y año de nacimiento de la cría en el peso vivo al nacimiento, peso al destete e incremento de peso al destete en llamas K'ara y Ch'acu del CIP Quimsachata, INIA Puno. *Tesis FMVZ -UNA Puno*.
- Canaza-Cayo, A., T. Huanca, J.P. Gutiérrez, P.A. Beltrán. 2015. Modelling of growth curves and estimation of genetic parameters for growth curve parameters in Peruvian young llamas (*Lama glama*). *Small Ruminant Research*. 1 3 0 : 8 1 - 8 9 . WWW.elsevier.com/locate/smallrumers
- Carneiro, P.L.S., Malhado, C.H.M., Alfonso, P.R.M., Pereira, D.G., Suzat, J.C.C., Ribero Jr. M., Rocha, J.L. 2009. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*. Salvador, V. 10, n.3, P:536-545.
- Costa, T., M., A. Bernardo V., E. Sales P., S. M. Pinheiro de O., I. Araujo A., I. Yurika M. 2012. Curva de crescimento de cordeiros oriundos de tres sistemas de producao Nordeste do Brasil. *Semina: Ciencias Agrarias, Londrina*, v. 33, n 5 p: 2011-2018, Set/out.
- Domínguez, J. J.A. Ortega G., F.A. Rodríguez A., N Callejas J., N, N. G. Aguilar y E. Santillán. 2014. Ajuste de modelos no lineales para caracterizar el crecimiento de Bovinos Hereford y salers. *Revista científica, FCV-Luz/Vol. XXIV, N° 5*, 436-442.
- Fitzhugh Jr H.A. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal Animal Science* 42(4): 1036-1051.
- Frank, E. N. y C. M. Freire. 1985. Estudios de la productividad en un plantel de llamas de la Puna Catamarqueña. Universidad Nacional de La Pampa. Fac. de Ciencias Veterinarias. *Rev. Argentina de Producción Animal*. Vol 5 N° 7.
- Freitas, A.R. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. *Rev. Bras. Zootecn.* 34: 786
- Gutiérrez, R. G., M. Wurzinger. 2013. Mejoramiento genético en llamas: Caso de pequeños rebaños de la región Pasco, Perú. *XLII Congreso Argentino de Genética. Foro Camélidos*. Salta Argentina.

- Huanca, T., R.H. Mamani, O. Cárdenas, M.I. Gonzales, R. Sapana. 2012. Evaluación del peso al nacimiento, destete, al año de edad y de curva de crecimiento de alpacas y llamas crías nacidas por transferencia de embriones inter especies. *SPERMOVA* 2(1):44-46
- Lopes, F. B., M. C Da Silva., E.G. Marqués, C. M. McManus. 2012. Analysis of longitudinal data of beef cattle raised on pasture from northern Brazil using nonlinear models. *Trop Anim Health Prod.* 2012. 44:1945-1951.
- Malhado, C.H.M., A.A. Ramos, P.L.S. Carneiro, J.C. Souza., F.S. Wechsler, J.P. Eler, D.M.M.R. Azevedo y J.R.B. Sereno. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. *Arch. Zootec.* 57 (220): 497-503.
- Maquera, F. 1991. Caracterización y persistencia fenotípica en llamas K'ara y Lanudas del centro Experimental La Raya de Puno. *Tesis M. Sc. Universidad Nacional Agraria.* La Molina Lima Perú.
- Nogales, S., Lupi, T.M., Leon, J.M., Arando, A., Miro-Arias, M., Delgado, J.V., Camacho, M.E. (2014) Avances en el estudio de la curva de crecimiento del ganado bovino marismeno. *Actas Iberoamericanas de conservación animal.* AICA 4(2014) 147-149
- Oliveira, H.N.; Lôbo, R.B; Pereira, C.S. 2000. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.9, p.1843-1851.
- Paca, M. 1987. Biometría de la Llama. (*Lama glama*) Tesis FMVZ – UNA Puno.
- Paz, C.C.P. 2002. Associação entre polimorfismos genéticos e parâmetros da curva de crescimento em bovinos de corte. *Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.* 89 p.
- Pineda, M. 2000. Efecto del parasitismo durante el primer año de vida sobre los índices productivos en llamas del CE La Raya Puno. *Tesis MVZ. FMVZ- UNA Puno* Perú.
- Posada, S. R. Rosero. N. Rodríguez, A. Costa. 2011. Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nellore criado en confinamiento. *Rev. MVZ Cordova* 16 (3):2701-2710
- Quispe, J., E. Apaza, V. Ibáñez., R. Villalta, B. Calsín, C. Vilca. 2015. Caracterización morfológica, índices corporales de llamas (*Lama glama*) *Ch'acu y K'ara* en la Puna Húmeda de la Región Puno. *Journal of High Andean Research.* Vol 17 N° 2. P:183-192.
- Sarmiento, J.L.R.; A.J. Regazzi., W.H. Sousa; R.A. Torres; F.C. Breda; G.R.O. Menezes. 2006. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inés. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vicosa, MG, V 35, n2.
- SAS Institute Inc., 2006. SAS Institute Inc. (Second Edition), Base SAS 9.1.3 Procedures Guide vols. 1, 2, 3 and 4, Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC (2006).
- Sumar, J. y V. Leyva. 1982. Algunos índices de productividad de la Llama (*Lama glama*). IVITA-Cusco, Perú.
- Veroneze, R., M. Soares L., M Yamaki, N Vergara L., P. Savio L., S.E. Facione G, A.P. Gomes P, P. Vendramini S., R. Almeida T. 2008. Comparacao de modelos nao-lineares para curva de crescimento de suínos da raza Piau. VII Simposio Brasileiro de Melhoramento Animal. Sao Carlos, SP, 10 e 11 de julho de 2008.
- Wheeler, J. 1991. Origen, Evolución y Status Actual. En: *Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos.* Fernández-Baca, S. Editor. Oficina de la FAO para América Latina y el Caribe. Págs. 11-48.
- Wheeler, J.C. 2012. Genética y conservación de los camélidos sudamericanos silvestres y domésticos. In: *Simposio Nacional de Investigación en Camélidos sudamericanos.* Arequipa, Perú.
- Wurzinger M., J. Delgado, M. Nurnberg, G. Ugarte, A. Valle-Zarate, A. Stemmer, J. Solkner. 2005. Genetics of growth traits in Bolivian llamas. *Livestock Prod* 95:73-81
- Yacobaccio, H. 2011. La domesticación de los camélidos en el norte argentino. En: *Historia Argentina prehispánica. Editorial Brujas.* Vol 1. E. Berberan and A. Nielsen. Córdoba, Argentina.