

AJUSTE DE UN MODELO LOGÍSTICO PARA DESCRIBIR EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO *Brachiaria brizantha* CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA E INTERVALO ENTRE CORTES*

Adjustment of a logistics model to describe the productive behavior of the bread grass *Brachiaria brizantha* with nitrogen fertilization and interval between cuttings

Nora Valbuena¹ y Danny Villegas¹

RESUMEN

Se realizó una investigación en la finca Ave María ubicada en el municipio San Genaro de Boconoito, Portuguesa, caracterizada por zona de vida bosque seco tropical, con el objeto de ajustar un modelo logístico para describir el comportamiento productivo de pastos con fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes. Se estableció pasto *B. brizantha* cv. Toledo, con diferentes niveles de fertilización (0; 30; 60 y 120 kg Nitrógeno puro/ha) e intervalos entre cortes (21; 28; 35 y 42 días) durante las épocas de lluvia y sequía. Las muestras de pasto se cortaron a 15 cm sobre el suelo y se secaron en estufa a 100 °C hasta peso constante, para determinar rendimiento en materia seca (MS). Los datos se estimaron mediante el modelo logístico cuya variable respuesta rendimiento acumulado es descrita mediante el indicador kg MS/ ha. La variable regresora del modelo fue el intervalo entre cortes. Se obtuvo la primera y segunda derivada para determinar el mínimo rendimiento y la edad del punto de inflexión en ambas épocas, con el fin de identificar parámetros productivos de interés económico. Los datos experimentales se ajustaron al modelo antes señalado, caracterizado por formar una curva sigmoidea típica del crecimiento de las plantas mediante algoritmos en el entorno del software libre R. Los parámetros del modelo resultaron significativos, y los coeficientes de ajuste R^2 mayores a 95 %, lo que sugiere que el rendimiento de esta especie forrajera se ajustó al modelo logístico, mostrando una alta precisión en ambas épocas. El rendimiento acumulado fue mayor en la época lluviosa con la aplicación 120 kgN/ha y 42 días entre cortes. El modelo permitió ajustar la edad para obtener los rendimientos en ambas épocas. El punto de inflexión fue mayor a 21 días en época de lluvia y 28 días en sequia, con 60 kgN/ha. El modelo permitió describir la dinámica de crecimiento de esta especie.

Palabras clave: fertilización, intervalo entre cortes, rendimiento, modelo logístico, lluvias, sequia.

ABSTRACT

An investigation was carried out at the Ave María farm located in the municipality of San Genaro de Boconoito, Portuguesa, characterized by a tropical dry forest life zone, with the purpose of adjusting a logistic model to describe the productive behavior of pastures with nitrogen fertilization and interval between cuts. *B. brizantha* cv. Toledo pasture was established with different fertilization levels (0; 30; 60 and 120 kg nitrogen/ha) and intervals between cuttings (21; 28; 35 and 42 days) during the rainy and dry seasons. The grass samples were cut at 15 cm above the ground and dried in an oven at 100 °C until constant weight, to determine dry matter (DM) yield. The data were estimated using a logistic model whose response variable cumulative yield is described by the kg DM/ha indicator. The regression variable of the model was the interval between cuts. The first and second derivatives were obtained to determine the minimum yield and the age of the turning point in both seasons, in order to identify productive parameters of economic interest. The experimental data were fitted to the model mentioned above,

(*)Recibido: 10-10-2022

Aceptado:15-08-2023

¹Programa de Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Nacional Experimental Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. E-MAIL: njvalbuena@hotmail.com

characterized by forming a typical sigmoid curve of plant growth by means of algorithms in the free software R environment. The model parameters were significant, and the R² fit coefficients were greater than 95 %, suggesting that the yield of this forage species was adjusted to the logistic model, showing high precision in both seasons. The cumulative yield was higher in the rainy season with the application of 120 kgN/ha and 42 days between cuts. The model allowed adjusting for age to obtain yields in both seasons. The turning point was greater than 21 days in the rainy season and 28 days in the dry season with 60 kgN/ha. The model allowed describing the growth dynamics of this species.

Key words: fertilization, interval between cuts, yield, logistic model, rain, drought

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en América Latina constituye una de las principales actividades productivas de la región. Su importancia económica radica en la utilización de gran parte de extensión de tierras en los agroecosistemas, lo que contribuye al suministro total de alimentos y es la primera fuente de empleo e ingresos, especialmente en pequeñas y medianas fincas orientadas al doble propósito (Rodríguez *et al.* 2011). De ahí la importancia de introducir nuevas especies forrajeras, que se adapten a diferentes condiciones edafoclimáticas, para desarrollar sistemas productivos y sostenibles en los países tropicales.

Las investigaciones de la dinámica de los ecosistemas de pastos ha sido una temática aún poco investigada en las regiones tropicales (Benítez *et al.* 2007), por lo que el estudio de la curva, tasa absoluta y relativa del crecimiento de las gramíneas, permite determinar la frecuencia con la cual se podrían aprovechar. Experimentos de este tipo en especies como el Toledo, bien adaptada a las condiciones de altas temperaturas con sequía prolongadas como las dominantes en los Llanos Occidentales, sería de gran utilidad.

Por otra parte, la obtención de expresiones matemáticas a través de modelos logísticos puede ser de mucha ayuda para explicar y predecir el comportamiento de los pastos y forrajes ante determinados factores como la edad, estudios que son limitados en el área geográfica. El conocimiento de las curvas de crecimiento de diferentes variedades que son de interés para la ganadería, constituye una herramienta importante para la investigación y para la toma de decisiones

en las empresas pecuarias. El uso adecuado de ellas puede generar e implementar programas que ayuden a identificar parámetros de interés económico y productivo (Agudelo *et al.* 2007 y Santana *et al.* 2010), que permitan aumentar la eficiencia y productividad.

El modelo logístico se encuentra entre las funciones matemáticas que más se han usado con este objetivo. La obtención de modelos no lineales pueden ser de mucha ayuda para explicar y predecir el comportamiento de los pastos y forrajes ante de los determinados factores como la edad, estudios que son limitados en el área geográfica (Verdecia *et al.* 2012).

El objetivo central fue ajustar un modelo logístico para describir el comportamiento productivo del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo con fertilización nitrogenada e intervalo entre cortes

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó un lote de terreno de 900 m² (30 x 30 m). Se realizó la preparación del suelo con cuatro pases de rastra (28 discos). Se utilizó semilla certificada y nucleada comercial de *B. brizantha* cv. Toledo, con pureza de 95 % y viabilidad de 85 %. La densidad de siembra fue 100.000 plantas/ha (Mancilla 2002), dispuestas a 0,50 m entre hileras y a chorro corrido, luego se realizó un entresaque para obtener 10 plantas/m². Previamente se realizó un análisis de calidad a la semilla en cuanto a pureza, germinación estándar, valor cultural y número de semilla pura viva germinable/ha, a través de la metodología de la AOSA (1999), para garantizar la densidad de siembra en cada lote, por lo tanto, se calculó en peso la semilla a sembrar por hilera.

Se realizó una fertilización básica con fórmula competa (15-15-15) de acuerdo con los análisis del suelo y las recomendaciones de Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT), se aplicaron e incorporaron en el último pase de rastra 150 kg/ha de fórmula completa. La parcela fue cercada y se realizó el control de malezas con herbicidas para el control de hoja ancha durante la fase experimental.

Antes de la delimitación de las parcelas se aplicó un corte de uniformidad de la pastura con una rotativa a 20 cm sobre el nivel del suelo. El lote de pasto se dividió en cuatro sub-lotes de 192 m² (48 m x 4 m) y estos en cuatro parcelas principales (48 m² área total y efectiva de 36 m² para cada parcela) que correspondió a los niveles de fertilización nitrogenada, hubo una separación de un metro por los extremos, para evitar efecto de bordura. Cada parcela principal se dividió en cuatro subparcelas de 3 m x 3 m (9 m² área efectiva) que representó la unidad experimental y se ubicó el intervalo entre cortes, con seis hileras de plantas. Los niveles de fertilización e intervalo entre cortes fueron distribuidos al azar. Los tratamientos fueron: la combinación entre la fertilización nitrogenada (0; 30; 60 y 120 kg N/ha) y el intervalo entre cortes (21; 28; 35 y 42 días).

La fertilización nitrogenada se aplicó en tres porciones iguales, de acuerdo con la distribución de la lluvia (inicio, transición y finales), en abril, octubre y diciembre en ambos experimentos.

Para evaluar el rendimiento, se tomó una muestra de pasto, a través del método destructivo en el centro de cada repetición, en dos hileras/muestra, se utilizó la técnica de la cuadrícula descrita por Tejos (1997), para lo cual se usó un marco metálico de 1 m x 1 m, se colocó una marca fija dentro de la subparcela para garantizar el corte (un cuadro/repetición) en el mismo sitio, El corte se realizó a 15 cm del suelo para evitar elementos subjetivos (Frame, 1981) y permitir la recuperación del pasto a los cortes subsiguientes. Se tomaron muestras de forraje representativas de 600 g (Chamblee, 1962; t`Mannetje, 1978) por repetición y fue secada en

estufa a 100 ° C hasta peso constante (Chacón 1976).

La variable respuesta $W(t)$ a considerar para la construcción del modelo (logístico) es la Biomasa Aérea Total. El indicador que describe a esta variable es kg de materia seca/ha. La variable regresora del modelo t es días de corte y β , $i=1, 2, 3$ los parámetros del modelo i

Ecuación diferencial logística:

Se consideró que la tasa de crecimiento intrínseca K , depende de dos parámetros: $b1$ y $d1$. El primero determina la tasa de natalidad y el otro la tasa de mortalidad, esto es:

$$\frac{dN(t)}{dt} = (b_1 - d_1)N(t)$$

donde a su vez, $b1$ y $d1$ dependen linealmente del tamaño de la población al tiempo t , donde la tasa de natalidad decrece y la mortalidad aumenta conforme el tamaño de la población:

$$\begin{aligned} b_1 &= b - aN(t) \\ d_1 &= d - cN(t) \end{aligned}$$

Aquí se tiene que a , b , c , d , $b1$ y $d1$ son números positivos y para los efectos anteriores se necesita que la población sea pequeña y se genere un mínimo del crecimiento de la población, los nacimientos y las muertes van a estar como densodependientes.

Incorporando la diferencia de $b1$ y $d1$ se puede escribir el modelo como:

$$\frac{dN(t)}{dt} = [(b - aN(t)) - (d + cN(t))]N(t)$$

Con una reagrupación de términos se tiene que:

$$\frac{dN(t)}{dt} = (b - d)N(t) \left[\frac{(b - d)}{(b - d)} - \frac{(a + c)}{(b - d)} \right] N(t)$$

Ahora se considera a $K = b - d$ y $A = \frac{(b-d)}{(a+c)}$ para obtener:

$$\frac{dN(t)}{dt} = KN(t) \left[1 - \frac{N(t)}{A} \right]$$

$$N'(t) = KN(t)$$

A: es una constante positiva que se refiere al crecimiento máximo de la población.

En esta constante aparecen resumidas un buen número de circunstancias que influyen de manera decisiva en el desarrollo de la población, a saber: factores climáticos, disponibilidad de nutrientes, recursos del medio y otros. La tasa de crecimiento K deja de ser constante para pasar a autorregularse según el tamaño de la población en cada instante.

$$N(t) = \frac{A}{1 + Be^{-Kt}}$$

B: es cualquier número real positivo que depende de la condición inicial $N(0)$.

A: es el valor del crecimiento máximo de la población.

K: es la tasa intrínseca de crecimiento.

Puntos de equilibrio:

$$N'(t) = KN(t) \left[1 - \frac{N(t)}{A} \right] = 0$$

Los dos únicos puntos de equilibrio de la ecuación logística son $N(t) = 0$ y $N(t) = A$.

Estudio del crecimiento de las soluciones:

Los dos puntos de equilibrio dividen el plano en tres regiones:

R1 (valores de $N(t)$ por encima de A , en cuyo caso se dice que la situación es de sobrepoblación).

R2 (para tamaños poblacionales $N(t)$ entre 0 y A , que es el caso biológico estándar).

R3 (para tamaños poblacionales $N(t) < 0$), donde la ecuación carece de sentido biológico.

En el interior de R2 la derivada no puede cambiar de signo, dado que $0 < N(t) < A$, entonces se tiene que:

$$\left[1 - \frac{N(t)}{A} \right] > 0 \text{ y } KN(t) \left[1 - \frac{N(t)}{A} \right] > 0$$

De ahí que $N(t)$ ha de ser creciente en R2.

Estudio de la concavidad de las soluciones:

$$N''(t) = \left[KN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{A} \right) \right]'$$

$$= KN'(t) \left(1 - \frac{N(t)}{A} \right) + KN(t) \left(-\frac{N'(t)}{A} \right)$$

$$= KN'(t) \left(1 - \frac{2N(t)}{A} \right)$$

$$= K^2 N(t) \left(1 - \frac{N(t)}{A} \right) \left(1 - \frac{2N(t)}{A} \right) = 0$$

Que únicamente se anula cuando $N(t) = 0$, $N(t) = A$, o bien $N(t) = A/2$. Las dos primeras opciones no conducen a candidatos a puntos de inflexión, pues no son más que los puntos de equilibrio del modelo. Por tanto, de existir algún punto de inflexión, éste habría de ser $N(t) = A/2$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra el resultado del modelo logístico y los tres criterios de comparación considerados para su selección, donde los kg MS/ha.año (k) aumentaron al incrementar la edad y niveles de fertilización nitrogenada en ambas épocas. El modelo se caracteriza por formar una curva sigmoidea que se ajusta al crecimiento típico de las plantas (Thornley y France 2007). Estudios realizados por García. *et al.* (2009) y Rodríguez *et al.* (2007) confirmaron que los modelos de crecimiento logístico presentaron buen ajuste con respecto a los datos experimentales de rendimiento y altura de especies y variedades de pastos como *Panicum maximum* cv. Mombaza y *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT 115. La variabilidad explicada por los modelos fue alta y similar, con coeficientes de determinación superiores a 95,0 % en ambas épocas. Esto indica la precisión del modelo propuesto para explicar el proceso biológico. Los datos fueron más variables en el período lluvioso con respecto al seco para la acumulación de materia seca. Este comportamiento puede obedecer a que en el período lluvioso existe mayor velocidad de crecimiento, expresada en las variables rendimiento de materia seca.

Tabla 1. Parámetros y bondad de ajuste de un modelo logístico para estimar el rendimiento de *B. brizantha* cv. Toledo en función de intervalo entre cortes y fertilización nitrogenada en época de lluvia y sequía.

Época	IC, días	kg N·ha ⁻¹ ·año ⁻¹	β_1	β_2	β_{3t}	R ²
Lluvia	21	0	81070,0	7,8	0,03	0,98
		30	11080,0	10,4	0,02	0,99
		60	12300,0	12,8	0,02	0,97
		120	12580,0	9,21	0,02	0,97
	28	0	18690,0	4,3	0,02	0,95
		30	23750,0	7,3	0,01	0,98
		60	25250,0	5,7	0,01	0,98
		120	25870,0	4,9	0,02	0,96
	35	0	21450,0	5,2	0,02	0,95
		30	27950,0	6,0	0,02	0,97
		60	28190,0	5,5	0,02	0,97
		120	29570,0	4,9	0,02	0,96
	42	0	26580,0	6,8	0,02	0,99
		30	29730,0	6,5	0,02	0,98
		60	33640,0	5,2	0,02	0,98
		120	38420,0	5,9	0,02	0,98
Sequía	21	0	1658,0	35,3	0,06	0,99
		30	1856,0	12,25	0,06	0,91
		60	2430,0	27,00	0,06	0,99
		120	2759,0	24,8	0,06	0,99
	28	0	8875,0	14,2	0,04	0,99
		30	2760,0	10,0	0,02	0,99
		60	10990,0	11,4	0,04	0,99
		120	11890,0	10,9	0,03	0,99
	35	0	9504,0	15,0	0,04	0,99
		30	10590,0	25,4	0,05	0,99
		60	12700,0	12,8	0,04	0,99
		120	13770,0	19,7	0,04	0,99
	42	0	12210,0	7,9	0,03	0,97
		30	16920,0	11,3	0,02	0,99
		60	17030,0	7,4	0,03	0,99
		120	20670,0	6,7	0,03	0,99

β_1 : kg MS en el día de corte; β_2 : constante de integración; β_{3t} : pendiente de la curva (tasa de acumulación de materia seca); R²: coeficiente de determinación.

En ambas épocas del año, los parámetros fueron significativos y los coeficientes de determinación mayores a 95 %, lo que sugiere que el modelo logístico muestra una alta precisión para explicar los kgMS/ha de *B. brizantha* cv. Toledo acumulados en función de la edad de corte y de los niveles de fertilización nitrogenada en ambas épocas, lo cual se evidencia en las Figuras 1 y 2, donde se observa la presencia de un posible punto de inflexión, el cual en la época de lluvia se ubica alrededor del día 100 y en la época de sequía alrededor del día 40. También, se observa

mayor variabilidad en el período lluvioso con respecto al seco, para la acumulación de materia seca, este comportamiento puede obedecer a que en el período lluvioso existe mayor velocidad de crecimiento. Esto coincide con Verdecia *et al.* (2012) quienes indicaron que los procesos que ocurren en la planta son afectados cuando se producen cambios bruscos en las condiciones climáticas y aumento de la edad de rebrote, debido a la estrecha relación de estos factores y la edad con el metabolismo de la planta.

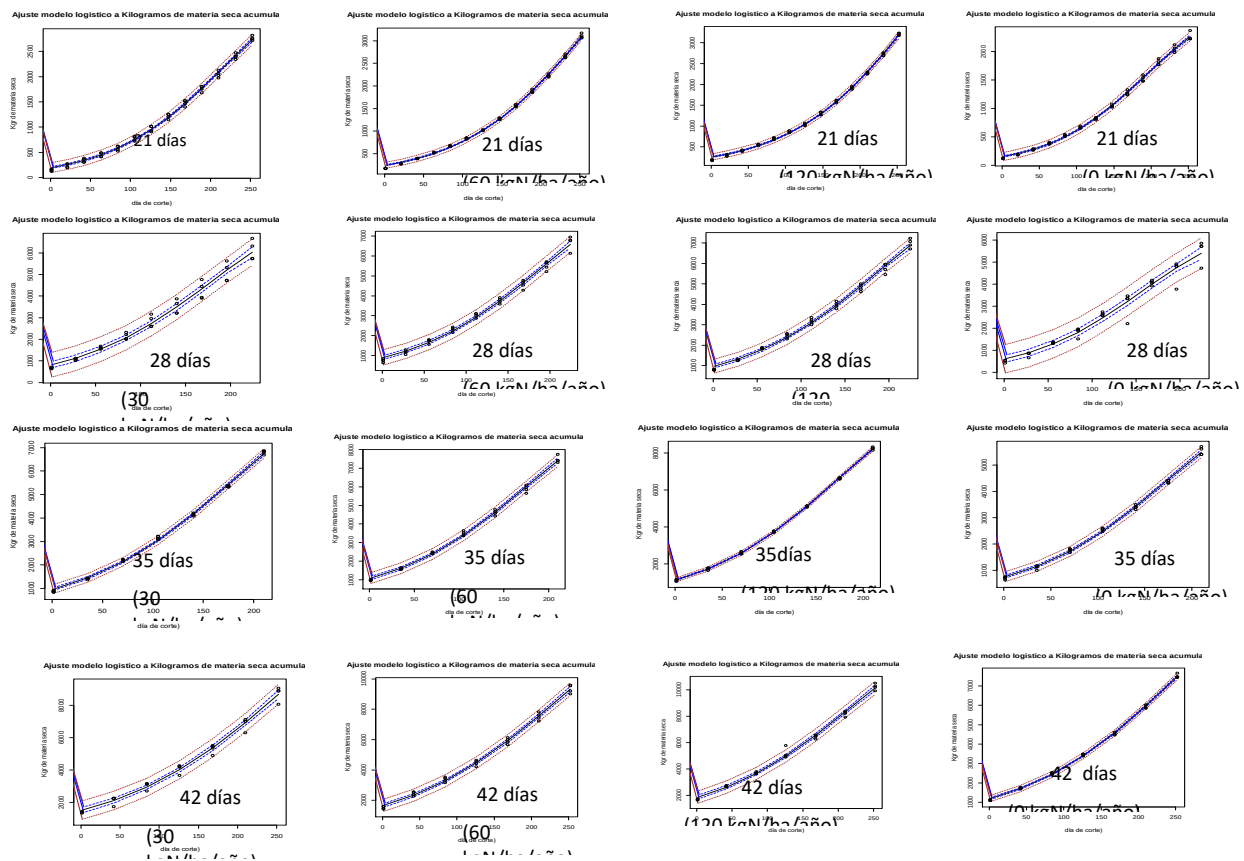


Figura 1. Curvas de rendimiento (kgMS/ha) de *B. brizantha* cv. Toledo en la finca Ave María en época de lluvias a través del modelo logístico.

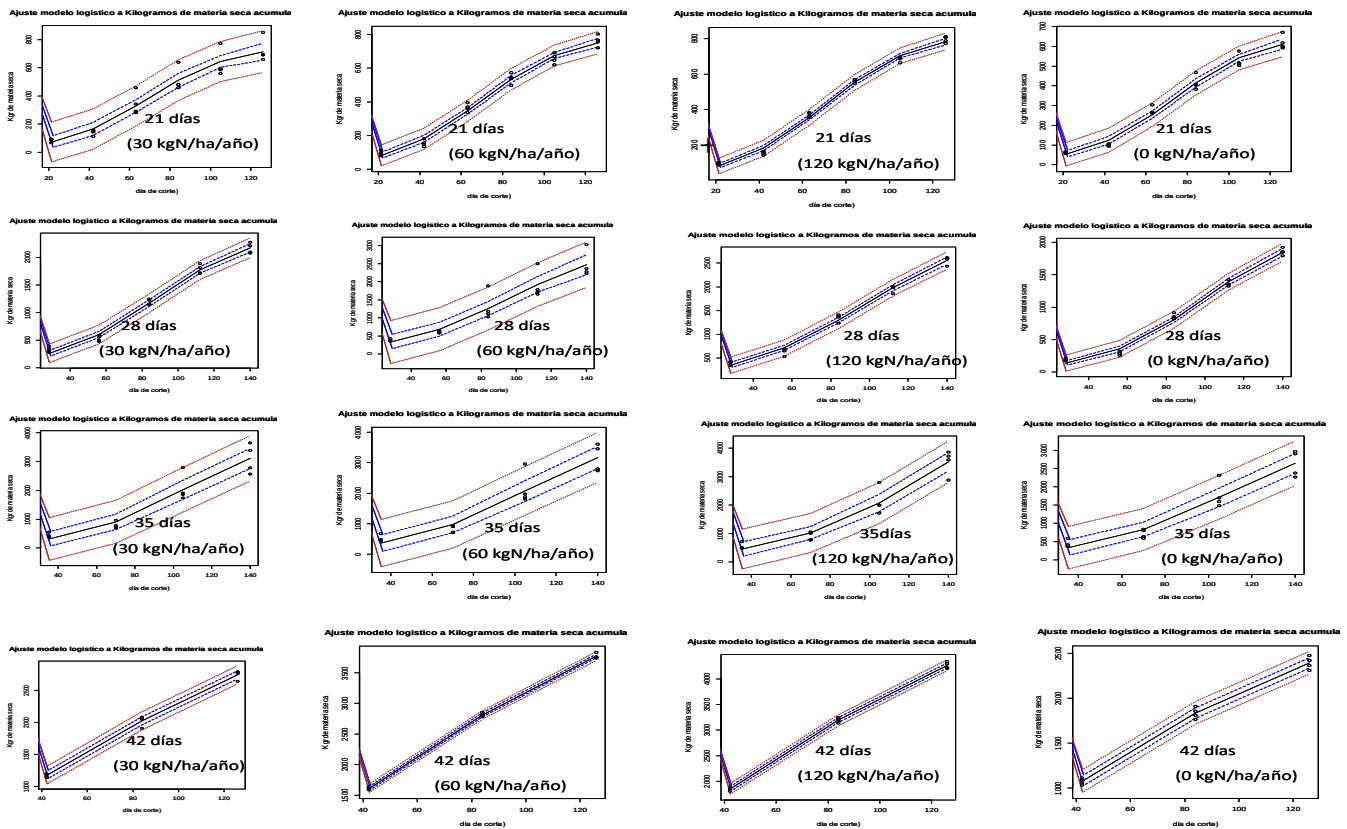


Figura 2. Curvas de rendimiento (kgMS/ha) de *B. brizantha* cv. Toledo en la finca Ave María en época seca a través del modelo logístico

El análisis de varianza mostró diferencias ($P < 0,01$) en el rendimiento de materia seca del pasto *B. brizantha* cv. Toledo en ambas épocas. El rendimiento de materia seca fue influenciado por la dosis de nitrógeno con 120 kg N/ha.año, presentó el mayor rendimiento acumulado (Tabla 2). En época de lluvia el promedio del rendimiento representó un 70,61 % mayor (22.130 kg MS/ha.año) en comparación con la sequía (8.775 kg MS/ha.año). Las mayores diferencias obtenidas en rendimiento de materia seca total debido a la adición de nitrógeno en lluvia y sequía, puede estar dado por la mayor capacidad del sistema asimilativo que mostró el pasto. Esto permitió efectuar, con mayor eficiencia, la conversión de nitrógeno en masa seca (Ramos *et al.* 1993). Estos resultados concuerdan con Martuscello *et al.* (2009) quienes señalaron que en *Brachiaria* cv. Xaraés se encontró que por cada kilogramo de nitrógeno aplicado se alcanzó un aumento de 5,6 kg MS/ha en época de lluvia.

El rendimiento de materia seca se incrementó a medida que avanzaron los intervalos entre cortes en ambas épocas ($P < 0,01$). El mayor rendimiento se presentó con 42 días entre corte en las épocas de lluvia y sequía (30.345 y 12.731 kg MS/ha.año, respectivamente). Los valores más altos se registraron a 42 días, que sobrepasaron las treinta toneladas en el año (Tabla 3). El rendimiento de materia seca en el período lluvioso fue 2,5 veces superior con relación a la sequía a los 42 días. El incremento del rendimiento con el corte a los 42 días pudo deberse principalmente, al proceso fotosintético que suministra las sustancias necesarias para la producción de hojas, crecimiento y desarrollo de la planta (Herrera 1983), lo que provoca la acumulación de materia seca. La especie forrajera *B. brizantha* cv. Toledo presenta una marcada estacionalidad en el rendimiento en la época seca.

Tabla 2. Rendimiento de *B. brizantha* cv. Toledo en función de fertilización nitrogenada en la época lluviosa y seca.

Nitrógeno Kg/ha-año	Lluvia	Sequia	Total anual
	kgMS/ha-año		
0	18.010 d	6.694 d	24.979
30	21.904 c	7.840 c	29.744
60	23.195 b	9.565 b	32.760
120	25.411 a	10.724 a	36.135
Promedio	22.130 A	8.775 A	30.905

Letras distintas en la misma columna indica promedios diferentes (Tukey, $P<0,05$).

Tabla 3. Rendimiento del pasto *B. brizantha* cv. Toledo en función de intervalo entre cortes en la época lluviosa y seca

IC, días	Lluvia	Sequia	Total anual
	kgMS/ha-año		
21	10.651 d	2.147 d	12.798
28	21.817 c	9.571 c	31.387
35	25.707 b	10.651 b	36.358
42	30.345 a	12.731 a	43.077
Promedio	22.130 A	8.775 A	30.905

Letras distintas en la misma columna indica promedios diferentes (Tukey, $P<0,05$).

IC: Intervalos entre cortes, día

La interacción intervalos entre cortes por fertilización nitrogenada, causó efecto ($P<0,01$) sobre el rendimiento de materia seca en la época de lluvia (Figuras 3 y 4). A medida que se incrementó el intervalo de corte y la fertilización nitrogenada, aumentó el rendimiento acumulado. El mayor rendimiento correspondió a los 42 días entre cortes y 120 kg N/ha.año en comparación con el testigo (35.884 y 25.844 kg MS/ha.año), lo que significa un aumento de 28,0 % en relación al tratamiento sin fertilización. Por lo tanto, a mayor intervalo entre corte y dosis de fertilización, permite mayor capacidad de sustentación y carga animal por hectárea. Estos resultados muestran que la especie forrajera responde a la fertilización nitrogenada. Estos datos coinciden con Rodríguez *et al.* (2011) quienes encontraron que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo sobre la producción de materia seca total de *B. brizantha*.

La interacción de la fertilización nitrogenada por intervalos entre cortes en la finca Ave María afectó ($P<0,01$) el rendimiento de *B. brizantha* durante la época seca (Figura 4). Hubo una influencia de la fertilización nitrogenada e intervalos entre cortes. La mayor producción se presentó con la dosis 120 kg N/ ha.año y 42 días de corte (17.080 kg MS/ha.año). Se observa que el rendimiento se incrementó a 35 y 42 días entre cortes con 60 kg N/ha.año (11.690 y 13.770 kg MS/ha.año, respectivamente) y 120 kg N/ha.año (12.070 y 17.080 kg MS·ha·año, respectivamente). Significa que la producción de materia seca de la especie forrajera *B. brizantha* está influenciada por las dosis de fertilización, intervalos entre cortes y época del año. Estos datos concuerdan con Guevara *et al.* (2003), quienes reportaron que el rendimiento incrementó a medida que se aumenta la dosis de nitrógeno.

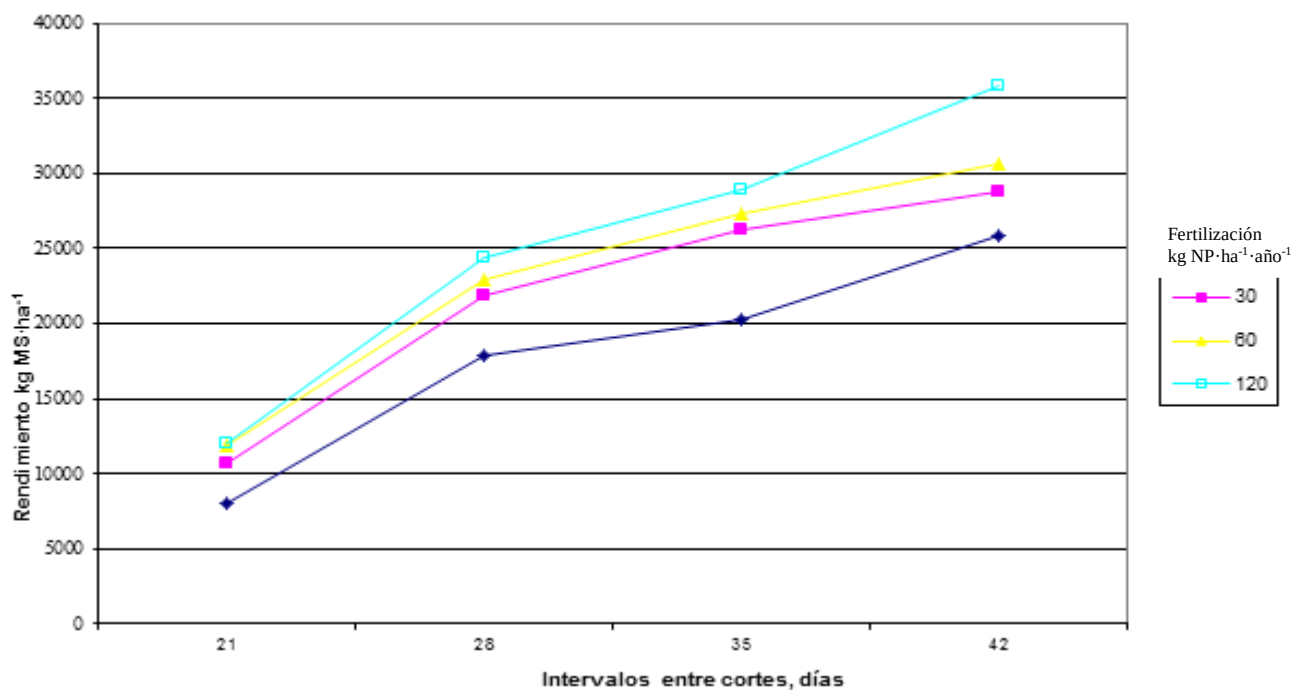


Figura 3. Rendimiento del pasto *B. brizantha* cv. Toledo en función de intervalo entre cortes y fertilización nitrogenada en la época lluviosa en la finca Ave María.

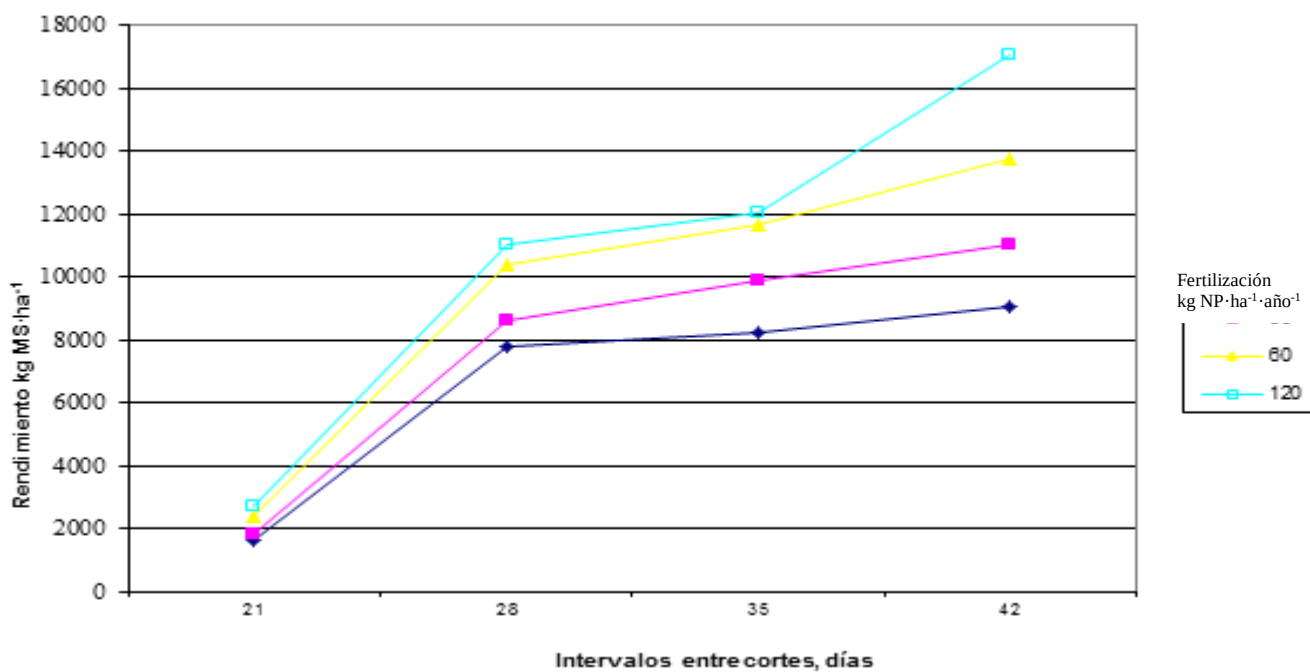


Figura 4. Rendimiento del pasto *B. brizantha* cv. Toledo en función de intervalo entre cortes y fertilización nitrogenada en la época seca en la finca Ave María.

CONCLUSIONES

1. El modelo logístico permitió ajustar el rendimiento acumulado de kg MS/ha y los parámetros coeficiente del rendimiento de materia seca (kgMS) en el día de corte, constante de integración y pendiente de la curva, fueron significativos, con valores R^2 mayores a 95%, por lo que se considera de alta precisión para predecir esta variable en la época de lluvia y sequía.
2. Los datos experimentales se ajustaron a un modelo caracterizado por formar una curva sigmoidea típica del crecimiento de las plantas. El rendimiento acumulado fue superior en la época lluviosa y está influenciado por el intervalo entre cortes y fertilización nitrogenada.
3. Los valores residuales presentaron variabilidad y se incrementaron con los niveles de fertilización e intervalo entre cortes. Los rendimientos experimentales reales y estimados fueron similares por lo que el modelo permitió ajustar la edad en ambas épocas.

REFERENCIAS

- Agudelo, D., Cerón, M. y Restrepo, L. 2007. Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Rev. Col. Cien. Péc. 20:157.
- Association of Official Seed Analysts. AOSA (1999). "Rules for testing seeds". Lincoln, NB, USA. Procc. Assoc. Ofic. Seed Anal. 126 p.
- Benítez, D., Fernández, J., Ray, J., Ramírez, A., Torres, V., Tandrón, I., Díaz, M. y Guevara, J. 2007. Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 41(3): 231-235.
- Chacón, E. 1976. The effect of sward characteristics upon grazing behaviour, intake and animal production from tropical pastures. Tesis PhD. Universidad de Queensland. 304 p.
- Chamblee, D. 1962. Small-plot experiments complementary factors. En: Pasture and Research Techniques. McLand, D (ed). University Press, Cornell. New Cork. pp. 165-169.
- Frame, J. 1981. Herbage mass. In: Sward Measurement Hand-book. Hodgson, J (ed). British Grassland Society, huley, England. pp 39-69.
- García, C., Martínez, R., Tuero, R., Cruz, A., Romero, A., Estanquero, L. y Noda, L. 2009. Caracterización de la dinámica de crecimiento y calidad del Panicum maximumvc. Mombaza en un suelo ferralítico de provincia de la Habana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 43 (3). 297-306
- Guevara, E., Rodríguez, T., Navarro, L. y Rodríguez, I. 2003. Dos niveles de nitrógeno, frecuencia de pastoreo y asociación de *Centrosema brasilianum* sobre la oferta forrajera de *Brachiaria brizantha*. Revista Científica Vol. XII-Suplemento. 569-571.
- Herrera, R. 1983. La calidad de los pastos En: Los pastos en Cuba. Utilización. EDICA. La Habana. 26 p.
- Mancilla, L. 2002. La agricultura forrajera sustentable. UNELLEZ-Guanare, Venezuela. pp.111-154.
- Martuscello, J., Jank, L., Neto, M., Laura, A. y Cunha, D. 2009. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. Rev. Brasileira de Zootecnia. Vol. 38. pp. 1183
- Ramos, N., Herrera, R y Curbelo, R. 1993. Efecto de la fertilización nitrogenada en especies y variedades del género *Cynodon* en un suelo ferralítico rojo típico II. Composición química y eficiencia de utilización del nitrógeno. Rev. Cubana Ciencias Agrícolas. 27: 239-245.

- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, O., Herrera, M., Noda, A. y Jay, O. 2007. Modelación matemática de la dinámica de producción del pasto *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en época de lluvia In II Congreso de Producción Animal Tropical. I Taller de Informática y Bioestadística Aplicada a las Ciencias Agropecuarias. Díaz, M., Herrera, R. y Ruíz, T (Eds). Cuba. 368 p.
- Rodríguez L, Torres Verena, Martínez O, Jay O, Noda A. y Herrera M. 2011. Models for estimate the dynmic growth of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. Cuban J. Agric. Sci. 45 (3): 349-350.
- Santana, A., Pérez, A. y Figueredo, M. 2010. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. Rev. Mex. Cienc. Pec. 1:277.
- Tejos, R. 1997. Inventario de vegetación. Guía práctica de Programa Producción Agrícola Animal. UNELLEZ – Guanare. 12 p.
- t`Mannetje, L. 1978. Measuring quality of grassld and vegetation and animal production. Bulletin Commonwealth Agriculrural Bureaux, Hurley, Bershire, England. 52 p.
- Thornley, J. y France, J. 2007. Mathematical Models in Agriculture. Quantitative Methods for the Plant, Animal and Ecological sciences. 2nd Ed. Cromwell Press, Trowbridge. 906 pp.
- Verdecia, D., Herera, R., Ramirez, J., Leonard, I., Bodas, R., Andrés, S., Giraldez, F., Alvarez, Y. y López, S. 2012. Valoración nutritiva del *Panicum maximum* vc. Mombasa en las condiciones climáticas del Valle del Cauto. Cuba CT-169. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 46(1): 97-101.