

CRECIMIENTO ALOMÉTRICO EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

Condori G.⁷; Ayala C.⁸; Renieri C.⁹; Rodríguez T.¹⁰; Martínez Z.¹⁰

Introducción

La alometría se refiere a los cambios de dimensión relativa de las partes corporales correlacionadas con los cambios en el tamaño total. El término alometría fue acuñado por Huxley y Teissier en 1936. Mencionados por Di Marco (1993). Específicamente durante el desarrollo de un organismo, la alometría en el crecimiento, se refiere al crecimiento diferencial de las partes del cuerpo. Alometría es un estudio bien conocido, particularmente en la forma de análisis estadístico aplicado a las prácticas de las tasas de crecimiento diferenciales de las partes del cuerpo de un organismo vivo.

La alometría a menudo estudia las diferencias de forma en cuanto a las proporciones de las dimensiones de los objetos biológicos. Los dos objetos de diferente tamaño, pero la forma común tendrán sus dimensiones en la misma proporción. Tomemos, por ejemplo, un objeto biológico que crece a medida que madura. Sus cambios de tamaño con la edad, pero las formas son similares.

Además de los estudios que se centran en el crecimiento, alometría también examina la forma variación entre los individuos de una edad determinada, lo que se conoce como alometría estática. Las comparaciones de las especies se utilizan para examinar alometría interespecífica o evolutivo.

Consideraciones alométricas

Los tejidos de un organismo, no crecen todas con la misma intensidad y ritmo, lo que origina un crecimiento diferencial. Por lo tanto, otro concepto íntimamente ligado al de crecimiento es el crecimiento relativo o alométrico. El principio de la alometría son los cambios morfo genéticos del organismo animal como un todo. Ejemplo: los huesos del cráneo crecen con la misma tasa específica de crecimiento que el cerebro; los músculos de un animal no pueden crecer en discordancia con los huesos que forman su base ósea.

El crecimiento diferencial de los órganos es principalmente funcional. Los órganos de mayor importancia fisiológica para el animal están mejor desarrollados al nacimiento que aquellos que tienen menor importancia hasta un tiempo después del nacimiento, como ser el rumen y la redecilla en el bovino.

Metodología

La alometría es una función diferencial entre tamaño y forma de los diferentes aparatos y órganos con respecto al cuerpo. El desarrollo anatómico, morfológico o bioquímico del cuerpo de un animal está en función del peso vivo que representa la variable independiente (Geri et al., 1982 citado por Condori et al., (2003). Huxley (1932) citado por el mismo autor establece que la relación existente entre la medida de una parte o variable "Y" está en función de otra variable "X", ambas variables se relacionan a través de la ecuación alométrica:

$$Y = aX^b \quad (1)$$

En el que "a" es una constante y "b" es el coeficiente alométrico ó coeficiente de crecimiento diferencial. Si el tamaño de la parte "Y" es directamente proporcional a la variable "X" entonces el exponente alométrico "b" tiene un valor 1 por lo tanto es una proporción simple. Si la proporción de Y/X cambia, "b" tiene un valor mayor o menor a 1. Se puede ajustar esta ecuación potencial a una recta y se tiene.

⁷ Becario del Proyecto SUPREME, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

⁸ Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

⁹ Universidad de los Estudios de Camerín, Italia.

¹⁰ Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

$$\log Y = \log a + b \log X \quad (2)$$

Así el gráfico de esta ecuación será una línea recta con una pendiente “b” y un intercepto en el logaritmo de “a”, generalmente para determinar los valores de las constantes se usa el método de mínimos cuadrados. El crecimiento diferencial es uno de los fenómenos que se hace evidente cuando se observa que el organismo no crece en forma uniforme (Lloyd, 1982). Las siguientes cifras muestran el número de veces que un tejido aumenta de tamaño desde el nacimiento a la madurez (Tabla 1).

Tabla 1. Incremento de tamaño en los tejidos.

	Músculos	Pulmón	Corazón	Tejido Hígado	Esqueleto	Ojo	Cerebro
Incremento	48	20	12	14	26	2	4

Fuente: Lloyd, 1982.

Los organismos animales sufren una notable modificación durante el crecimiento porque cambia la proporción de sus partes y de sus órganos. La existencia de una relación entre la cantidad de carne, grasa, hueso y las características de la carcasa repercute sobre el costo de producción y la aceptación del consumidor (Geri et al., 1984 citados por Condori et al., 2003).

Resultados

Desarrollo relativo de los principales órganos de la cavidad torácica y abdominal

Hammond (1960) estableció que los diferentes órganos, tejidos y piezas anatómicas del animal no tienen todos la misma velocidad de crecimiento en un momento dado. Cada uno va adquiriendo una velocidad de crecimiento característica según la edad, en un orden definido. Es decir, los nutrientes se distribuyen siguiendo un régimen prioridades. El orden en que los distintos tejidos alcanzan su máxima velocidad de crecimiento es: nervioso, óseo, muscular y grasa.

La Tabla 2 muestra las proporciones de los órganos y viseras en forma porcentual en referencia a la edad y al peso vivo del animal antes del faeneo. Se puede indicar que algunos órganos no presentan un incremento sustancial, más aun pareciera que reducen su tamaño a medida que el animal crece porcentualmente, este hecho corrobora lo que señala, Hamond (1960), que algunos órganos llegan a completar su crecimiento anticipadamente en relación al crecimiento y desarrollo total del animal, como es el caso del corazón que tiene una tendencia en la curva de correlación baja en referencia al peso vivo a diferentes edades, lo que significa que este órgano crece muy poco en relación al peso vivo, durante el periodo de tiempo señalado.

Tabla 2. Proporción porcentual de los órganos y vísceras en llamas a diferentes edades.

Edad	Cabeza	Patás	Sangre	Piel	Corazón	Pulmón, tráquea	Hígado	Estómago, intestinos	Carcasa caliente	Contenido ruminal
13	4.75	3.58	4.52	7.31	0.97	1.69	2.10	5.24	57.53	11.51
16	4.21	3.05	3.57	6.04	0.84	1.99	1.91	4.89	59.90	13.61
19	3.94	2.81	3.99	6.55	0.65	1.26	1.86	5.75	57.51	15.71
21	4.22	2.93	3.97	7.24	0.57	1.54	1.86	6.03	59.12	12.53
25	3.94	2.99	4.48	7.85	0.59	1.53	3.62	5.77	59.24	9.98
28	3.59	2.79	3.46	7.33	0.56	1.19	2.57	5.97	60.31	12.23
31	3.55	2.68	4.67	7.08	0.65	1.35	3.18	6.60	58.99	11.25

La media de la suma total de los órganos en porcentajes con referencia a la canal no supera al peso de la canal, en la mayoría de los casos los órganos y las vísceras conservan su la proporción porcentual en relación al peso vivo del animal para todas las edades. Para el caso del corazón se observa que existe una leve disminución en el porcentaje de peso en relación a la edad y al incremento del peso vivo, lo que significa que este órgano a partir del décimo tercer mes no tiene un incremento significativo que se refleje en el aumento de peso.

En la Figura 1, se aprecia las diferencias porcentuales de los órganos y vísceras a determinadas edades, los órganos de la cavidad torácica, como el corazón y pulmón, son órganos que tienen una relación inversamente proporcional respecto al peso vivo es decir que el cuerpo tiene un crecimiento mayor proporcionalmente respecto a estos órganos. Lo mismo sucede con la cabeza y patas. En cambio la piel, los compartimentos estomacales, intestinos y el hígado tienen una tendencia directamente proporcional lo que quiere decir que tienen un crecimiento mayor que el cuerpo. En el caso del peso de la sangre, la tendencia es a mantenerse proporcionalmente en el mismo porcentaje respecto al peso del cuerpo.

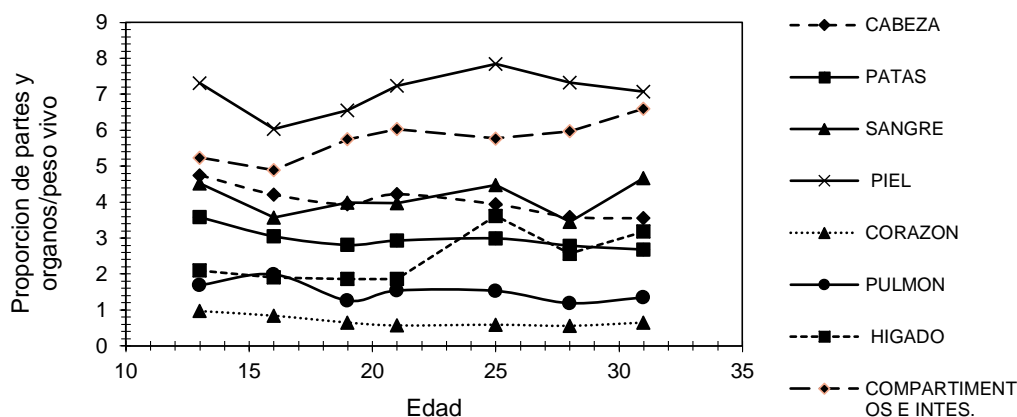


Figura 1. Desarrollo porcentual de diferentes órganos y sistemas de llamas machos.

La Tabla 3 muestra los promedios de los pesos de los órganos y vísceras de las llamas machos, donde los coeficientes de variabilidad son altos para aquellos órganos que continuaron creciendo hasta el final del experimento tal es el caso del tracto digestivo, 28.60%, el hígado 35.60% así como el contenido de sangre 26.90% y la piel con 27.00%.

Tabla 3. Peso promedio (kg) de órganos y vísceras de llamas.

Edad (meses)	Peso vivo	Cabeza	Patas	Sangre	Piel	Corazón	Pulmón, tráquea	Hígado	Tracto digestivo	Carcasa caliente
13	46.49	2.18	1.65	2.08	3.39	0.45	0.78	0.97	2.79	26.83
16	59.87	2.50	1.81	2.14	3.61	0.49	1.18	1.13	2.95	35.85
19	66.54	2.62	1.87	2.66	4.35	0.43	0.83	1.24	3.82	38.24
22	66.82	2.81	1.95	2.66	4.84	0.38	1.02	1.23	4.01	39.47
25	73.29	2.88	2.19	3.26	5.76	0.43	1.12	2.16	4.21	43.51
28	85.11	2.90	2.26	2.73	6.03	0.45	0.96	2.04	4.90	49.21
31	88.86	3.00	2.26	3.89	6.00	0.55	1.15	2.27	5.60	50.11
Prom	73.51	2.70	2.00	2.77	4.85	0.46	1.01	1.58	4.04	40.46
DS	15.93	0.335	0.289	0.745	1.308	0.088	0.228	0.566	1.154	9.014
CV (%)	21.70	12.40	14.50	26.90	27.00	19.30	22.70	35.60	28.60	22.30

Se observa que el rendimiento de carcasa caliente en animales de 13 meses de edad es 57.53% y en animales de 31 meses de edad es 58.99%, este incremento de 1.46% a favor de animales adultos se debe a que en este grupo de 31 meses el crecimiento se realiza en los músculos o partes anatómicas del cuello, además del aumento de grasas de depósito en partes bajas del vientre e intermuscular de la pierna y el brazo y la región lumbar.

En general las vísceras representan en animales de 13 meses de edad el 10.79% y en animales adultos el 11.78%, lo cual permite indicar que las vísceras ocupan una proporción importante dentro de la anatomía en general del cuerpo de la especie llama.

Correlación entre el peso vivo y el peso de las vísceras

Las correlaciones que existen entre el peso vivo y el peso de los distintos órganos y vísceras y que se consideran más sobresalientes se las detalla más adelante donde se muestra, la tendencia del crecimiento del órgano y las vísceras en referencia al peso vivo del animal a diversas edades o conforme va creciendo el animal.

Correlación entre el peso vivo con el peso del corazón

En la Figura 2 se muestra la correlación positiva, entre las variables peso vivo y peso de corazón a diferentes edades, la cual muestra una correlación muy baja donde ($r = 0.246$), estadísticamente significativo ($P < 0.05$). Por lo tanto se puede indicar que el crecimiento del corazón en referencia al peso vivo, no es muy notorio, numéricamente esto se dice de la siguiente manera que a para animales a los 13 meses de edad, la media del peso del corazón es de 450 g y a los 31 meses, esta misma media es de 460 g, lo que significa que el órgano se ha incrementado en peso 10 g. Esto hace suponer que la tendencia del crecimiento del órgano, que a mayor edad el corazón del animal no presentará cambios significativos en el crecimiento del peso, lo que confirmaría de esta manera que el corazón crece muy poco después del décimo tercer mes de edad. Aparentemente el periodo de crecimiento mayor del corazón es durante la etapa inicial, que es desde el nacimiento hasta el año de edad, donde el órgano crecería con mayor rapidez.

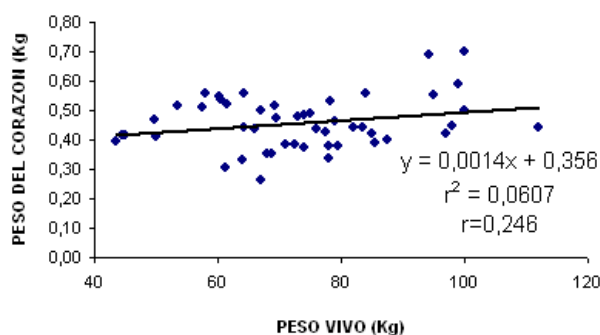


Figura 2. Correlación del crecimiento entre peso vivo y peso del corazón.

Correlación entre el peso vivo y los pulmones

En el diagrama porcentual del crecimiento de los órganos (Figura 3) muestra que los pulmones no tienen un incremento que pueda diferenciarse de una edad a otra, esto es corroborado y confirmado cuando se hace el análisis de la correlación entre peso vivo y los pulmones, cuyo resultado presenta una correlación muy baja ($r = 0.38$), estadísticamente altamente significativo a ($P < 0.01$), lo que quiere decir que a medida que existe un incremento en el peso vivo de los animales, los pulmones tienen un crecimiento medio desde los 13 meses hasta los 31 meses de edad, lo que hace suponer que los dos órganos de la cavidad torácica crecen velozmente en las primeras etapas de vida y alcanzado a la pubertad el desarrollo casi completo, porque después de esta etapa el incremento en el peso de estos órganos es casi imperceptible. Se afirma esta situación en razón de que los animales a los 13 meses de edad, presentan una media para el peso de los pulmones de 780 g y la media del peso a los 31 meses es de 1150 g, lo que indica que durante este periodo tiempo los pulmones han incrementado en peso 370 g, conociendo fisiológicamente las funciones que desarrolla este órgano y por la amplitud de espacio que ocupa en la cavidad torácica, el crecimiento en relación al peso vivo es escaso.

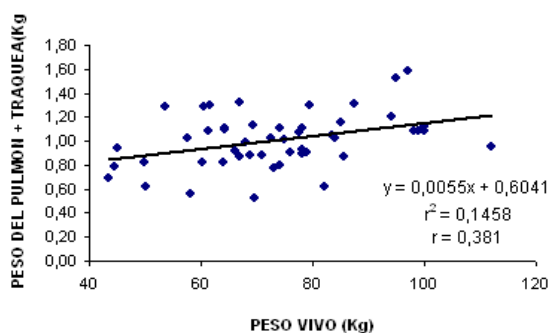


Figura 3. Correlación del crecimiento entre el peso vivo y peso de los pulmones.

Correlación entre el peso vivo y el peso del hígado

Contrariamente a lo que ocurre con los órganos de la cavidad torácica, los órganos de la cavidad abdominal tienen otro comportamiento en el crecimiento en referencia al peso vivo del animal, tal como muestra la Figura 4, donde el hígado tiene una evolución, que es indicada por la relación del incremento porcentual de peso del órgano conforme avanza la edad, se observa que existe una alta correlación $r = 0.689$ (altamente significativa $P < 0.01$), lo que hace referencia, que a medida que crece el animal en peso vivo, también el hígado crece en una alta proporción, donde el peso medio del hígado para animales a los 13 meses de edad, es de 970 g y para animales de 31 meses de edad la media es de 2270 g siendo que este órgano ha incrementado su peso en 1300 g durante este periodo de tiempo. Por tanto se puede decir que conforme avanza la edad y el incremento de peso vivo de los animales, de la misma manera el hígado incrementa su peso y por ende en tamaño, lo que es corroborado por la correlación alta entre estos dos factores.

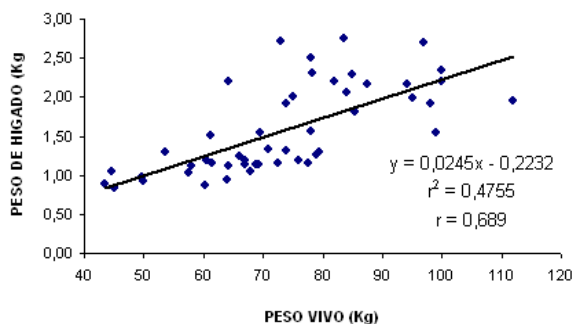


Figura 4. Correlación del crecimiento entre peso vivo y peso del hígado.

Correlación entre el peso vivo, partes y el sistema digestivo

Para el caso del sistema digestivo que ha estado diseccionado a partir del esófago y continua con los tres compartimientos I, II, III, no presentan retículo (aspecto anatómico que los diferencia a los camélidos sudamericanos de los rumiantes comunes), el intestino delgado, el ciego y el intestino grueso, fueron pesados con y sin contenido, de los cuales solo se reporta aquellos datos que corresponden a estos órganos sin contenido, con una ligera diferencia entre el crecimiento de estos órganos en referencia al peso vivo y que este mismo tiene un incremento importante respecto a los demás órganos tal como muestra la (Figura 5).

La tendencia de este crecimiento es confirmado en la Figura 5, en la cual muestra el crecimiento en peso en conjunto del sistema digestivo en referencia al peso vivo del animal, por que como se puede estimar matemáticamente estos dos factores presentan una correlación muy alta ($r = 0.86$), que estadísticamente es altamente significativo ($P < 0.01$), por lo que se afirma que a medida que incrementa el peso vivo del animal a determinada edad el sistema digestivo también continua a crecer casi en la misma proporción. Es así que la

media del peso del tracto gastrointestinal a los 13 meses es de 2790 g y alcanza un valor medio de 5600 g a los 31 meses de edad siendo el incremento de 2810 g, durante este periodo de crecimiento.

La correlación entre el peso vivo y la piel es muy alta ($r = 0.88$), sin embargo la correlación con el peso de la cabeza es muy baja ($r = 0.27$), al igual que la sangre, ($r = 0.17$).

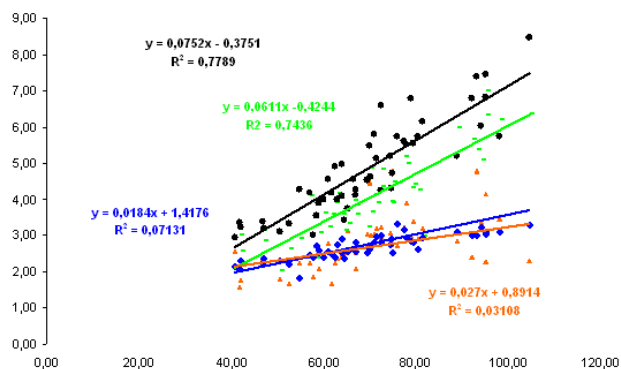


Figura 5. Diferencia de la correlación entre peso vivo y el peso vísceras y aparato digestivo
Eje de las X Peso vivo, Eje de las Y peso del órgano* Piel, * A. Digestivo, * Cabeza, * Sangre.

Bibliografía

- Ayala, C. 1992. Crecimiento de peso vivo y longitud de mecha en llamas de la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis Med. Vet. Zoot. Puno, PE. Universidad Nacional del Altiplano. p. 33.
- Bonavia, D. 1996. Los camélidos sudamericanos: una introducción a su estudio. IFEA-UPCH, Conservation International. p. 65-68, 496-499.
- Calzada, B. J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Lima, PE. Editorial MILAGROS S.A. p. 209-428, 560-592.
- Condori, G. 2000. Determinación de la edad óptima de faeneo y evaluación de la calidad de la carne de llama. Tesis de grado. Facultad de Agronomía – UMSA, La Paz, Bolivia.
- Condori, G., Ayala C., Renieri, C., Rodríguez, T. y Martínez, Z. 2003. Alometría de cortes comerciales en carcasas de llama en dos fases de crecimiento. En Memorias del II Congreso Mundial de Camélidos Potosí- Bolivia. Primer Taller Internacional del Proyecto DECAMA Tomo II. Potosí, Bolivia.
- Rodríguez, T. 1983. Importancia de la influencia de factores ambientales sobre algunos caracteres de producción de carne y lana en llamas (*Lama glama*). In Reunión Nacional de Pasto y Forrajes (7), Reunión Nacional de Ganadería (5). Potosí, Bolivia. IBTA, INFOL, BCB y ABOPA. p. 81.
- Sumar, K. J. 1991. Fisiología de la reproducción del macho y manejo productivo. In Fernández, S. B. ed. Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Santiago, Chile. FAO. p. 145.
- Varnam, H. A., Sutherland, P. J. 1995. Carne y productos cárnicos: tecnología química y microbiología. Zaragoza ES. Editorial Acribia S.A. p. 5-57, 71-95.