



## UN ENFOQUE SIMPLE PARA CALCULAR EL TAMAÑO DE MUESTRA PARA CONSTRUIR CURVAS DE CRECIMIENTO

**José C. Segura Correa<sup>1</sup>, Ronald Santos Ricalde<sup>1</sup>, Luis Sarmiento Franco<sup>1</sup>, Ricardo Aké López<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Campus Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán,  
México

§ Autor de correspondencia: jose.segura52@hotmail.com

### RESUMEN

Tomar una muestra de animales es más práctico que medir toda la población, debido a un menor costo del estudio, a que se consume menos tiempo y se reducen los riesgos cuando se trabaja con animales silvestres. No hay ninguna propuesta en la literatura sobre del cálculo del tamaño de muestra para la descripción de las curvas de crecimiento en animales o plantas. Los objetivos de este estudio fueron proponer un enfoque simple para calcular el tamaño de muestra para construir las curvas de crecimiento, y demostrar el efecto del tamaño de muestra en la curva y en los estimadores de los parámetros. El tamaño de la muestra se calculó con base en el peso vivo de pavos, con el mayor coeficiente de variación del nacimiento a las 23 semanas de edad. También se realizó un estudio de simulación para determinar el efecto del tamaño de muestra en la curva de crecimiento de ajuste y precisión de los parámetros. Las curvas fueron construidas por edad con datos de 15, 30, 50, 100, 200 y 5000 pavos machos, generados al azar, usando las medias y desviaciones estándares de los pesos y mediante el modelo de von Bertalanffy. Se proporciona un cuadro para estimar el tamaño de muestra para una variable continua. Como se esperaba, el tamaño de muestra estuvo en función del coeficiente de variación. El tamaño de muestra afectó el ajuste de la curva y la precisión de los estimadores de los parámetros. En conclusión, se proporciona una fórmula para calcular el tamaño de muestra para construir las curvas de crecimiento considerando al peso vivo con el mayor coeficiente de variación. Las muestras grandes proporcionaron el mejor ajuste de la curva y fueron más precisas.

**Palabras clave:** Tamaño, muestra, simulación, peso vivo, pavos.

### INTRODUCCIÓN

En cualquier sistema de producción, la ganadería y fauna silvestre incluidas, es una práctica común tomar una muestra de animales para estimar un parámetro de interés. La medición de una muestra de los animales es siempre más barata, requiere menos tiempo y se corre menos riesgo cuando se manejan animales silvestres. El tamaño de muestra comúnmente se determina en estudios para estimar una media o una proporción (prevalencia). Fórmulas y *software* existen para calcular el tamaño de muestra, con una determinada precisión y nivel de confianza para estimar un determinado rasgo, como el peso vivo a una determinada edad o cualquier otro rasgo económico importante.

No existe una fórmula para calcular el tamaño de la muestra para construir curvas de crecimiento en animales o plantas. Las curvas de crecimiento son comúnmente construidas a partir de los



pesos vivos usando modelos no lineales como Gompertz, von Bertalanffy, logística, etc. De nueve artículos revisados, en la descripción del modelo de crecimiento en pollos y en pavos, ninguno de ellos explica cómo se calculó el tamaño de la muestra. En estudios realizados en pavos, el tamaño de la muestra osciló entre 40 y 288 animales (Takma *et al.*, 2004; Edgar y Kiraz, 2005; Ersoy *et al.*, 2006; Pérez Lara *et al.*, 2013); en pollos de engorda el tamaño de muestra varió de 60 a 94 (Duan yai *et al.*, 1999; Matis y Mohamed, 2012; Sekeroglu *et al.*, 2013) y en otro con aves de postura se utilizaron 33 animales (Galeano y Cerón, 2013). En esos estudios, el tamaño de la muestra parece determinarse arbitrariamente o con base en la disponibilidad de animales. El objetivo de este estudio fue proponer un enfoque simple para calcular el tamaño de muestra para construir las curvas de crecimiento, y determinar el efecto del tamaño de la muestra en la curva de ajuste y precisión de los estimadores de los parámetros de la curva de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos se obtuvieron de un total de 245 pavos machos Hybrid Converter®, criados en un sistema de cama profunda, bajo condiciones comerciales típicas de la región, de junio a noviembre de 2013. Todas las aves fueron identificadas individualmente, y se pesaron cada semana desde el día 1 a la semana 23 de edad. Las medias y desviaciones estándares de peso variaron de  $56.6 \pm 4.1$  g el día 1 a  $17.3 \pm 1.64$  kg la semana 23 de edad, correspondiendo el mayor coeficiente de variación a las aves de 23 semanas de edad (9.5%).

Para calcular el tamaño de la muestra de la curva de crecimiento, el peso vivo con el mayor coeficiente de variación fue utilizado. Esto debido a que la variación más grande, da la muestra más grande y para construir la curva con mayor precisión. Tamaño de la muestra, para estimar una media (*v. gr.*, peso vivo) para una población grande se calculó mediante la fórmula:

$$n = (Z^2 * CV^2) / p^2$$

que es una modificación de la conocida fórmula (Cochran, 1977):

$$n = (Z^2 * varianza) / e^2$$

Donde Z es el valor de tabla para una variable distribuida normalmente con media cero y desviación estándar 1; la varianza es la varianza de la característica de interés ( $2.69 \text{ kg}^2$  a 23 semanas de edad); e es la precisión o error deseado en valor absoluto, por ejemplo ( $0.0865 \text{ kg}$ , equivalente al 5% de la media), CV es el coeficiente de variación (desviación estándar/media), y p es la precisión deseada como un porcentaje (normalmente  $p = 0.05$ ). Entonces la varianza/ $e^2$  en la fórmula convencional fue sustituta por  $CV^2/p^2$ . Para ajustar el tamaño de la población (N), el tamaño de la muestra a utilizar se ajustó por el factor:  $n/(1+N/n)$ , según Segura y Honhold (2000).

Se realizó un estudio de simulación y se construyeron curvas crecimiento utilizando el modelo de von Bertalanffy:  $y = A * (1 - b * \exp(-k * t)^3)$ , donde: y = peso del pavo en el tiempo (t), A = peso maduro, b = constante de integración, k = coeficiente de crecimiento relativo y t = edad del animal.



Muestras al azar de 15, 30, 50, 100, 200 y 5000 pavos fueron generadas utilizando el procedimiento SURVEY de SAS (SAS, 2012). Los pesos se generaron utilizando las medias y desviaciones estándares obtenidas previamente en un estudio en pavos (Segura *et al.*, 2016). Las curvas de crecimiento se construyeron usando el procedimiento NLIN de SAS (2012), el peso total promedio por edad y los pesos individuales de cada pavo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 proporciona los tamaños de muestra para estimar la media de una variable continua (en este caso el peso vivo) considerando diferentes CV, tres precisiones (2.5, 5 y 10%) y un nivel de confianza del 95%.

**Cuadro 1. Tamaños de muestra para una variable continua considerando diferentes CV, tres precisiones y nivel de confianza del 95%.\***

CV	Precisión (% de la media)		
	10	5	2.5
0.10	4	15	61
0.15	9	35	138
0.20	15	61	246
0.25	24	96	384
0.30	35	138	553
0.35	47	188	753
0.40	61	246	983
0.45	78	311	1244
0.50	96	384	1536
0.55	116	465	1859
0.60	138	553	2212
0.65	162	649	2596
0.70	188	753	3011
0.75	216	864	3456
0.80	246	983	3932
0.85	277	1110	4439
0.90	311	1244	4977
0.95	347	1386	5545
1.00	384	1536	6144

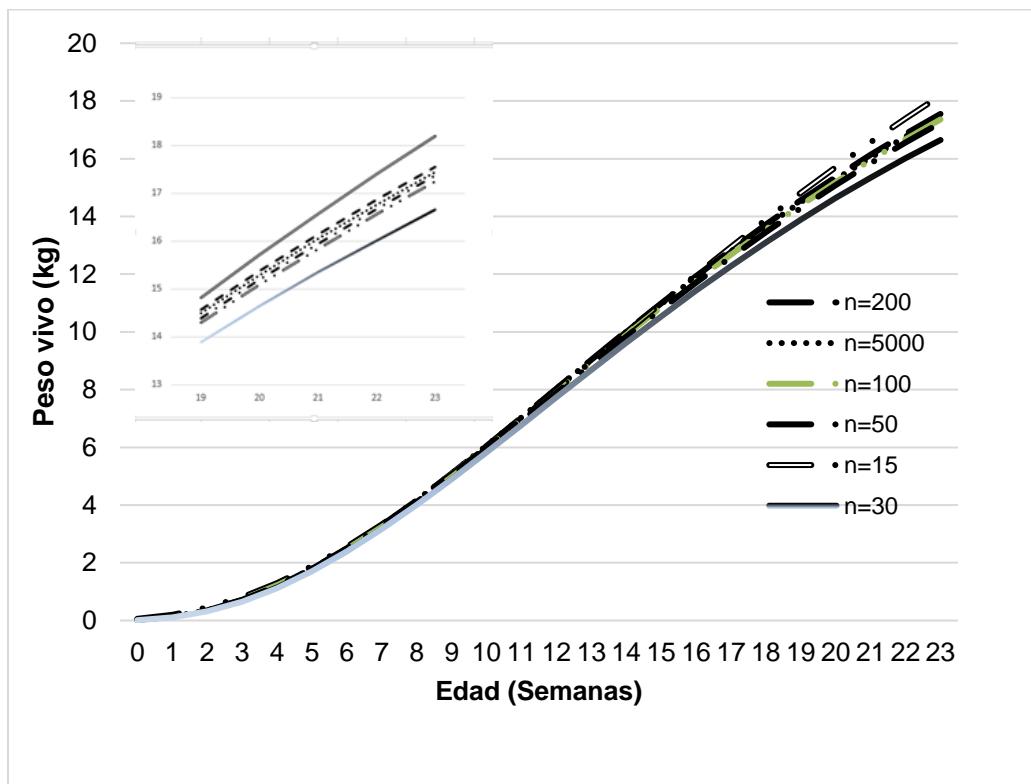
\*Nivel de confianza de 95%

Como era de esperarse, el tamaño de la muestra aumentó con el CV y con la mayor precisión. Se recomienda entonces, reportar en los estudios sobre curvas de crecimiento, las medias y las desviaciones estándares por edad. Ninguno de los estudios revisados en este estudio (Duan yai *et*



al., 1999; Takma *et al.*, 2004, Edgar y Kiraz, 2005; Ersoy *et al.*, 2006; Matis y Mohamed, 2012, Galeano y Cerón, 2013; Pérez Lara *et al.*, 2013; Sekeroglu *et al.*, 2013) proporcionan el CV de peso vivo por edad o la información necesaria para calcularlo. En este estudio, el mayor CV (9,5%) se obtuvo en la semana 23, por lo tanto, para una población muy grande, un tamaño de muestra de 14 animales es suficiente para estimar la curva de crecimiento de los pavos machos con un nivel de confianza del 95% y precisión del 5%. Para una precisión de 2.5% se necesitaría una muestra de 56 aves.

En el estudio de simulación, considerando un CV de 20%, la Figura 1 muestra que las curvas de crecimiento con 50, 100, 200 animales fueron próximas a la curva con 5000 (considerada como la curva de referencia), mientras que el uso de 30 o 15 pavos se aleja de la curva de referencia. En consecuencia, el tamaño de la muestra afecta el ajuste de la curva, la precisión de los estimadores de peso vivo por edad, y los estimadores de los parámetros de la curva ( $A$ ,  $b$  y  $k$ ). Era de esperarse un efecto en la precisión, porque esta es función del error estándar, y se sabe que el mayor error estándar disminuye con el tamaño de muestra.



**Figura 1. Curvas de crecimiento para diferentes tamaños de muestra, coeficiente de variación del 20% en pavos comerciales.**

En adición se determinaron las curvas de crecimiento utilizando sólo las medias de peso vivo por edad o los datos de peso por animal y por edad (Figura no incluida), encontrándose que fueron iguales. Por tanto, cuando el interés es sólo construir curvas de crecimiento de los animales, no hace falta identificarlos individualmente; sin embargo, la identificación y peso individual son



necesarios cuando el interés es construir la curva para cada animal, calcular los errores estándares de los parámetros de la curva o por otras razones.

## CONCLUSIONES

En este estudio se proporciona una manera objetiva de seleccionar el tamaño de muestra necesario para construir las curvas de crecimiento con una precisión deseada. El tamaño de muestra afecta el ajuste de la curva de crecimiento y la precisión de los estimadores de sus parámetros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ersoy, E.I., M. Mendeş, and S. Aktan. 2006. Growth curve establishment for American Bronze turkeys. *Arch. Anim. Breed.* 49: 293 299.
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques*. 3rd Ed. John Wiley and Sons (New York). 448 p.
- Pérez Lara, E., M.A. Camacho Escobar, J.C. García López, S. Machorro Samano, N.Y. Avila Serrano, and J. Arroyo Ledezma. 2013. Mathematical modeling of the native Mexican turkey's growth. *Open J. Anim. Sci.* 3: 305 310.
- Roush, W. A., W.A. Dozier III, and S.L. Branton. 2006. Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. *Poult. Sci.* 85: 794–797.
- SAS. 2012. *SAS/STAT User's Guide*. Version 9.3, 4th Ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Segura, J.C., y N. Honhold. 2000. *Métodos de Muestreo para la Producción y Salud Animal*. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. 139 pp.
- Sengul, T., and S. Kiraz. 2005. Non linear models for growth curves in Large White turkeys. *Turkey J. Vet. Anim. Sci.* 29: 331 337.
- Takma, Ç., S. Özkan, and Y. Akbaş, Y. 2004. Describing growth curve of turkey toms using Gompertz model. *Proc. XXII Wrld's Poult. Congr.* Istanbul.