

PATRÓN DINÁMICO DE CRECIMIENTO DE GAZAPOS DE CHINCHILLA (*Chinchilla lanigera*) DURANTE LA LACTANCIA

Nistal AJ^{1,3}, Zapata M³, Bianchi F³, Miranda J³, Frana E³, Di Masso RJ^{2,4}

¹Cátedra de Fisiología.

²Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario.

³Módulo de Producción de Chinchillas. Escuela Agrotécnica Gral. San Martín, UNR.

⁴CIC-UNR.

Resumen: Se evaluó la aptitud de la función lineal y de la función exponencial creciente para describir el comportamiento dinámico del peso corporal de gazapos de chinchilla durante la lactancia. Los valores observados de las variancias residuales y de los coeficientes de determinación asignaron una leve ventaja al modelo lineal. La función lineal subestimó el peso al nacimiento mientras que la función exponencial lo sobreestimó sin diferenciarse en la magnitud de las diferencias de uno u otro signo entre los valores estimados y observados. La utilización del modelo lineal para caracterizar el crecimiento de gazapos machos proveniente de camadas con uno, dos o tres crías, entre el nacimiento y el destete a los 43 días de edad, permitió constatar que el aumento del tamaño de la camada de uno a dos gazapos, si bien disminuye ligeramente el peso inicial y la tasa de crecimiento predestete, no presenta un efecto detrimental de trascendencia sobre el crecimiento en dicha etapa. Por el contrario, la presencia de un tercer gazapo reduce de manera notoria tanto el peso inicial de los miembros de la camada como su aumento medio diario de peso hasta el destete. De acuerdo con lo relevado en este estudio resultaría más conveniente plantear como objetivo aumentar el número de pariciones por año, por ejemplo mediante un manejo adecuado del fotoperíodo, que aumentar el tamaño de la camada al parto por encima de dos gazapos.

Palabras clave: crecimiento, lactancia, función lineal, función exponencial, *Chinchilla lanigera*

DYNAMIC GROWTH PATTERN OF CHINCHILLA (*Chinchilla lanigera*) KITS DURING LACTATION

Abstract: The ability of linear and exponential functions to describe the dynamic behavior of body weight of chinchilla kits during lactation was evaluated. Residual variance and coefficient of determination average values derived from each model assigned to linear function a slight advantage. While the linear function underestimated birth weight the exponential model overestimated it showing both models differences of similar magnitude between estimated and observed values. The use of the linear model to characterize the dynamic growth of male kits belonging to litters with one, two or three pups, between birth and weaning at 43 days of age, allowed to confirm that increasing litter size from one to two pups slightly decreases their initial body weight and their growth rate during lactation, without a detrimental effect on overall pre-weaning growth. By contrast, the presence of a third kit in the litter markedly reduces both initial body weight and daily body weight gain from birth to weaning. According to data surveyed in this study increasing the number of parturitions per female per year, for example through an appropriate management of photoperiod, would be more useful than increasing litter size at birth above two kits to increase the overall efficiency of the system.

Key words: growth, lactation, linear equation, exponential function, *Chinchilla lanigera*

Fecha de recepción: 07/12/12

Fecha de aprobación: 07/03/13

Dirección para correspondencia: RJ Di Masso, Cátedra de Genética. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Rosario. Av. Ovidio Lagos y Ruta 33, 2170 Casilda. Argentina.

E-mail: rjdimasso@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El crecimiento animal es un proceso complejo susceptible de ser caracterizado desde diferentes puntos de vista. Uno de ellos, el denominado enfoque dimensional (1), enfatiza la modificación de alguna dimensión corporal en función del tiempo. Por lo general, la variable respuesta habitualmente utilizada en este tipo de caracterizaciones es el peso corporal debido a varias razones entre las que pueden mencionarse la facilidad con la que puede medirse, su trascendencia directa o indirecta como variable productiva en la mayoría de las especies de interés económico y su buena heredabilidad en el caso de los estudios genéticos del crecimiento. El peso de un animal en un momento dado de su vida representa un fenotipo complejo en tanto la sola expresión de un valor acompañado de una unidad nada dice de los innumerables procesos fisiológicos de diferente índole que subyacen en su determinación. Como evidencia de esta aseveración puede mencionarse los diferentes genes involucrados en la determinación del peso de un animal cuando el mismo se mide en distintos momentos de su ciclo vital lo que ha llevado a proponer que esos pesos deben ser considerados como caracteres diferentes.

Brockmann *et al.* (2), a partir de evidencia derivada del mapeo de QTLs (loci para caracteres cuantitativos) para crecimiento pre y posdestete en el ratón, postulan la existencia de un cambio en la activación de genes a las tres semanas de edad en coincidencia con el destete. Estos autores encontraron QTLs con efectos mayores sobre el peso corporal entre las dos y las tres semanas de vida cuando los animales son alimentados por sus madres y QTLs con efectos en el posdestete cuando los animales acceden a la vida independiente de la lactancia materna. Los modelos matemáticos posibilitan formalizar la relación entre el peso corporal y la edad cronológica y, a la vez, dar cuenta de la naturaleza dinámica del proceso a diferencia de lo que ocurre cuando se opta por la utilización de datos estáticos registrados en momentos particulares del ciclo de vida de la especie estudiada (nacimiento, destete, faena, etc.).

La chinchilla (*Chinchilla lanigera*) es un roedor originario de América utilizado como recurso peletero. Su curva de crecimiento posnatal muestra el comportamiento clásico observado en los mamíferos y caracterizado por una trayectoria sigmoidea con una asíntota inferior, una fase inicial de crecimiento autoacelerado que se mantiene hasta que se alcanza el punto de inflexión, seguido de una fase de crecimiento desacelerado desde el punto de inflexión hasta que se alcanza la asíntota superior (3). El período de la lactancia se encuentra comprendido dentro de la primera fase y el comportamiento dinámico del peso corporal durante el mismo puede ser descrito

mediante un modelo matemático que resuma en unos pocos parámetros con significado biológico sus principales características.

El primer objetivo de este trabajo fue comparar dos modelos matemáticos (el modelo lineal y el modelo exponencial) en términos de la bondad de ajuste de los datos peso-edad durante la etapa de crecimiento posnatal-predestete de gazapos de chinchilla. El segundo objetivo consistió en utilizar el modelo de elección derivado de la primera etapa para caracterizar el patrón de crecimiento de gazapos machos provenientes de camadas con una, dos o tres crías al nacimiento, producidos por madres de primera parición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la consecución del primer objetivo se utilizaron los datos longitudinales peso corporal (g), edad cronológica (días) registrados entre el nacimiento (día 0) y el destete (43 días) correspondientes a 41 gazapos, machos y hembras, provenientes de camadas de una, dos y tres crías al nacimiento, producidas por hembras en su primera o segunda parición. Durante el lapso mencionado (lactancia) los animales se pesaron, en forma individual al nacimiento y, luego, en un día fijo de la semana (edad variable). Todos los pesos se registraron con aproximación al gramo.

La representación gráfica de los datos en un sistema de ejes cartesianos permitió identificar un comportamiento de los mismos compatible, en apariencia, tanto con un modelo lineal como con un modelo exponencial. Consecuentemente, los datos correspondientes a cada individuo se ajustaron con ambos modelos:

(a) función lineal

$$W_t = a + b \cdot t$$

donde:

W_t representa el peso corporal (g) en el tiempo t (días),
 a es la ordenada al origen = valor de W_t cuando t toma el valor cero, es decir, el peso corporal al nacimiento,
 b es la pendiente de la recta de regresión o aumento teórico de peso corporal por día transcurrido entre el nacimiento y el destete, y
 t es la edad en días

(b) función exponencial

$$W_t = S \cdot e^{(k \cdot t)}$$

donde:

W_t representa el peso corporal (g) en el tiempo t (días),
 S es el valor de W_t cuando t toma el valor cero, es decir, el peso corporal al nacimiento,
 e = base de los logaritmos naturales = 2,71828,
 k es la tasa de crecimiento exponencial y
 t la edad en días.

La bondad del ajuste se evaluó en términos del valor del coeficiente de determinación (R^2) lineal y no lineal, respectivamente; del valor de la variancia residual ($S^2_{y/x}$) y de la aleatoriedad de los residuales (test de rachas o ciclos) (4).

Los valores de la variancia residual y del coeficiente de determinación correspondientes a los ajustes de los mismos datos con cada uno de los dos modelos mencionados se consideraron como nuevas variables aleatorias y las diferencias entre los modelos respecto de las mismas se evaluaron con el test no paramétrico de rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras dependientes utilizando el animal como criterio de apareamiento. Por último, los dos modelos se compararon en términos de la estimación del peso al nacimiento derivada de cada uno de ellos. A tal fin se calculó la diferencia entre los valores observados (peso corporal registrado al nacimiento) y los valores estimados por cada uno de los modelos: ordenada al origen (a) en el caso de la función lineal y valor de inicio (S) en el caso de la función exponencial. Los valores medianos de los desvíos mencionados se compararon con un valor hipotético nulo utilizando el test de rangos de Wilcoxon para una única muestra (4).

En relación con el segundo objetivo se registró el peso al nacimiento (día 0), el tamaño de la camada de pertenencia y el peso al destete (43 días de edad) de todos los gazapos machos producidos por hembras de primera parición en la primera parte de la temporada de cría, en el Módulo de Producción de Chinchillas de la Escuela Agrotécnica Gral. San Martín de la Universidad Nacional de Rosario.

Durante la lactancia los animales se pesaron, en forma individual en un día fijo de la semana (edad variable). Todos los pesos se registraron con aproximación al gramo. Se definieron tres grupos de animales (G1, G2 y G3) de acuerdo al número de crías (una, dos o tres) que formaban la camada en el momento del parto. En el análisis sólo se incluyeron datos provenientes de aquellas camadas que conservaban en el momento del destete el mismo número de crías que al nacimiento. Los datos peso corporal (g) – edad cronológica (días) de todos los gazapos de cada grupo se ajustaron por regresión lineal y las rectas de regresión correspondientes a los tres grupos se compararon con un análisis de la covariancia.

RESULTADOS

Los valores medianos y los rangos intercuartílicos correspondientes a la variancia residual y al coeficiente de determinación para cada uno de los dos modelos ensayados se muestran en la Tabla 1. En todos los casos los residuales mostraron un comportamiento aleatorio alrededor de la respectiva función teórica ($P > 0,05$) lo que no permitió rechazar la hipótesis de linealidad en el caso de la función lineal ni constatar una desviación significativa del modelo no lineal propuesto en el caso de la función exponencial. Tanto en uno como en otro caso las diferencias

Tabla 1. Variancia residual y coeficiente de determinación correspondientes al ajuste lineal y al ajuste exponencial de los datos peso corporal (g), edad cronológica (días) de gazapos de chinchilla durante la lactancia.

	Modelo lineal	Modelo exponencial
Variancia residual S^2y/x	9,050 a (4,899 – 11,110)	9,677 b (6,342 – 14,610)
Coeficiente de determinación R^2	0,9779 a (0,9528 – 0,9897)	0,9761 b (0,9371 – 0,9856)
Los valores corresponden a la mediana (rango intercuartílico) a,b Valores con diferente letra difieren al menos al 5 %		

Tabla 2 – Estimadores de los parámetros de la función lineal y bondad de ajuste del modelo lineal aplicado a la caracterización del crecimiento posnatal-predestete de gazapos de chinchilla pertenecientes a camadas de uno, dos y tres crías al nacimiento.

	G1	G2	G3
¹ Pendiente $b \pm Sb$	3,72 a $\pm 0,242$	3,19 a,b $\pm 0,245$	2,80 b $\pm 0,231$
¹ Ordenada al origen $a \pm Sa$	53,9 a $\pm 6,10$	52,8 a $\pm 6,18$	30,6 b $\pm 6,03$
Coeficiente de determinación (R^2)	0,894	0,768	0,835
¹ Los valores corresponden a la media aritmética $\pm$ error estándar a,b Valores con diferente letra difieren al menos al 5 %			

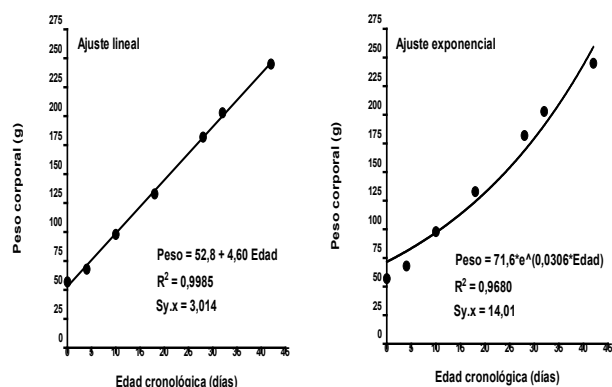


Figura 1. Ajuste lineal y ajuste exponencial de los datos peso corporal-edad correspondientes al gazapo 21.

observadas entre modelos fueron estadísticamente significativas (variancia residual: $P=0,045$; coeficiente de determinación: $P=0,039$). Con respecto a la estimación del peso al nacimiento se observó que la función lineal lo subestima mientras que la función exponencial lo sobreestima. La diferencia mediana y el rango intercuartílico entre los valores observados de esta variable y los valores estimados con cada uno de los dos modelos, ordenada al origen y S, respectivamente, fue de $-6,56$ g ($-12,9/0,65$) para la función lineal y de $7,12$ g ($0,42/15,0$) para la exponencial. Ambos valores medianos difieren en forma significativa de cero ($P < 0,0001$).

La Tabla 2 muestra los valores de la pendiente ($b \pm Sb$), la ordenada al origen ($a \pm Sa$) y el coeficiente de determinación lineal (R^2) de cada uno de los tres grupos de gazapos discriminados por el tamaño de la camada de pertenencia. Todas las pendientes resultaron significativamente diferentes de cero ($P < 0,001$). No se observaron diferencias significativas entre las pendientes de los grupos de uno (G1) o de dos (G2) gazapos ($F=1,977$; $P=0,164$) pero sí entre las alturas de las respectivas rectas de regresión ($F=4,952$; $P=0,029$). De la misma manera los grupos de dos (G2) y de tres (G3) gazapos presentaron pendientes similares ($F=1,121$; $P=0,293$) y diferentes alturas ($F=32,4$; $P < 0,0001$). Por último, G1 presentó mayor pendiente que G3 ($F=7,453$; $P=0,0084$) lo que impidió comparar las alturas de las rectas de regresión. En todos los casos los residuales mostraron un comportamiento aleatorio alrededor de la respectiva función teórica ($P > 0,05$) lo que permitió conservar la hipótesis de linealidad.

La Figura 1 ejemplifica un caso paradigmático de comparación de las dos modalidades de ajuste aplicadas a los datos provenientes de un mismo gazapo. La Figura 2 muestra las rectas teóricas derivadas del ajuste de los datos peso corporal-edad de los gazapos de los tres grupos analizados.

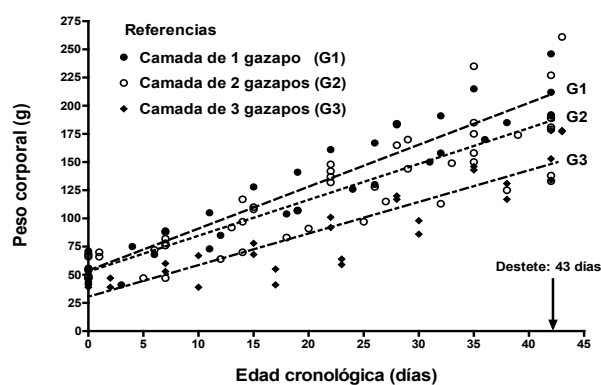


Figura 2. Crecimiento de gazapos machos de *Chinchilla lanigera* provenientes de camadas de una, dos y tres crías al nacimiento.

DISCUSIÓN

Según Sellier (5) el crecimiento animal, definido como un aumento en el tamaño o en el peso corporal, es un carácter cuantitativo complejo que se encuentra regulado por un gran número de rutas fisiológicas, parcialmente diferentes de acuerdo con la etapa de la vida del individuo. Esta aseveración, al igual que la evidencia derivada del trabajo de Brockmann *et al.* (2) antes citado justifica, al menos en parte, la decisión de dividir un proceso dinámico continuo como el crecimiento y analizar sólo una de sus partes: la correspondiente a la etapa posnatal-predestete.

Dentro de la clase de los mamíferos el orden de los roedores es el que presenta el mayor número de especies. Si bien las especies del suborden de los histricomorfos, como es el caso de la chinchilla, a diferencia, por ejemplo, de los caviomorfos -ratas, ratones, etc.- presentan una estrategia reproductiva *k*, caracterizada por una gestación larga, camadas poco numerosas y crías que nacen con pelo y ojos abiertos que se independizan relativamente rápido de la madre, la lactancia es un período obligado en el ciclo de cría con fines productivos. De acuerdo con Neira *et al.* (6) la duración promedio habitual de la lactancia de chinchillas en cautiverio es de 54 días (7-8 semanas) requiriéndose un período mínimo de 25 días para asegurar la supervivencia posterior de las crías. Aun reconociendo la continuidad ya mencionada del proceso de crecimiento y la artificialidad presente en la decisión de dividirlo en lapsos acotados, la trayectoria peso-edad puede ser fraccionada en diferentes etapas con fines prácticos.

De acuerdo con ello se dispone de modelos matemáticos de uso muy difundido para la caracterización del proceso sigmoideo total como es el caso de las diferentes alternativas del modelo de Richards -funciones logística, Gompertz, von Bertalanffy- como también de modelos aplicables a la caracterización de la fase de autoaceleración -modelo exponencial creciente- y de desacelera-

ción -modelo exponencial asintótico, función de Brody, etc. (7). Con respecto al primer objetivo de este trabajo, la decisión de incluir todos los datos disponibles sin segregar fuentes reconocibles de variación vinculadas con el peso corporal -sexo, tamaño de la camada de origen, orden de parición de la hembra- aseguró disponer de una colección de datos con la mayor variabilidad intragrupo posible y que no restringiese los alcances de la comparación entre funciones a una categoría particular de individuos aprovechando las ventajas que en este sentido ofrece el análisis de datos apareados. La información recabada permite, con un sentido pragmático, concluir que si bien el lapso considerado forma parte de un sector de la curva de crecimiento (crecimiento pre-inflexión) cuyo comportamiento global es de naturaleza exponencial creciente, el mismo puede ser descrito por cualquiera de los dos modelos ensayados. La función lineal presenta como ventaja su simplicidad y una mejor bondad de ajuste -en términos matemáticos- que la función exponencial. El mejor ajuste observado con el modelo lineal puede atribuirse a lo acotado del periodo de crecimiento pre-inflexión analizado (0-43 días de edad) si se tiene en cuenta que según Álvarez *et al.* (3) la curva de crecimiento promedio de chinchillas en cautiverio presenta el punto de inflexión a los 300 días de edad en los machos y a los 500 días en el caso de las hembras. La elección de la función exponencial, por su parte, tendría como fundamento la naturaleza biológica del proceso que, si bien no necesariamente en el periodo de tiempo restringido a la lactancia sino en un lapso mayor que se extiende hasta la inflexión, es de naturaleza exponencial. En lo que respecta a la estimación del peso corporal de los gazapos al nacimiento ambos modelos presentaron desvíos significativos, de igual magnitud pero de diferente signo.

Para dar respuesta al segundo de los objetivos planteados se utilizó el modelo lineal. En este caso, la pendiente de la recta tiene un claro significado biológico dado que representa la ganancia diaria de peso durante el lapso en estudio, un indicador de clara trascendencia productiva. La bibliografía (8) indica para ejemplares en cautiverio valores promedio de tasa de crecimiento de 3,6 g/día durante el primer mes de vida, similares a los observados en este trabajo en los grupos con una y con dos crías lo que permite concluir que el aumento del tamaño de la camada de uno a dos gazapos, si bien disminuye ligeramente el peso inicial y la tasa de crecimiento durante la lactancia, no presenta un efecto detrimental de trascendencia sobre el crecimiento pre-destete. Por el contrario, la presencia de un tercer gazapo redujo de manera notoria tanto el peso inicial de los integrantes de la camada como su aumento medio diario de peso hasta el destete. Esta evi-

dencia indica que si bien los gazapos comienzan a consumir alimentos sólidos a partir de la primera semana de vida (8) el aporte de leche materna es fundamental para asegurar un adecuado crecimiento durante la lactancia. En la chinchilla el tamaño de la camada puede llegar a seis gazapos si bien usualmente oscila entre 2 y 3 (9). Neira *et al.* (6) informan un valor de 1,75 gazapos por parto como promedio de 273 camadas analizadas. Uno de los componentes de la eficiencia de un sistema productivo basado en la cría de chinchillas es el número de individuos producidos por unidad de tiempo. La modificación favorable de este indicador para una cantidad dada de hembras en reproducción puede lograrse aumentando el tamaño de la camada, aumentando el número de pariciones por año de las hembras o combinando ambas estrategias. De acuerdo con lo relevado en este estudio resultaría más conveniente plantear como objetivo aumentar el número de pariciones por año, por ejemplo mediante un manejo adecuado del fotoperiodo (10) que aumentar el tamaño de la camada al parto por encima de dos gazapos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Reeds PJ, Fiorotto ML. Growth in perspective. Proc. Nutr. Soc. 49: 411-420, 1990.
2. Brockmann GA, Karatayli E, Haley CS, Renne U, Rottmann OJ, Karle S. QTLs for pre-and postweaning body weight and body composition in selected mice. Mamm Genome 15:593-609, 2004.
3. Álvarez M, Quintana H, Mallo G, Quinn ME. Crecimiento corporal de chinchilla (*Chinchilla lanigera*) en un criadero comercial de la provincia de Buenos Aires (Argentina) Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 456-458, 1997.
4. Sheskin DJ. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. Chapman & Hall. USA. 2000.
5. Sellier P. Genetically caused retarded growth in animals. Domestic Animal Endoc 19: 105-119, 2000.
6. Neira R, García X, Scheu R. Análisis descriptivo del comportamiento reproductivo y de crecimiento de chinchillas (*Chinchilla laniger* Gray) en confinamiento. Avances Producción Animal (Chile) 14:109-119, 1989.
7. Fitzhugh HA. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. J. Anim. Sci. 42: 1036-1051, 1976.
8. Spotorno AE, Zuleta CA, Valladares JP, Deane AL, Jiménez JE. *Chinchilla laniger*. Mammalian Species 758: 1-9, 2004.
9. Weir BJ. The care and management of laboratory hystricomorph rodents. Lab. Anim. 1, 95-104, 1967.
10. Nistal AJ, Di Masso RJ. Estacionalidad reproductiva de la chinchilla (*Chinchilla lanigera*) en condiciones de cautiverio. XIII Jornadas sobre Producción Animal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) - Zaragoza (España), Vol I: 669-671, 2009.