



MODELACIÓN ESTADÍSTICO-MATEMÁTICO

ARTÍCULO ORIGINAL

CU-ID: <https://cu-id.com/2284/v12n3e07>

Aplicación de la modelación estadístico-matemático para describir el crecimiento de clones de *Cenchrus purpureus*

Use of statistical-mathematical modeling to describe the growth of Cenchrus purpureus clones

MSc. Alejandro Mejías Caba¹, Dr.C. Magaly Herrera Villafranca¹ Dr.C. Lucia Fernández Chuairey¹
Lic. Yolaine Medina Mesa¹, Dr.C. Dayleni Fortes González¹,

¹Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

¹Universidad Agraria de La Habana (UNAH) Fructuoso Rodríguez Pérez, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el momento óptimo de aprovechamiento de los clones CT-3 y CT-26 de la especie *Cenchrus purpureus* en el periodo lluvioso. Se utilizó información de la estación experimental de investigaciones “Miguel Sistach Naya” perteneciente al Departamento de Pastos y Forrajes del Instituto de Ciencia Animal. Se evaluaron cinco modelos de regresión (lineal y no lineal). Se tuvieron en cuenta siete criterios estadísticos en la selección del modelo de mejor ajuste. Para conocer el comportamiento de la velocidad del crecimiento de la variable rendimiento de materia seca de los clones CT-3 y CT-26 se calculó la primera derivada de los modelos de mejor ajuste. Se obtuvo el punto de inflexión a partir de la segunda derivada para conocer la máxima velocidad de crecimiento en el tiempo. Se determinó el momento de mejor aprovechamiento del pasto. Para el clon CT-3 el modelo que mejor ajustó la relación de la edad y el rendimiento de materia seca fue el Gompertz y para el clon CT-26 el Logístico con coeficientes de determinación de 82 y 86% respectivamente. El momento óptimo de aprovechamiento de estos clones se alcanzó a los 56 días para el CT-3 y a los 69 días para el CT-26. La utilización de estos modelos brindó información importante para la toma de decisiones por parte de productores e investigadores.

Palabras clave: óptimo aprovechamiento, rendimiento de materia seca.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the optimal use of clones CT-3 and CT-26 of *Cenchrus purpureus* species in the rainy season. Information from the experimental research station “Miguel Sistach Naya” of the Pasture and Forage Department of the Institute of Animal Science was used. Five regression models (linear and nonlinear) were evaluated. Seven statistical criteria were taken into account in the selection of the best adjust model. To know the performance of the growth rate of the dry matter yield variable of clones CT-3 and CT-26, the first derivative of the best adjust models was calculated. The inflection point was obtained from the second derivative to know the maximum growth rate over time. The moment of best use of the grass was determined. For the CT-3 clone, the model that best fitted the relation between age and dry matter yield was the Gompertz and for the CT-26 clone, the Logistic one with determination coefficients of 82 and 86% respectively. The optimal moment of use of these clones was reached at 56 days for CT-3 and at 69 days for CT-26. The use of these models provided important information for decision-making by producers and researchers.

Keywords: Optimal Use, Dry Matter Yield.

INTRODUCCIÓN

En países del trópico y subtropical la producción ganadera basada en los pastos como principal fuente de alimentación | ofrece enormes posibilidades y constituye una alternativa de plena vigencia en la actualidad (Fortes et al., 2018). En Cuba

¹ Autor para correspondencia: Alejandro Mejías Caba; e-mail: amejias@ica.co.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0868>

Recibido: 13/09/2021.

Aprobado: 14/06/2022.

se realizan grandes esfuerzos en la obtención de variedades de alta producción de biomasa que se adapten a las variadas condiciones existentes en el país. Los resultados más relevantes están en el campo de las investigaciones relacionadas con la obtención, por cultivo de tejidos, de variedades de *Cenchrus purpureus* a partir del king grass como progenitor (Díaz, 2007).

La especie *Cenchrus purpureus* es de gran utilidad en la ganadería cubana según Martínez et al. (2010) en la producción de forrajes y en pastoreo. En la mayoría de los países donde se cultiva, se alcanzan rendimientos anuales por encima de los obtenidos en otras gramíneas, incluso, de porte similar y en igualdad de condiciones (Machado et al., 1979). En el Instituto de ciencia Animal se desarrolló un programa de mejoramiento de *C. purpureus* y se obtuvo un grupo de clones de *Cenchrus* entre los que se encuentran el CT-3 y CT-26 con características promisorias para forraje, pastoreo, condiciones de sequía y salinidad (Fortes et al., 2018).

Conocer el comportamiento productivo de estos clones permitirá diseñar estrategias de manejo para alcanzar un mejor aprovechamiento de estos cultivos en la alimentación animal, sin embargo, son escasas las investigaciones que evalúan los factores que influyen en su crecimiento y desarrollo. La obtención de nuevos datos mediante la experimentación agronómica es un proceso costoso según Jones et al. (2003), de ahí que los modelos matemáticos surgen como alternativa para dar respuesta a esta situación. Los mismos podrán predecir su comportamiento temporal en diferentes condiciones según Thornley & France (2007) y apoyar así la toma de decisiones por parte de los productores y empresas agropecuarias. Es por esto que la presente investigación tiene como objetivo evaluar el momento óptimo de aprovechamiento de los clones CT-3 y CT-26 de la especie *Cenchrus purpureus* en el periodo lluvioso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información proveniente de investigaciones desarrolladas durante un año en la estación experimental “Miguel Sistach Naya” perteneciente al departamento de Pastos y Forrajes del Instituto de Ciencia Animal, situado en San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, ubicado entre los 22° 53 LN y los 82° 02 LW, a 80 msnm (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

El experimento se desarrolló en un suelo Ferralítico rojo típico (Hernández et al., 2015, 2019). Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco réplicas y la unidad experimental fue la parcela de 25 m². El estudio se realizó en condiciones de secano y sin fertilización. El corte se efectuó a machete a 10 cm sobre el nivel del suelo. La parcela se cortó dejando efecto de borde de los surcos externos, así como 50 cm por los extremos.

Los datos se registraron en el periodo lluvioso para el rendimiento de materia seca (RMS) en seis momentos de crecimiento de los clones CT-3 y CT-26 (24, 39, 52, 68, 93 y 108 d) para un total de 30 observaciones.

Para describir el comportamiento de la variable en estudio con respecto a la edad de corte se evaluaron cinco modelos:

Polinomial 2

$$y = a + bt + ct^2$$

Logístico

$$y = \frac{a}{(1 + be^{-ct})}$$

Gompertz

$$y = ae^{-be^{-ct}}$$

Von Bertalanffy

Exponencial

$$y = a(1 - be^{-ct})^3$$

dónde:

y: variable dependiente (RMS).

a, b, c: son parámetros de los modelos.

t: variable independiente que representa el tiempo medido en días.

Para la selección del modelo con mejor ajuste a los datos, se tuvieron en cuenta siete criterios estadísticos publicados por (Dominguez et al., 2013; Guerra et al., 2003; Torres et al., 2012). Estos criterios fueron:

- Coeficiente de determinación (R²)
- Coeficiente de determinación ajustado (R²A)
- Cuadrado medio del error (CME)
- Error Estándar (EE)
- Media Absoluta del error (MAE)
- Significación de los parámetros del modelo
- Dócima de Durbin-Watson

Para conocer el comportamiento de la velocidad del crecimiento de la variable rendimiento de materia seca de los clones CT-3 y CT-26 se calculó la primera derivada de los modelos de mejor ajuste. Se calculó el punto de inflexión a partir, de la segunda derivada para obtener la máxima velocidad de crecimiento en el tiempo. Se determinó el momento de mejor aprovechamiento del pasto siguiendo el criterio de Kiviste et al. (2002). Para el análisis de los datos se utilizaron los programas estadísticos InfoStat Di Rienzo et al. (2012) y Statgraphics Plus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los criterios estadísticos de los modelos que presentaron mejor bondad de ajuste para la variable RMS. Se observó que ambos clones alcanzaron valores del coeficiente de determinación entre un 80 y 86% respectivamente. En cuanto al cuadrado medio del error y el error estándar, sus valores fueron pequeños resultados que inciden en una mejor estimación del modelo y por ende adecuados valores de significación de este y sus parámetros.

En esta misma tabla se observó que para el clon CT-3, el modelo de Gompertz fue el que mejor explicó el comportamiento del RMS con respecto a la edad de la planta. Sin embargo, para el clon CT-26 el modelo Logístico fue el de mejor ajuste. Según Casas et al. (2010) estos modelos son los más utilizados para describir el crecimiento de las plantas, criterio que coincide con los resultados de este estudio para ambos clones.

Las Figuras 1 y 2 muestran el ajuste de los modelos seleccionados a los datos experimentales de la variable RMS para los clones CT-3 y CT-26.

TABLA 1. Modelos ajustados entre la edad y el RMS de los cultivos CT-3 y CT-26

Clon	Criterios Modelos	Parámetros	R ² (%)	R ² ajust (%)	MAE	CME	EE	DW
CT-3	Gompertz	β_1 P<0,001 β_2 P=0,024 β_3 P<0,001	82,13	80,81	0,02	0,001	0,03	1,37
CT-26	Logístico	β_1 P<0,001 β_2 P=0,049 β_3 P<0,001	86,24	85,22	0,04	0,003	0,05	1,38

Fuente: Elaboración propia

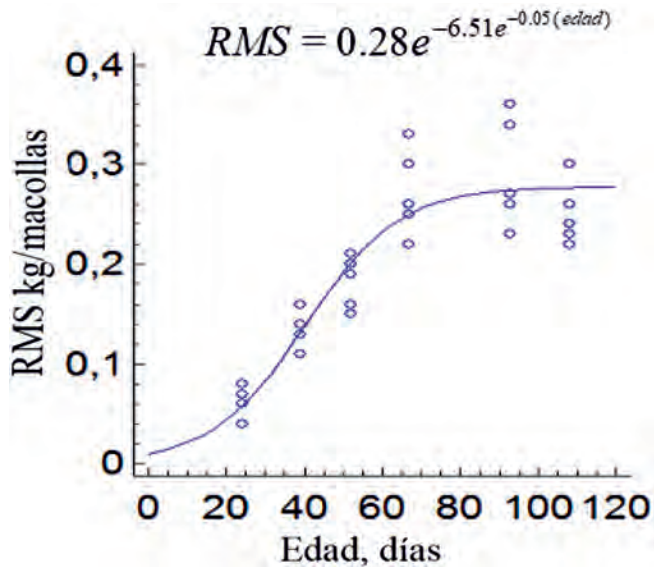


FIGURA 1. Comportamiento del RMS con respecto a la edad del clon

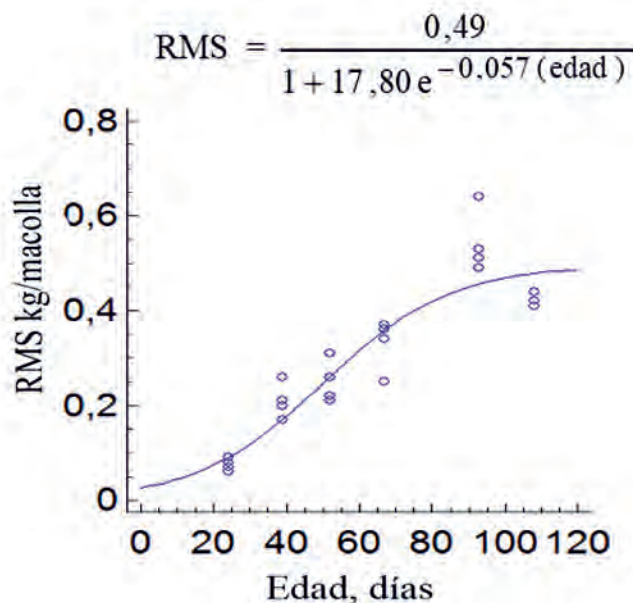


FIGURA 2. Comportamiento del RMS con CT-3. respecto a la edad del clon CT-26.

Al inicio del periodo los modelos estimaron bajos valores de RMS para los clones CT-3 y CT-26. Según Rodríguez

(2015) este comportamiento pudiera estar dado a que en esta etapa el crecimiento depende de las reservas acumuladas en la planta que se enmarcan en la primera fase donde existe poca área foliar (Villanueva, 2008). Es por ello que la luz que intercepta la planta es muy baja y como consecuencia lo es también la fotosíntesis (Richards & Briske, 1993).

A partir de los 20 días se observó un rápido crecimiento en el RMS en ambos clones con comportamiento aproximadamente lineal. Herrera et al. (2006) plantea que esto pudiera estar dado al balance positivo que se produce entre la fotosíntesis y la respiración. Estos resultados se correspondieron con la segunda fase del crecimiento de la planta, donde posee capacidad para capturar suficiente energía solar, reabastecerse de reservas y acelerar el crecimiento.

En el estudio se evidenció que para ambos clones el RMS presentó un comportamiento similar con respecto a la edad resultado que coincide con Vilchez et al. (2015) quienes refieren que existen tres etapas en el crecimiento de las plantas, una de poco crecimiento, otra donde este es mayor y la última en la que se hace más lento. En ese sentido, Murillo et al. (2015) relacionaron el rápido crecimiento de estos cultivos en la segunda fase con el desarrollo radicular de la planta, acotando que este proceso beneficia su desarrollo aéreo, pero que disminuye como resultado del incremento gradual en la senescencia y la reducción de la fotosíntesis neta por unidad de superficie (Beltrán et al., 2005).

Las Figuras 3 y 4 muestran los resultados obtenidos del punto de inflexión y del momento de máximo aprovechamiento de los clones CT-3 y el CT-26 a partir del incremento corriente diario(ICD) e incremento medio diario(IMD) para el período lluvioso según criterio de Kiviste et al. (2002). Se observó que para el CT-3 la máxima velocidad de crecimiento se alcanza a los 38 días con un rendimiento estimado de 0,11 kg/macolla, mientras que para CT-26, este momento se logra a los 51 días con un rendimiento estimado de 0,25 kg/macolla. García et al. (2009) informaron que para la Guinea Mombaza el RMS alcanza su máxima velocidad de crecimiento a los 56 días resultado similar al obtenido para el clon CT-26, bajo iguales condiciones edafoclimáticas. Autores como Rodríguez (2015) y Rodríguez et al. (2011) reportan que para la variedad king grass el punto de inflexión ocurre en edades superiores.

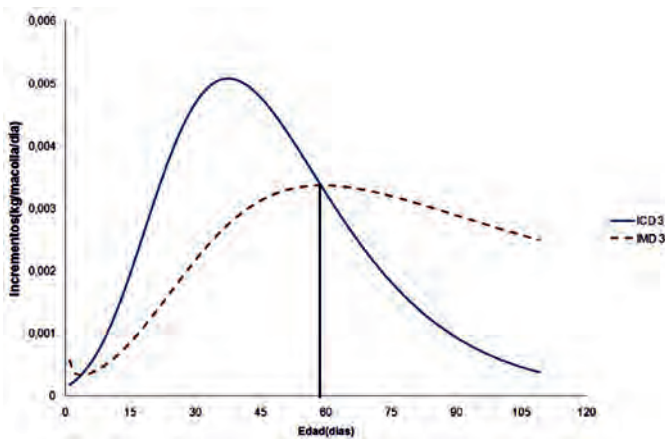


FIGURA 3. Comportamiento de las tasas ICD e IMD para el clon CT-3.

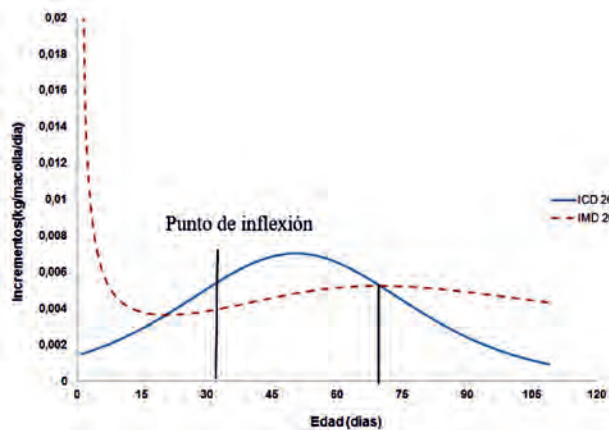


FIGURA 4. Comportamiento de las tasas ICD e IMD para el clon CT-26.

Para el rendimiento de materia seca de ambos clones se observó tasas de incremento antes (aceleración) y después (desaceleración) del punto de inflexión diferentes, lo que coincide con lo planteado por Barker *et al.* 2010 y Díaz (2007), que guarda una relación lógica con el proceso de acumulación de biomasa de gramíneas tropicales (Rodríguez, 2015).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de Ciencias de Cuba. (1989). *Atlas Nacional de Cuba*. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, Impreso por el Instituto Geográfico Nacional de España.
- Barker, D. J., Ferraro, F. P., La Guardia, N. R., Sulc, R. M., López, F., & Albrecht, K. (2010). Analysis of herbage mass and herbage accumulation rate using Gompertz equations. *Agronomy journal*, 102(3), 849-857, ISSN: 1435-0645. recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/273931479_Analysis_of_Herbage_Mass_and_Herbage_Accumulation_Rate_Using_Gompertz_Equations/link/556c976708aec2268305444a/download
- Beltrán, L. S., Hernández, G. A., García, M. E., Pérez, P. J., Kohashi, S. J., Herrera, H. J. G., Quero, C. A. R., & González, M. S. S. (2005). Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia*, 39(2), 137-147, ISSN: 2521-9766.
- Casas, G. A., Rodríguez, D., & Téllez, G. A. (2010). Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(3), 349-358, ISSN: 2256-2958.
- Chacón, H. P. A., & Vargas, R. C. F. (2009). Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agrociencia mesoamericana*, 20, 399-408, ISSN: 2215-3608.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Casanoves, F., González, L., Tablado, M., Guzmán, W., & Robledo, C. (2012). *Software estadístico infostat. Estadística y Biometría*. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Las Brujas Córdoba, Argentina.
- Díaz, D. (2007). *Evaluación agronómica de nuevas variedades Pennisetum purpureum en condiciones de sequía el Valle del Cauto* [Tesis en opción al título de Máster en Pastos y Forrajes]. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Matanzas, Cuba.
- Domínguez, V. J., Rodríguez, A. F. A., Núñez, D. R., Ramírez, V. R., Ortega, G. J. Á., & Ruiz González, A. (2013). Adjustment of nonlinear models and estimation of growth parameters in tropicane cattle. *Agrociencia*, 47(1), 25-34. ISSN: 1405-3195.

Los clones CT-3 y CT-26 alcanzaron los valores mayores del incremento medio diario (IMD) a los 56 y 69 días respectivamente, momento que según Kiviste *et al.* (2002) es cuando existe un mejor aprovechamiento de la planta. En sus investigaciones Fernández *et al.* (2009) recomiendan que la variedad king grass se debe cortar a no más de 75 días. Otros autores como Chacón & Vargas (2009) con la misma variedad sugieren realizar el corte en el intervalo de 60 a 75 días. En ambos casos se informan edades de corte cercanas a las obtenidas para los clones CT-3 y CT-26. Un aspecto a destacar es que estos autores llegan a sus conclusiones cuando realizan investigaciones experimentales con la variedad king grass y no mediante la modelación matemática del RMS.

En ese sentido Rodríguez *et al.* (2011) proponen para la variedad CT-169 que se realice el corte a los 70 días. Rodríguez (2015) y Rodríguez *et al.* (2013) recomiendan que la variedad king grass se debe cortar entre los 88 y 90 días para la época lluviosa. Fortes (2012) recomienda utilizar el CT-115 como banco de biomasa a no más de 112 días después del rebrote.

Los resultados de Valenciaga *et al.* (2009) refieren que a partir de este momento para esta variedad ocurre un drástico incremento en la composición monomérica de la lignina y en su contenido, lo que reduce la digestibilidad de este pasto. Díaz (2007) plantea que cuando se utiliza el argumento de aprovechar la acumulación de biomasa, mientras se mantengan niveles favorables de crecimiento en estas plantas de ciclo vegetativo largo, puede alargarse el intervalo en lluvia.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el modelo que mejor describe el comportamiento del rendimiento de materia seca con respecto a la edad de la planta para el clon CT-3 fue el Gompertz, mientras que para el CT-26 fue el Logístico con coeficientes de determinación de 82 y 86% respectivamente. El momento óptimo de aprovechamiento de estos clones se alcanzó a los 56 días para el CT-3 y a los 69 días para el CT-26. La utilización de estos modelos brindó información importante para la toma de decisiones por parte de investigadores y productores.

- Fernández, D., Valdés, L., Fonseca, E., & Pérez, Y. (2009). Frecuencia de cortes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y King grass (*Pennisetum purpureum*). *Ciencia y tecnología ganadera*, 3, 21. ISSN: 1998-3050.
- Fortes, D. (2012). *Comportamiento morfológico de Cenchrus purpureum* vs. *Cuba CT-115* utilizado como banco de biomasa [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- Fortes, D., Herrera, R. S., García, M., & Cruz, A. M. (2018). *Evaluación de nuevos clones de Cenchrus purpureus para pastoreo*. Congreso de Producción Animal Tropical, 2018, La Habana, Cuba.
- García, C. C. R., Martínez, R., Tuero, R., Cruz, A. M., Romero, A., Estanquero, L., Noda, A., & Torres, V. (2009). Evaluación de *Panicum maximum* vs. Mombaza y modelación de indicadores agronómicos durante tres años en un suelo ferralítico rojo típico de la provincia La Habana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(3), 297-306. ISSN: 0034-7485.
- Guerra, C. W., Cabrera, A., & Fernández, L. (2003). Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(1), 3-10. ISSN: 0034-7485.
- Hernández, J. A., Pérez, J., Bosch, I., & Castro, S. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: Énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1, ISSN: 0258-5936).
- Herrera, G. R. S., Febles, P. G., & Rodríguez, G. I. D. (2006). *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopascícolas en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, con la colaboración de la Universidad de Santa Catarina, Brasil, 361pp.
- Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W., Hunt, L., Wilkens, P., Hoffstede, U., Gijsman, A. J., & Ritchie, J. (2003). The DSSAT cropping system model. *European journal of agronomy*, 18(3-4), 235-265, ISSN: 1161-0301.
- Kiviste, A., Álvarez, G. A., Rojo, A. A., & Ruiz, G. A. D. (2002). *Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal*. INIA, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid, España, ISBN: 84-7498-484-X.
- Machado, R., Lamela, L., & Gerardo, J. (1979). Hierba elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach). *Pastos y forrajes*, 2(2, ISSN: 0864-0394), 157.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V., & Herrera, S. R. (2010). Models of biomass accumulation and quality in varieties of elephant grass, Cuba CT-169, OM-22, and king grass during the rainy season in the western part of Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(2), 187, ISSN: 2079-3480.
- Murillo, R. L., Chacón, E., De la Ribera, J. R., Álvarez, P. G., Álvarez, P., Plúa, K., & Murillo, A. Á. (2015). Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(8), 1-10, ISSN:1695-7504.
- Richards, J., & Briske, D. (1993). *Physiology of plants recovering from defoliation*. 95.
- Rodríguez, L. (2015). *Modelación y simulación de la producción de biomasa de Cenchrus Purpureus Schum vs. King grass y su aplicación en la alimentación animal* [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias]. Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.
- Rodríguez, L., Larduet, R., Martínez, R. O., Torres, V., Herrera, M., Medina, Y., & Noda, A. C. (2013). Modelación de la dinámica de acumulación de biomasa en *Pennisetum purpureum* vs. King grass en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(2), 119-124, ISSN: 2079-3472.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R. O., Jay, O., Noda, A. C., & Herrera, M. (2011). Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* vs. Cuba CT-169. *Revista cubana de ciencia agrícola*, 45(4), 349-354.
- Thornley, J. H. M., & France, J. (2007). *Mathematical models in agriculture: Quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. Cabi, 2nd ed. Cromwell Press, Trowbridge, ISBN: 0-85199-010-X.
- Torres, V., Barbosa, I., Meyer, R., Noda, A. C., & Sarduy, L. (2012). Criterios de bondad de ajuste en la selección de modelos no lineales en la descripción de comportamientos biológicos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(4), 345-350, ISSN: 2079-3472.
- Valenciaga, D., Chongo, B., Herrera, R., Torres, V., Oramas, A., Cairo, J., & Herrera, M. (2009). Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* vs. Cuba CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(1), 73-79, ISSN: 2079-3472.
- Vílchez, J., Martínez, L., & Albany, N. (2015). Comparación del crecimiento en vivero entre plántulas y vitropiantas de guayabo cultivar enana roja cubana Eea-1840. *Interciencia*, 40(4), 270-274, ISSN: 0378-1844.
- Villanueva, A. J. (2008). *Effect of defoliation patterns and developmental morphology on forage productivity and carbohydrate reserves in WW-B. Dahl Grass [Bothriochloa bladhii (Retz) ST Blake]* [Tesis en opción al grado de Doctor en Agronomía]. Texas Tech University, USA.

Alejandro Mejías-Caba, Inv., Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47.5, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: amejias@ica.co.cu
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0868>

Magaly Herrera-Villafranca, Inv., Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47.5, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: mvillafranca@ica.co.cu; <https://orcid.org/0000-0002-2641-1815>

Lucía Fernández-Chuairey, Prof. Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH) Fructuoso Rodríguez Pérez, Carretera Tapaste y Autopista Nacional, km 23 1/2. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: lucia@unah.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2439-1176>

Yolaine Medina-Mesa, Inv., Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47.5, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yoly@ica.co.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0869-2665>

Dayleni Fortes-González, Inv., Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47.5, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: dfortes@ica.co.cu
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9161-3838>

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: A. Mejías. Curación de datos: A. Mejías, Y. Medina. Análisis formal: A. Mejías, M. Herrera, L. Fernández, Y. Medina. Investigación: A. Mejías, D. Forte, M. Herrera, L. Fernández. Metodología: A. Mejías, M. Herrera, L. Fernández. Supervisión: A. Mejías, M. Herrera, L. Fernández. Papeles/Redacción, proyecto original: A. Mejías, M. Herrera, Y. Medina. Redacción, revisión y edición: Herrera, L. Fernández, Y. Medina y D. Forte

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.