

ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y RESPUESTA A LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN DEL PASTO BERMUDA (*Cynodon dactylon* L.)¹

[BIOMASS ACCUMULATION AND RESPONSE AT HARVEST FREQUENCIES OF BERMUDAGRASS (*Cynodon dactylon* L.)]

Rigoberto Castro Rivera^{1§}, Gisela Aguilar Benítez², María Myrna Solís Oba¹

¹Profesor-investigador, Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala. Ex-Hacienda San Juan Molino, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km. 1.5, Tlaxcala, México. ²Profesor-investigador, Instituto de Investigación en Zonas Desérticas (IIZD). Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Altair #200. Col. Del Llano, San Luís Potosí, México. [§]Autor para correspondencia: (rcastror@ipn.mx).

RESUMEN

Existe escasa información de la dinámica de acumulación de biomasa aérea del pasto Bermuda (*Cynodon dactylon* L.) en diferentes condiciones ambientales, por lo que se efectuó un experimento para determinar el momento óptimo de cosecha en la época lluviosa, y la respuesta a la frecuencia de corte a diferentes edades de rebrote en suelos arenosos. Se evaluó el rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, relación hoja:tallo, altura de forraje, composición botánica y morfológica. Se utilizaron 32 parcelas para las dinámicas de crecimiento (DC) y 36 parcelas para las frecuencias de corte (FC) de (1.5 x 1.5 m) distribuidas en un diseño en bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones para DC y tres tratamientos en cuatro bloques y tres repeticiones para FC. Los resultados muestran que el mayor rendimiento fue a la semana seis (8011 kg MS ha⁻¹), mientras la TC mayor fue a los 35 días (200 kg MS ha⁻¹/d) y la mayor altura a los 56 días (50 cm) de rebrote, la frecuencia de siete semanas fue superior ($p < 0.05$), pero en la producción acumulada fue superada ($p < 0.05$) por la semana cinco en un 40%. En conclusión, la acumulación de forraje como la TC, aumentaron rápidamente después de la defoliación, hasta alcanzar un nivel máximo a la sexta semana en la época de lluvias, mientras que en la FC se recomienda la defoliación a las cinco y seis semanas de rebrote para condiciones de temporal.

Palabras clave: Dinámica de crecimiento, frecuencia de corte, pasto bermuda, rebrote, suelo arenoso.

ABSTRACT

Given the limited information about the accumulative yield of biomass of bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) in different environmental conditions, so an experiment was carried out to determine the optimum harvest time in the rainy season, and the cutting frequency response at different ages of regrowth in sandy soils. The dry matter yield (DM), forage height, botanical and morphological composition, growth rate (GR), leaf:stem ratio was evaluated on 32 plots of (1.5 x 1.5 m) for dynamic growth (DC) and 36 plots for the cutting frequencies (FC) under a design in randomized blocks with eight treatments and four repetitions for DC and three treatments were used in four blocks and three replications for FC. The results show that the highest yield was at week six (8011

¹ Recibido: 01 de marzo de 2017.

Aceptado: 20 de junio de 2017

kg DM ha⁻¹), while most GR was 35 days (200 kg DM ha⁻¹ d⁻¹) and the highest forage at 56 days (50 cm) of regrowth, the frequency of seven weeks was higher ($p < 0.05$), but the accumulated production was surpassed ($p < 0.05$) for the week five to 40%. In conclusion, the yield accumulation such as GR, increased rapidly after defoliation, reaching a maximum level at the sixth week in the rainy season, while in FC, defoliation at 5 and 6 weeks of regrowth is recommended, for temporary conditions.

Index words: Yield dynamics, cutting frequencies, Bermuda grass, regrowth, sandy soil.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las regiones de México, es común que se continúe alimentando al ganado bajo pastoreo extensivo y continuo en agostaderos y pastizales con diferentes grados de alteración, provocando con ello la sub y sobre utilización del recurso forrajero, induciendo con ello la desaparición de especies deseables y la sobreproducción de especies que tiene poco valor nutritivo o que no son considerados importantes para los productores de ganado (Negrete-Sánchez *et al.*, 2016).

El pasto bermuda (*Cynodon dactylon* L.) o agrarista denominado así por su rusticidad y resistencia al mal manejo, es un pasto que coloniza rápidamente el suelo donde se establece, pero a pesar de esta peculiaridad suele ser considerado una maleza, y es calificado como no deseable por su agresividad en el establecimiento y por no permitir el desarrollo de otras especies vegetales, ya que con la presencia de humedad (época húmeda) e independientemente de la fertilidad del suelo, su crecimiento y rebrote es más rápido que muchas especies vegetales nativas e inclusive a pastos de hábitos de crecimiento erecto (Pequeno *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015).

Paulo *et al.*, (2014), reportan que en invierno el pasto bermuda sin la adición de nitrógeno, produce en promedio 2600 kg MS ha⁻¹, mientras que si es asociado con leguminosas aumenta a 4800 kg MS ha⁻¹, mientras que con la adición de N (100 kg N ha⁻¹) solo son 950 kg de MS de diferencia, pero a pesar de estos valores el pasto bermuda sin fertilización alguna presenta ($P < 0.05$) una excelente relación hoja:tallo con valor de 1.0 (111 días de crecimiento) y es superior a los tratamientos con fertilizantes y a las asociaciones con leguminosas.

En los últimos años por su producción de hemicelulosa este pasto está siendo considerado como una alternativa para la producción de biocombustibles en comparación con otras especies de gramíneas tropicales (C₄) de alta producción de biomasa (Haque *et al.*, 2009; Banka *et al.*, 2015).

Así mismo, por su hábito de crecimiento rastrero cubre rápidamente la mayor parte del suelo, y con cortes frecuentes puede establecerse como césped y por ello es considerado como uno de los mejores pastos para hacer mediciones indirectas con sensores remotos, de variables significativas en la producción y manejo de pastizales, principalmente el contenido de proteína cruda, siendo importante entonces la altura y la cobertura del forraje, reportándonos coeficientes de determinación superiores a 0.85, lo que permite un mejor manejo del pastoreo y de los animales (Pittman *et al.*, 2016).

La tasa de acumulación o el patrón de rebrote de la biomasa del forraje es considerado como el tiempo que le toma a la planta recuperar la biomasa removida después de un corte, de ahí la

importancia de conocer la fenología de la planta al acumular su material vegetal entre una cosecha y la siguiente (Hernández-Garay *et al.*, 2000). Con el avance de la madurez del forraje aumenta el rendimiento, pero provoca disminución en la digestibilidad, la proteína, la relación hoja: tallo, dichas variables están correlacionadas con la calidad de la biomasa (Basigalup, 2000; Cupic *et al.*, 2001).

Un esquema de manejo, pastoreo o corte de la pradera o pastizal, basado en un calendario de días de descanso o por el estadio de desarrollo del cultivo, es una buena opción para el manejo (Rivas *et al.*, 2005, Mendoza *et al.*, 2010), llegando a recomendaciones generalizadas de cosechar cuando emerja la hoja bandera o exista un 10% de floración, en gramíneas y leguminosas respectivamente. Sin embargo, una recomendación no puede ser generalizada a todas las especies (Teixeira *et al.*, 2008; Teixeira *et al.*, 2011). Es por ello, la importancia de conocer la fenología de la especie forrajera con respecto al rebrote y así obtener la mayor productividad de la misma (Nescier, *et al.*, 2004; Villegas *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006; Martiniello y Teixeira da Silva, 2011).

Al respecto, Rojas *et al.*, 2004. Al evaluar frecuencias de corte en tres variedades de pasto Bermuda, reportaron que el mayor contenido de proteína cruda fue ($P < 0.05$) a los 28 días, mientras que conforme avanza la edad esta variable se reduce hasta en 33% en promedio a los 56 días. Alvim *et al.* (1999) reportaron que las frecuencias de corte tienen efecto sobre el rendimiento de forraje y el contenido de proteína cruda en bermuda Tifton; sin embargo, la frecuencia de corte de dos semanas es menor ($p < 0.05$) con respecto a las cuatro y seis en rendimiento en la época de lluvias, y el de cuatro con la de seis y ocho semanas en la época seca, pero el porcentaje de proteína en la época húmeda no presentó diferencias, mientras que en la época seca sí se observó efecto positivo al incrementar la dosis de N, siendo la frecuencia de corte la que mayor efecto registró, en todas las dosis de fertilización.

En la región de los valles centrales de Oaxaca México, a pesar de estas bondades del pasto bermuda, no se le da un manejo adecuado para el aprovechamiento del rendimiento de materia verde, aportación de energía y proteína a los animales en la época húmeda, y solo se recurre a su corte cuando el pasto está seco, a inicios del invierno y durante la época seca, cuando empiezan a escasear los forrajes de corte. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar los patrones de rebrote y la respuesta a la frecuencia de corte en la producción de biomasa del pasto bermuda nativo en la época de lluvias en suelos arenosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un pastizal natural de pasto bermuda en un suelo arenoso, en el Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, en Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, que se encuentra ubicado a $17^{\circ} 01' 34.14''$ N, y $96^{\circ} 43' 07.39''$ O, a 1532 msnm. El clima es templado subhúmedo C(w), con lluvias en verano (mayo – octubre), con una temperatura promedio anual de 17.5°C , y una precipitación promedio de 1500-2000 mm (García, 2004).

Mediante un diseño experimental en bloques al azar, con base a la pendiente del terreno se establecieron 32 unidades experimentales de cinco por dos metros, con ocho tratamientos (dinámicas de crecimiento) y cuatro repeticiones; para las frecuencias de defoliación se utilizaron 12 unidades experimentales, tres tratamientos (3, 5 y 7 semanas) y cuatro repeticiones. Al inicio del

experimento se realizó un corte de uniformización a una altura de cinco cm a todas las unidades experimentales y así reducir el efecto de covariable.

El rendimiento de forraje se midió semanalmente (dinámicas de crecimiento) y en la fecha correspondiente a la semana de corte (frecuencias de corte) con un cuadro de acero de 0.25 m² por repetición (Castro *et al.*, 2012), aleatoriamente se seleccionó el lugar de la muestra, en el cual, se cortó todo el forraje contenido dentro de éste a una altura de cinco cm, el material vegetal cosechado se depositó en bolsas de papel previamente marcadas con el número de tratamiento y la repetición correspondiente, se lavó y se pesó en fresco, posteriormente se secó en un horno de microondas convencional por 4 min para obtener el valor de materia seca, para después transformarlo a kilogramos de materia seca por hectárea (Crespo *et al.*, 2007).

Se registró la altura de forraje justo antes de cada corte con una regla graduada de un metro de longitud y una precisión de 0.5 cm. Se efectuaron 10 mediciones dentro de cada repetición, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical desde la base de la planta hasta la hoja superior más joven (Castillo *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011). El forraje cosechado en cada repetición, se mezcló para homogenizar la muestra, posteriormente se tomó una submuestra de aproximadamente 20% del forraje y se clasificó por componente morfológico (tallos, hojas, inflorescencia y material muerto) y se pesó cada componente en base seca.

La tasa de crecimiento (TC) se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{FC}{t}$$

Donde: FC = forraje cosechado (kg MS ha⁻¹), y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

La relación hoja: tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento por corte del componente morfológico hoja entre el rendimiento por corte del tallo. Los datos mensuales de temperatura promedio mensual a la intemperie (máxima, media y mínima) y precipitación durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del aeropuerto Benito Juárez de la ciudad de Oaxaca, ubicada a 3 km del área de estudio (Figura 1).

Los valores agrupados se graficaron mediante el software estadístico SigmaPlot V.10 y se analizaron con el procedimiento PROC MIXED del Software estadístico SAS® Versión 9.0 para Windows®. Cuando no se cumplió el supuesto de normalidad de las variables, fueron transformadas, lo cual se realizó de acuerdo a las sugerencias de SAS®.

Para seleccionar la matriz de varianza se utilizó el criterio de Akaike (Wolfinger, 1993), con lo que se determinaron los efectos de las fuentes de variación (días de rebrote (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56); Frecuencia de corte (3, 5 y 7 semanas)), las cuales se consideraron como efectos fijos, y el efecto de bloques fue considerado como aleatorio (Littell *et al.*, 1996). Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y la comparación entre ellas fue realizada por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF), basado en la prueba de “t” de “Student” a un nivel de significancia del 5%.

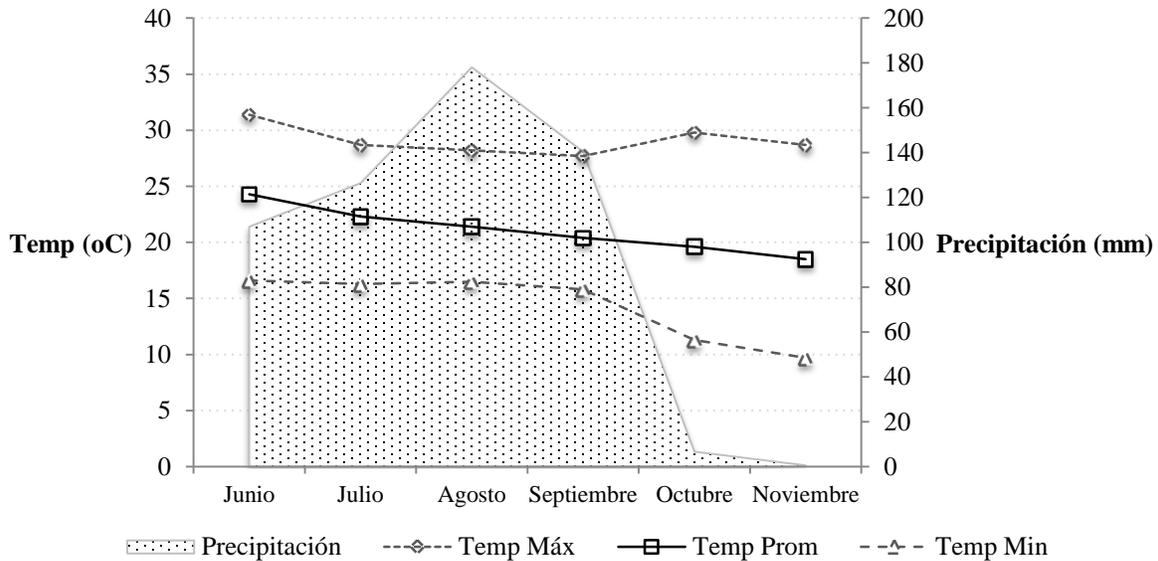


Figura 1. Datos climáticos durante el desarrollo experimental (2010). Fuente: Estación meteorológica del aeropuerto de la ciudad de Oaxaca.

Para la regresión lineal entre la altura de la pradera y rendimiento de forraje en las frecuencias de defoliación, se realizó al registrar la altura (cm) promedio en las unidades experimentales, justo antes de hacer el corte del forraje. Una vez obtenidos los datos de altura y rendimiento se obtuvieron ecuaciones de regresión lineal, y los intervalos de confianza al 95% y la predicción del rendimiento por frecuencia de corte, utilizando el módulo Wizard Regression del Software SigmaPlot V.10, mediante un modelo polinomial lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

La mayor acumulación de biomasa (Cuadro 1), se registró en el día 42 de rebrote (8011 kg MS ha⁻¹) siendo superior ($p < 0.01$) en todas las semanas de crecimiento a excepción de la semana 4 ó 35 días con la que no existió diferencia ($p > 0.05$), la diferencia en el rendimiento fue de 95% superior con respecto a la frecuencia de 56 días, que es donde se observa que el pasto está en su fase de pérdida del rendimiento (Figura 2A).

La fase exponencial de la curva de crecimiento se presentó del día 21 al 42 de rebrote (Figura 2A) y posteriormente se reduce el rendimiento en un 54% en las semanas siete y ocho.

La tasa de crecimiento del forraje se dio en los días 35 y 42; es decir; a las 5 y 6 semanas de crecimiento después del corte, con 200 y 191 kg MS ha⁻¹/d, produciendo más de 100 kg MS ha⁻¹/d con respecto a las semanas 7 y 8, lo que explica la velocidad de crecimiento exponencial de la especie (Figura 2B).

Cuadro 1. Rendimiento de forraje, tasa de crecimiento, altura de forraje y relación hoja:tallo en pastizal natural de pasto bermuda sometido a ciclos de crecimiento de ocho semanas.

Variable	Días de rebrote								EEM	Sig.
	7	14	21	28	35	42	49	56		
	(kg MS ha ⁻¹)									
Materia Seca	182 d	687 d	995 d	3017cd	6996ab	8011a	4413bc	4104b	873	**
	(kg MS ha ⁻¹ /d)									
Tasa de crecimiento	7.2 c	13.7c	47.3cb	108 b	200a	191a	90 b	73bc	22.5	**
	(cm)									
Altura de forraje	12e	16.5de	23cd	31c	41b	45ab	49a	50a	2.5	**
Relación Hoja:tallo	1.21a	0.82ab	0.95ab	0.81ab	0.79 ab	0.76ab	0.58b	0.59 b	0.13	*

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media. Sig. = significancia. ** = (p < 0.01); * = (p < 0.05).

Silva *et al.* (2015) reportaron que al evaluar tres variedades de *Cynodon dactylon*, el comportamiento del rebrote fue diferente (p < 0.05) a diferentes días de crecimiento y entre variedades a pesar de que las condiciones del experimento fueron similares, la variedad Jigg a los 42 días fue superior a las variedades Tifton 85 y Vaquero en un 20 y 41%, respectivamente, mientras que para la frecuencia de corte de 28 días, a excepción de la variedad Vaquero en las otras variedades no se registraron diferencias (p > 0.05).

Así mismo, Lemaire (2001) y Matthew *et al.* (2001) mencionan que las especies forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, rendimiento estacional y anual. Factores que no actúan por separado, debido a que el crecimiento de la planta responde a una interacción entre estas variables (Perreta *et al.*, 1997; Moliterno, 2002). Es por ello que determinar el tiempo óptimo de cosecha del forraje, es la mejor estrategia para un buen manejo del mismo.

Se ha reportado que conforme aumenta la edad del rebrote la tasa de aparición de y expansión foliar combinada con un nivel adecuado de humedad, hace que las gramíneas alcancen rápidamente su índice foliar óptimo, principalmente en la época de mayor precipitación (verano), posteriormente el área foliar específica disminuye conforme la planta crece y madura, como resultado de un mayor peso individual de la hoja y del tallo (Pérez *et al.*, 2004), como se observó en este experimento, y puede observarse lo antes descrito en la figura 2A.

A medida que la planta se desarrolla y madura, hay un incremento en el rendimiento de materia seca; pero a la vez, aumenta el contenido de fibra bruta, fibra detergente neutro, lignina y celulosa, mientras que la digestibilidad, la energía metabolizable y la proteína se reducen (Herrera, 2003). El decremento en el rendimiento a partir de la semana 7 puede deberse a que la planta entra a su fase reproductiva y conforme avanza la madurez, la presencia de tejido en

respiración y pérdida de hojas por senescencia en los estratos inferiores incrementa en la población total de plantas y se incrementa el porcentaje de tallos y se reduce la cantidad de hojas como argumenta Silva *et al.* (2015).

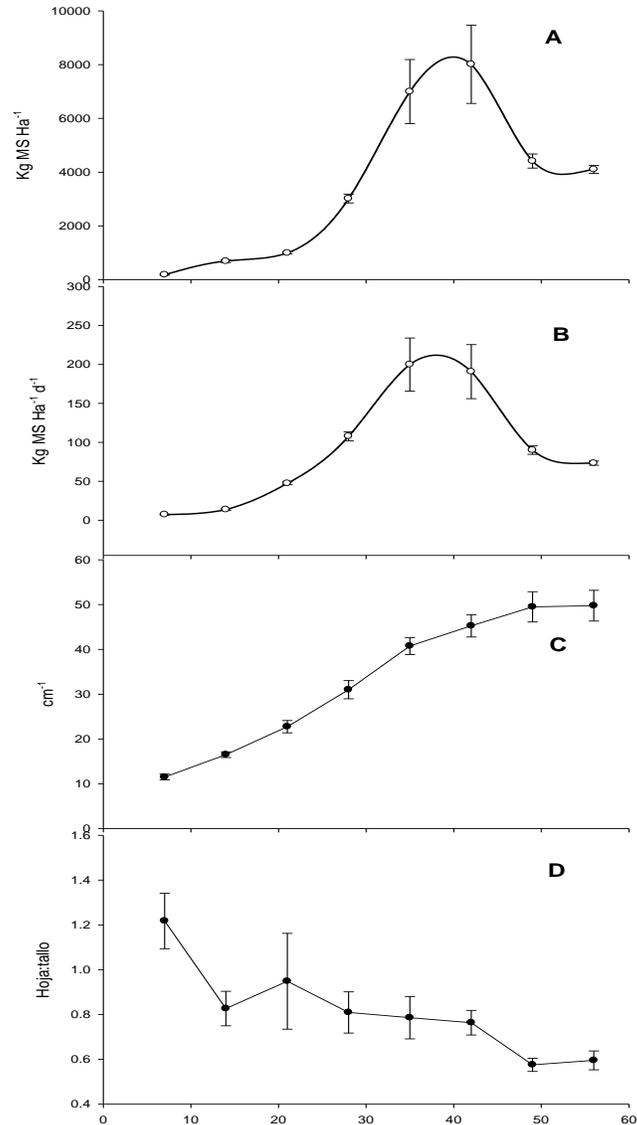


Figura 2. Rendimiento de materia seca (A), tasa de crecimiento (B), altura de la pradera (C) y relación hoja:tallo (D) en ciclos de crecimiento de ocho semanas.

Altura de forraje

Las alturas de forraje registraron incrementos positivos y progresivos ($p < 0.05$) conforme avanza la edad del rebrote; sin embargo, no existieron diferencias ($p > 0.05$) a los 42 días y posteriores (Figura 2C, Cuadro 1). Sin embargo, el hecho de que la altura del dosel incremente conforme avanza los días, no significa que se incremente el rendimiento o la tasa de crecimiento, lo que se refleja en la planta es un amarillamiento en los estratos inferiores provocados por la senescencia

de la misma, y es aquí donde la tasa de muerte es mayor a la tasa de crecimiento neto (Castro *et al.*, 2013). Este fenómeno se explica con la relación hoja:tallo (Cuadro 1), ya que del día 7 al 42, no hay diferencias ($p > 0.05$), pero son superiores a las edades superiores a los 49 días (Figura 2D). Es por ello que la mayor proporción de hojas en cualquier gramínea se presenta en las primeras semanas de crecimiento.

Frecuencia de corte

Con respecto a las frecuencias de corte, la mayor TC y rendimiento de materia seca ($p < 0.05$) se registró en frecuencia de siete semanas superando en 700 y 4400 Kg MS Ha⁻¹, a las semanas cinco y tres, respectivamente, lo mismo ocurrió con la altura del forraje, tasa de crecimiento pero no en la relación hoja:tallo (Cuadro 2); sin embargo, en el análisis de la materia seca acumulada, la frecuencia de cinco semanas fue superior y diferente ($p < 0.05$) superando en un 40 y 270% a la FC de tres y siete semanas, respectivamente, aportando una mayor proporción de hojas en el rendimiento total. El conocimiento del comportamiento del rebrote en las diferentes épocas del año, permite hacer un adecuado uso de las frecuencias de cosecha o defoliación, lo que permite hacer uso más eficiente de la biomasa producida en una pradera.

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) a diferentes frecuencias de corte pasto Bermuda en la época de verano.

Frecuencia de corte	Materia Seca	MS Acumulada	Altura	Tasa de Crecimiento	Relación Hoja:Tallo
3	802 c	3392 c	26 b	38 c	0.77
5	4517 b	9408 a	33 b	106 b	0.79
7	5227 a	6740 b	53 a	129 a	0.56
EEM	237	576	2.5	6.3	0.08
Sig.	**	**	**	**	ns

Medias con letras minúsculas iguales en cada hilera no son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05). EEM = error estándar de la media; Sig. = significancia. ** = ($p < 0.01$), ns= No significativo.

Este trabajo presentó comportamientos similares a los de Alvim *et al.* (1999); quienes reportaron que las frecuencias de corte tienen efecto sobre el rendimiento de forraje en bermuda Tifton; Sin embargo, la frecuencia de corte de dos semanas es menor ($p < 0.05$) con respecto a las cuatro y seis en rendimiento en la época de lluvias, y el de cuatro con la de seis y ocho semanas en la época seca. Mientras que Silva *et al.* (2015) reportaron que la producción de hoja varió y se redujo tanto en la época cálida como en la época fría, cuando las frecuencias de corte son mayores, y los mayores aportes de este componente fue a los 14 días, pero en la variedad Tifton 85 no se registraron diferencias en las frecuencias de 14, 28 y 42 días. Sin embargo, en la producción de tallos la variedad Jiggs en ambas épocas de evaluación (fría y cálida) fue superior y diferente ($p < 0.05$), a las variedades Tifton 85 y Vaquero.

Reuter de Oliveira *et al.* (2014), reportaron que los rendimientos de materia seca tienen un efecto positivo conforme avanza la edad encontrando diferencias de 600 a 1477 kg MS ha⁻¹, superior en la frecuencia de 79 con respecto a 28 días de rebrote en cinco variedades de pasto Bermuda. Como se observó en este experimento.

Rojas *et al.* (2004). Al evaluar frecuencias de corte en tres variedades de pasto Bermuda, reportaron que el mayor contenido de proteína cruda fue ($p < 0.05$) a los 28 días, mientras que conforme avanza la edad esta variable se reduce hasta en 33% en promedio a los 56 días, mientras que el rendimiento de forraje tiene el comportamiento contrario, a mayor edad mayor acumulación. Así mismo, la variable intensidad de defoliación (10 y 20 cm de cosecha) no registró efectos ($p > 0.05$) en el contenido de proteína cruda, por lo que para el pasto bermuda, la variable a considerar en un manejo de la pradera es la edad del rebrote o la frecuencia de defoliación.

Otro factor que influye en el rendimiento y que es favorecido con la frecuencia de corte es la densidad de tallos, en este caso el número de estolones por superficie, ya que Beyrouthy *et al.*, (1990), menciona que el pasto bermuda al ser sometido a diferentes frecuencias de corte, afecta el desarrollo radicular en cosechas más cortas, pero favorece la formación de estolones, lo que hace que la densidad de plantas aumente en la pradera, incrementando la proporción de hojas en la pradera y por lo tanto los valores de la relación hoja:tallo, llegan a variar entre cortes sucesivos. En este estudio se observó, que entre más frecuentes los cortes, la densidad del forraje aumenta, y la altura de forraje se redujo, pero al final del experimento el rendimiento reflejado fue a consecuencias de los tallos que aumentaron su aportación (Figura 4).

Sin embargo, a pesar de observar las bondades de realizar un esquema de manejo, basado en las dinámicas de crecimiento, existen observaciones como los que mencionan Fortes *et al.* (2004), ya que las gramíneas cosechadas frecuentemente, suelen presentar mecanismos de escape y tolerancia al pastoreo, y en las gramíneas sometidas a pastoreos prolongados, incrementan sus contenidos de cianuro y sílice, en las primeras etapas de crecimiento, el primero es tóxico para los rumiantes y el segundo para los insectos. Mientras que Gomes *et al.* (2011), mencionan que se puede hacer un mejor manejo de la pradera si se fertiliza, y a edades de rebrote tempranas, recomienda usar dosis de nitrógeno altas, mientras que a mayor madurez del forraje se pueden utilizar las dosis más bajas, es por ello que se recomienda hacer análisis más completos de los pastos en las diferentes etapas de crecimiento. Por lo tanto, para el pasto bermuda nativo en condiciones de suelos arenosos recomendamos hacer los cortes en verano, cada cinco o seis semanas con la finalidad de aportar la mayor cantidad de hojas, las cuales están estrechamente relacionadas con el valor nutritivo de la especie forrajera.

Regresión lineal

A excepción de la frecuencia de siete semanas, los coeficientes de determinación, tuvieron valores inferiores a 0.80, mientras que las FC de 3 y 5 los valores estuvieron más agrupados por lo que se debe continuar con la toma de más datos para ver como se comportan con respecto a la altura y rendimiento de forraje (Figura 3). Ya que la altura de la pradera es una variable altamente correlacionada con el rendimiento de materia seca (Castillo *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011), si los coeficientes de correlación son elevados (> 0.80), por lo que esta variable puede ser considerada para determinar el rendimiento y definir estrategias de manejo del forraje presente en el potrero o en la pradera.

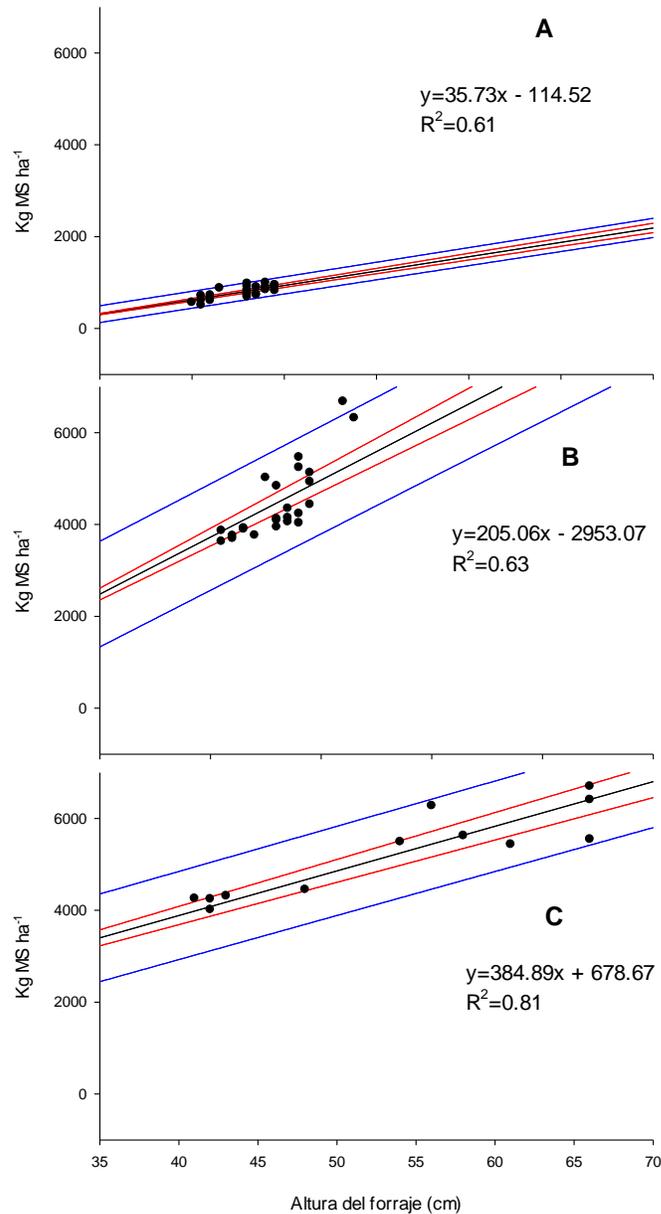


Figura 3. Regresiones lineales y ecuaciones del rendimiento vs altura, a diferentes frecuencias de corte, 3 semanas (A), 5 semanas (B) y 7 semanas (C), intervalo de confianza al 95%, y la predicción de los datos a partir del origen, en la época de lluvias.

En las regresiones lineales se puede observar (Figura 3), que los valores de r^2 son bajos y diferentes en las diferentes FC y conforme avanza la edad del rebrote, los valores de r^2 incrementan, sin embargo, los valores obtenidos son bajos, en comparación con correlaciones que se han obtenido en pastos de climas templados (Castro *et al.*, 2011), pero similares a los de climas tropicales (Castillo *et al.*, 2009). En los intervalos de confianza al 95% (líneas azules), se

observa que en la regresión a los 35 días (Figura 3B) solo un dato se sale del intervalo, mientras que en las tres frecuencias la mayoría de los datos se salen de la predicción de regresión lineal partiendo del origen (líneas rojas). Mientras que en la semana siete, no se presenta dicho comportamiento ya que su coeficiente de correlación fue más elevado ($R^2=0.88$) (Figura 3C).

Composición botánica

Con respecto a la composición botánica, el porcentaje de aportación de otras especies y pastos, fue mínima, menor al 5% en todas las semanas de crecimiento, pero en la composición morfológica se puede observar que conforme incrementa la edad del rebrote, el aporte de los tallos al rendimiento de forraje es mayor, y el porcentaje de hoja tiene un efecto descendente, y el material muerto y senescente incrementa, explicando con estos componentes los resultados en las curvas de crecimiento (Figura 4), y se confirma lo reportado por Combellas *et al.* (1972), Rojas *et al.* (2004) y Reuter-de Oliveira *et al.* (2014), con respecto a la variables del valor nutritivo.

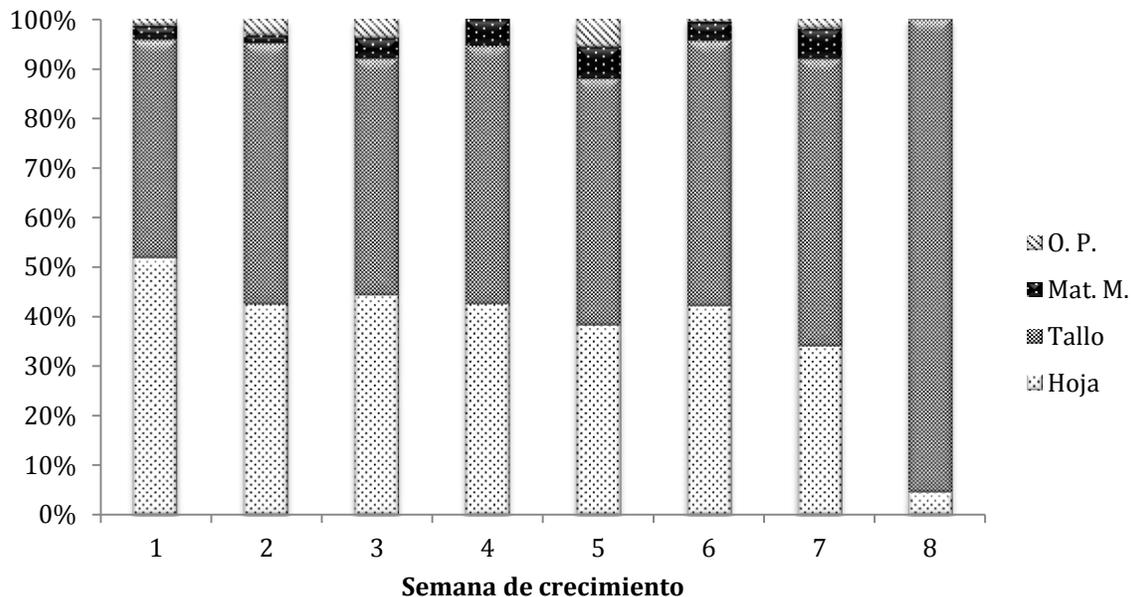


Figura 4. Composición botánica y morfológica promedio en ciclos de crecimiento de ocho semanas en pasto bermuda. O.P.= Otros pastos; Mat. M.= Material muerto.

CONCLUSIONES

Determinar los momentos óptimos de corte o cosecha, con base a los valores obtenidos en las dinámicas de crecimiento de la especie en un lugar y clima en particular, permite maximizar el rendimiento de forraje, mayor obtención del componente hoja en lugar de tallos y material muerto, obteniéndose forraje de mayor calidad nutritiva en comparación a los cortes que se hacen cuando el forraje ya está seco. Para el caso de bermuda nativo, establecido en suelos arenosos y de baja fertilidad, se recomienda realizar cortes cada cinco semanas, ya que los resultados de la dinámica decrecimiento y de la frecuencia de corte a esa misma semana, asegura que coseche una cantidad superior al 50% de materia seca con respecto a que, si solo se cosecha una vez o como forraje de emergencia, durante la época lluviosa del año.

LITERATURA CITADA

- Alvim M. J., X. D. Ferreira, V. R. Da Silva e B. M. De Andrade. 1999. Resposta do tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília 34(12): 2345-2352.
- Banka, A., T. Komolwanich and S. Wongkasemjit. 2015. Potential thai grasses for bioethanol production. *Cellulose* 22: 9:29.
- Basigalup, D. 2000. Mejoramiento de la calidad forrajera de la alfalfa. *Revista Agromercado* 42: 16-18.
- Beyrouty, C. A., C. P. West and E. E. Gbur. 1990. Root development of bermudagrass and tall fescue as affected by cutting interval and growth regulators. *Plant and soil* 127: 23-30.
- Castillo, E. G., M. B. Valles y R. J. Jarillo. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria México* 47(1): 79-92.
- Castro, R. R., G. A. Hernández, H. H. Vaquera, G. J. Hernández, C. A. Quero, Q. J. F. Enríquez y H. P. A. Martínez. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Fitotecnia Mexicana* 35(1): 87-95.
- Castro, R. R., G. A. Hernández, B. G. Aguilar y R. O. Ramírez. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo* 9(1):38-46.
- Castro, R. R., G. A. Hernández, R. O. Ramírez, B. G. Aguilar, Q. J. F. Enríquez y P. S. I. Mendoza. 2013. Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa en pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2): 201-215.
- Combellas, J., J. E. González y A. Trujillo A. 1972. Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. 1. Bermuda cv. Coastal (*Cynodon dactylon* L. Pers.). *Agronomía Tropical* 22(3): 231-238.
- Crespo, R. J., J. A. Castaño y J. A. Capurro. 2007 Secado del forraje con el horno de microondas: efecto sobre el análisis de calidad. *Agricultura Técnica* 67(2): 210-218.
- Cupic, T., S. Grljusic, S. Popovic, M. Stjepanovic and M. Tucak. 2001. Protein and fiber contents in alfalfa leaves and stems. In: Delgado I. (ed.), Lloveras J. (ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production*. Zaragoza: CIHEAM. pp. 215-218. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 45). 14. Réunion Eucarpia du Groupe Medicago spp., 2001/09/12-15, Zaragoza and Lleida (Spain).
- Fortes, D, R. S. Herrera y S. González, 2004. Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 38(2):111-119.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a Ed. Corregida y aumentada. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gomes, P. O., M. A. De Oliveira, P. J. Cardoso, S. M. E. Rozalino, R. K. Guillemarães e C. P. Roberto. 2011. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 adubação nitrogenada em duas idades de rebrotaçao. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40(10): 2121-2128.
- Haque, M., F. M. Epplin and C. M. Taliaferro. 2009. Nitrogen and harvest frequency effect on yield and cost for four perennial grasses. *Agronomy Journal* 101(6): 1463-1469.
- Hernández-Garay, A., C. Matthew and J. Hodgson. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature sward. *Grass and Forage Science* 54: 1-5.
- Herrera, R S., R. O. Martínez, R. Tuero, M. García y A. M. Cruz. 2002. Movimiento de sustancias durante el pastoreo y rebrote del clon CUBA CT-115. (*Pennisetum purpureum* sp.).

- Revista Cubana Ciencias Agrícolas 36(4): 417- 422.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Proc XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. pp. 29-37.
- Littell, R. C., G. A. Milliken; W. W. Stroup and R. D. Wolfinger. 1996. SAS System for mixed models. Cary: SAS Institute 633 p.
- Martiniello, P. y J. A. Texeira-da Silva. 2011. Physiological and bioagronomical aspect involved in growth and yield components of cultivated forage species in Mediterranean environments: A review. *European Journal Plant Science and Biotechnology* 5 (Special Issue 2): 64-98.
- Matthew, G. E., E. N. Val Loo, E. R. Tom, L. A. Dawson and D. A. Care. 2001. Understanding shot and root developmen. In: Proc. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil, pp: 19-27.
- Mendoza, P S I., G. A. Hernández, P. J. Pérez, C. A. R. Quero, E. A. S. Escalante, R. J. L. Zaragoza y R. O. Ramírez. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(3):287-296.
- Molitero, E. A., 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia* 4(1): 40-52.
- Morales, A. J., V. J. L. Jiménez, V. V. A. Velasco, A. Y. Villegas, V. J. R. Enríquez y G. A. Hernández. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la mixteca de Oaxaca. *Técnica Pecuaria México* 44(3):277-288.
- Negrete-Sánchez, L. O., R. J. R. Aguirre, J. M. Pinos-Rodríguez y H. Reyes-Hernández. 2016. Beneficio de la parcelación de los agostaderos comunales del ejido “El Castañón”, Municipio Catorce, San Luís Potosí: 1993-2013. *Agrociencia* 50(4): 511-532.
- Nescier, I. M., F. L. A. Dalla y C. Prieto. 2004. Calidad forrajera de alfalfas inoculadas y fertilizadas. *Revista FAVE- Ciencias Veterinarias* 3(1-2): 79-85.
- Paulo, A. J., N. M. Abbado, C. D. Dalazen, M. L. Maciel, C. Ducati, J. C. Cabrera and T. T. Taís. 2014. Dry matter production, chemical composition, dry matter digestibility and occurrence of fungi in bermuda grass hay (*Cynodon dactylon*) under different fertilization system or associated with pea plantings in winter. *Ciencia e Investigación Agraria* 41(2): 163-174.
- Pequeño, N. L. D., C. G. S. Pedreira, L. E. Sollenberger, A. F. G. de Faria, and L. S. Silva. 2015. Forage accumulation and nutritive value of Brachiariagresses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. *Agronomy Journal* 107(5): 1741-1749.
- Pérez, A. J. A., M. E. García, Q. J. F. Enríquez, C. A. R. Quero, P. J. Pérez y G. A. Hernández. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria híbrido*, cv.). *Técnica Pecuaria México* 2(3): 447-458.
- Perreta, M. y A. Vegetti. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. *Revista FAVE (I y II)*: 68-80.
- Pittman, J. J., D. B. Arnall, S. W. Interrante, N. Wang, W. R. Raun and T. J. Butler. 2016. Bermudagrass, Wheat, and Tall Fescue crude protein forage estimation using mobile-platform, active-spectral and canopy-height data. *Crop Science* (56): 870-881.
- Reuter-de Oliveira, E., M. F. Pinto, G. A. Maria de Araújo, B. G. R. Henrique de Tonissi, B. Lempp and M. L. Valenzuela. 2014. Ruminant degradability of neutral detergent fiber of *Cynodon* spp. grasses at four regrowth ages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 36 (2): 201-208.

- Rivas, J. M. A., C. C. López, G. A. Hernández y P. J. Pérez. 2005. Efecto de tres regimenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica Pecuaria México* 43(1):79-92.
- Rojas, Y. M., J. J. Rincón, Y. S. Gallardo y M. Leal. 2004. Evaluación de frecuencias y alturas de corte en tres cultivares de *Cynodon dactylon* L. Pers., en condiciones de bosque muy seco tropical. II. Valor nutritivo. *Zootecnia Tropical* 22 (2): 191-201.
- SAS. 2002. User's Guide: Statistics (Version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- SigmaPlot. 2015. User's Guide (Versión 12.0.). Systat software.
- Silva, J. S., C. G. S. Pedreira, L. E. Sollenberger, M. S. S. Carvalho, F. Tonato and D. C. Basto. 2015. Seasonal herbage accumulation and nutritive value of irrigated 'tifton 85', Jiggs, and Vaquero bermudagrasses in response to harvest frequency. *Crop Science* (55): 2886-2894.
- Teixeira, E. I., D. J. Moot and H. E. Brown. 2008. Defoliation frequency and season affected radiation use efficiency and dry matter partitioning to roots of Lucerne (*Medicago sativa* L.) crops. *European Journal of Agriculture* 28: 103-111.
- Teixeira, E. I., H. E. Brown, E. D. Meenken, and D. J. Moot. 2011. Growth and phenological development patterns after between seedling and regrowth lucerne crops (*Medicago sativa* L.). *European Journal of Agriculture* 35: 47-55.
- Villegas, A. Y., G. A. Hernández, P. J. Pérez, C. C. López, H. J. G. Herrera, Q. J. F. Enríquez y V. A. Gómez. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica Pecuaria México* 42(2):145-158.
- Wolfinger, R. D. 1993. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in Statistics Simulation and Computation* 22(4):1079-1106.