

Análisis de crecimiento estacional de **Trébol blanco**

(*Trifolium repens* L.)

pág. 62

Año 11 • Volumen 11 • Número 5 • mayo, 2018

EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN CON DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.)	3
DINÁMICA DE TALLOS DE PASTO OVILO (<i>Dactylis glomerata</i> L.), SOLO Y ASOCIADO CON RYEGRASS PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) Y TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.)	10
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO MULATO II (<i>Bracharia</i> híbrido 36087) A DIFERENTES REGIMEN DE PASTOREO	18
POTENCIAL FORRAJERO DE <i>Lotus corniculatus</i> L. CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO	24
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN PASTOREO SUPLEMENTADOS CON FOLLAJE DE <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	29
CURVA DE CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO COBRA (<i>Bracharia</i> híbrido BR02/1794) A DOS INTENSIDADES DE CORTE	34

y más artículos de interés...

Guía para autores

Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

Formato

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

Figuras. Corresponden a dibujos, fotografías, gráficas, diagramas. Las fotografías serán a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas libros y Revistas:

- Bozzola J. J., Russell L. D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.
- Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. Journal of Controlled Release 169: 10-16.
- Gardea-Torresdey J. L., Peralta-Videa J. R., Rosa G., Parsons J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews 249: 1797-1810.

Los autores ceden los derechos patrimoniales y aceptan que los artículos sean publicados en formato físico y electrónico, incluido internet.

El costo por publicación aceptada es \$3500.00 MX.

Año 11, Volumen 11, número 5, mayo 2018, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Subdirección de Organización y Cómputo del Colegio de Postgraduados, Dr. Martiniano Castro Popoca, Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. Tel. 58045980 ext. 1035. Fecha de última modificación, 31 de mayo de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Colegio de Postgraduados.



Contenido

3	EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN CON DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.)
10	DINÁMICA DE TALLOS DE PASTO OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.), SOLO Y ASOCIADO CON RYEGRASS PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) Y TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.)
18	PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO MULATO II (<i>Brachiaria</i> híbrido 36087) A DIFERENTES REGIMEN DE PASTOREO
24	POTENCIAL FORRAJERO DE <i>Lotus corniculatus</i> L. CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO
29	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN PASTOREO SUPLEMENTADOS CON FOLLAJE DE <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.
34	CURVA DE CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO COBRA (<i>Brachiaria</i> híbrido BR02/1794) A DOS INTENSIDADES DE CORTE
39	USO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZUCAR (<i>Saccharum</i> spp.) PARA LA ENGORDA DE TORETES EN PASTOREO
46	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS DE PELO USANDO UN EXTRACTO COMERCIAL DE TANINO CONDENSADO
51	CAMBIOS EN LA FRECUENCIA DE DEFOLIACION PARA RECUPERAR LA DENSIDAD DE PLANTAS EN UNA PRADERA DE ALFALFA (<i>Medicago sativa</i> L.)
56	RENDIMIENTO DE SEIS CULTIVARES DE <i>Cenchrus purpureus</i> (Schumach.) Morrone CON POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL
62	ANÁLISIS DE CRECIMIENTO ESTACIONAL DE TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.)
69	ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL PASTO TAIWAN (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO
76	EFFECTO DE BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS EN EL CRECIMIENTO DE <i>Brachiaria brizantha</i> (Trin) Griseb
82	ACUMULACIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA E INTERCEPCIÓN LUMINOSA EN TRIGOS (<i>Triticum</i> sp.)
88	TIEMPO Y TEMPERATURA SOBRE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE PROTEÍNA EN HOJAS DE <i>Moringa oleifera</i> Lam.
93	COMPORTAMIENTO DE COMPONENTES AGRONÓMICOS Y SU PRODUCTIVIDAD EN HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ FORRAJERO (<i>Zea mays</i> L.)
100	PRODUCTIVIDAD DE OVEJAS CRIOLLAS BAJO PASTOREO EXTENSIVO SUPLEMENTADAS ENERGÉTICAMENTE EN ÉPOCA CRÍTICA
107	TAMAÑO DE SEMILLA EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE <i>Dactylis glomerata</i> L. Y <i>Lolium perenne</i> L.
113	ESTACIONALIDAD DE LA ALIMENTACIÓN BAJO PASTOREO EN LA CRÍA OVINA: ESTUDIO DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN
118	EL PASTO GATTON (<i>Panicum maximum</i> cv. gatton panic) UNA ALTERNATIVA PARA EL NOROESTE DEL CHACO, ARGENTINA
124	GLICEROL UNA ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES
130	Nota: IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN EL MANEJO SUSTENTABLE DE PASTOS TROPICALES
134	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO KING GRASS (<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach) A DIFERENTE INTERVALO DE CORTE

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda
Maquetación: Mario Alejandro Rojas Sánchez
Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:
Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis
Huexotla, Texcoco, Estado de México.
Teléfono: 01 (595) 928 4703
jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com
Impresión 3000 ejemplares.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Fernando Carlos Gómez Merino
Director Adjunto de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopolución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí
Fernando Clemente Sánchez
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
(Guatemala)
Manuel David Sánchez Hermosillo
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y
Certificación de Semillas
(SNICS-SAGARPA)
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.
Director General

Editorial

Volumen 11 • Número 5 • mayo, 2018.

AGRO PRODUCTIVIDAD recuerda en este número al Dr. Alfonso Hernández Garay, quien nació el 19 de septiembre de 1960 en Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. Estudió en la Universidad Autónoma Chapingo para ingeniero agrónomo zootecnista (1982) con la tesis "Determinación de la calidad de la materia seca en 27 asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima templado en su primer año de cultivo". Durante 1982 a 1988 colaboró en la dirección general de organización de productores de la SARH como investigador de proyectos. Su tesis de Maestría en ciencias fue, sobre forrajes del programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, y en 1995 obtuvo su Doctorado en Ciencias con la tesis "Defoliation management, tiller density and productivity in perennial ryegrass swards" en la universidad de Massey en Nueva Zelanda. En Colegio de Postgraduados trabajó incansablemente formando más de 60 expertos en el tema de forrajes a nivel postgrado y licenciatura, publicó más 100 artículos científicos en revistas nacionales e internacionales destacando "Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index" en Grass and Forage Sciences. Durante su trayectoria destaca como coordinador académico del programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, líder de línea de investigación LPI 11: Sistemas de producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera, fue un árbitro activo de revistas científicas y al momento de su partida era el científico mexicano más importante en el área de producción de forrajes, y su trabajo perdurará a través de los científicos que formó, y que ahora son líderes en el tema de forrajes en México.

Editorialista invitado: Dr. Humberto Vaquera Huerta

EFECTO DE LA FRECUENCIA DE DEFOLIACIÓN Y LA FERTILIZACIÓN CON DIGESTATO EN LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.)

EFFECT OF DEFOLIATION AND FERTILIZATION WITH DIGESTATE ON THE YIELD COMPONENTS OF PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.)

Montalvo-Aguilar, K.H.¹, Castro-Rivera, R.^{1*}, Solís-Oba, M.M.¹, Aguilar-Benítez, G.A.²,
García-Barrera, L.J.¹, Hernández-Garay, A.^{3†}

¹Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala. Ex-Hacienda San Juan Molino, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km. 1.5, C.P. 90700. Tlaxcala, México. ²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Altair 200, Fracc. del Llano. C.P. 78377. San Luis Potosí. S.L.P. ³Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor y correo de correspondencia: rcastror@ipn.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la concentración de digestato, frecuencia de defoliación y de riego en los componentes del rendimiento de Ballico perenne en las épocas de verano y otoño bajo condiciones de invernadero. Se evaluaron concentraciones de 20, 40 y 60% de digestato; frecuencias de defoliación de 4, 5 y 6 semanas y frecuencias de riego de 15 y 30 días. Las variables evaluadas fueron: materia seca, altura de la planta, relación hoja:tallo, tasa de crecimiento y porcentaje de proteína. Se utilizó un diseño factorial con arreglo 3×3×2, y las comparaciones de medias fueron por Tukey (P<0.05), mediante el procedimiento GLM del software SAS. El mayor rendimiento, tasa de crecimiento del cultivo y altura de la planta se obtuvo en el tratamiento con 60% de digestato, frecuencia de cosecha cada cinco semanas en verano y seis semanas en otoño, y riego cada 15 días (P<0.01). Se concluye que la concentración del digestato, las frecuencias de corte y la interacción de ambos afectan los componentes del rendimiento.

Palabras clave: Forrajes, periodos de corte.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of the digestate concentration, frequency of defoliation and irrigation in the components of perennial ryegrass yield during summer and fall seasons under greenhouse conditions. Digestate concentrations of 20, 40 and 60 % were evaluated; defoliation frequencies of 4, 5, and 6 weeks; and irrigation frequencies of 15 and 30 days. The variables evaluated were: dry matter, plant height, leaf:stem relation, growth rate, and percentage of protein. A factorial design with $3 \times 3 \times 2$ arrangement was used, and means comparisons were by Tukey ($P < 0.05$), through the GLM procedure of the SAS software. The highest yield, rate of crop growth, and plant height were obtained in the treatment with 60 % digestate, frequency of harvest every five weeks in the summer and six weeks in the fall, and irrigation every 15 days ($P < 0.01$). It is concluded that the digestate concentration, the cutting frequencies, and the interaction of both affect yield components.

Keywords: Fodder, cutting periods.

digestatos puede ser considerado como una práctica de reciclaje de nutrientes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fertilización con digestatos a diferentes concentraciones y frecuencias de aplicación y de la frecuencia de defoliación en los componentes del rendimiento de Ballico perenne en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional ($19^{\circ} 16' 50.3''$ N, $98^{\circ} 21' 58.1''$ O) a 2221 m. La siembra de ballico perenne se realizó colocando 15 semillas en cada bolsa de plástico que contenía 1.5 kg de suelo (unidad experimental). Al emerger las plántulas se dejaron sólo 10 tallos por maceta y a los 70 días después de la siembra se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, para reducir el efecto de covariable. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 3 \times 2$. Los tratamientos fueron concentración de digestato (20, 40 y 60%), frecuencia de defoliación (4, 5 y 6 semanas), frecuencia de aplicación del digestato (15 y 30 d), más dos testigos, un control positivo (fertilización 17N-17P-17K) y el control negativo (suelo sin fertilización).

Las semillas fueron donadas por el Laboratorio de Forrajes del Posgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados, el digestato líquido se obtuvo de la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, y el suelo utilizado como sustrato se obtuvo de la parcela experimental de CIBA IPN Unidad Tlaxcala. El rendimiento de biomasa se determinó al cortar el forraje en cada maceta

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento adecuado de praderas requiere del conocimiento del manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la respuesta a las frecuencias de defoliación; sin embargo, el rendimiento de los forrajes está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes del suelo que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción (Chaves *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2012; Ahmad *et al.*, 2016). El costo económico y ambiental de los fertilizantes inorgánicos es elevado y su uso inadecuado provoca contaminación de suelos y agua. El uso de residuos sólidos orgánicos de origen animal transformados en fertilizantes orgánicos puede reducir el uso de agroquímicos; pero si se realiza de forma incorrecta genera un problema de contaminación de suelos y aguas por nitratos (NH_3) y fosfatos (PO_4^3) (Walsh *et al.*, 2012).

La digestión anaeróbica de los residuos sólidos del ganado permite maximizar el retorno de nutrientes al suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Al respecto Walsh *et al.* (2012) reportaron que en praderas de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) el digestato registró rendimientos superiores ($P < 0.05$) a praderas mixtas con trébol blanco y a los fertilizantes con N y NPK, donde éstos no registraron diferencias ($P > 0.05$) con respecto a praderas no fertilizadas. Tampere y Viiralt (2014), reportaron que al aplicar digestato como fertilizante se incrementó en promedio $2.41 \text{ t MS ha}^{-1}$ en comparación con praderas de clima templado que no se fertilizaron; así mismo, no se registraron diferencias ($P > 0.05$) con la fertilización química la cual fue superada con 1.3 t MS ha^{-1} , y concluyen que los digestatos pueden ser usados como sustitutos de los fertilizantes químicos. Rancane *et al.* (2015), mencionan que los digestatos tienen efectos diferentes en cada especie de pasto, y por lo tanto conocer la reacción de las especies a este tipo de fertilización es importante para un adecuado manejo y aprovechamiento integral de ese recurso que no necesita más que darle manejo para que se conserve y persista en el lugar (Rancane *et al.*, 2016). Debido a lo anterior y considerando que el uso de

a una altura de 5 cm, posteriormente el material vegetal cosechado se lavó y pesó en fresco, para secarlo posteriormente en una estufa de aire forzado a 70 °C, por 48 horas.

Antes de cada corte se registró la altura del forraje con una regla graduada de 50 cm y una precisión de 0.1 cm, 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). La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) se calculó con los datos de rendimiento de materia seca por corte mediante la siguiente fórmula:

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

Donde FC =forraje cosechado (g MV maceta), y t =días transcurridos entre un corte y el siguiente.

La relación hoja: tallo se obtuvo dividiendo el rendimiento en base seca de hoja por corte entre el rendimiento en base seca del tallo por corte. El forraje cosechado se separó en los componentes morfológi-

cos: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Cada componente se pesó en fresco y posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 70 °C, por 48 horas. Para obtener el porcentaje de proteína de las hojas se molieron en un mortero y se utilizaron dos tamices de 0.5 y 0.17 mm de abertura. El material recuperado se introdujo en tubos Eppendorf de 1.5 ml. Se utilizó el equipo Analizador Elemental de Thermo SCIENTIFIC (FLASH 2000 SERIES Organic Elemental Analyzer), y el método analítico utilizado CHNS. Los valores agrupados por época se graficaron mediante el software estadístico SigmaPlot V.10 y se analizó con el procedimiento factorial ANOVA y PROC GLM del Software estadístico SAS® Versión 9.0 para Windows®. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando Tukey a un nivel de significancia del 5%. Las variables climáticas (Temperatura Máxima, media y mínima) se muestran en la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados derivados del análisis factorial evidenciaron que, en la época de verano (Cuadro 1) y

otoño (Cuadro 2), el mayor rendimiento de forraje ($P < 0.01$) se obtuvo con la concentración del 60% (D60) del digestato (4.7 y 6.7 g MS maceta, respectivamente), superando en promedio en 20 y 70% a la concentración de 40 y 20%, (D40 y D20 respectivamente). En las dos épocas, la frecuencia de riego de 15 días (FR15) fue superior en 40% de rendimiento en relación al riego cada 30 días (FR30); y la frecuencia de defoliación cada 5 semanas (FD5) en verano fue 14 y 65% superior a las de 4 y 6 semanas (FD4 y FD6, respectivamente). De otra forma, en otoño la FD6 fue 74 y 40% a las FD4 y FD5, respectivamente (Cuadro 2). En términos generales el rendimiento de forraje fue mayor en la época de otoño con respecto al verano, las concentraciones superaron en 40, 46 y 38% (60, 40 y 20%, respectivamente), las FR en 38 y 46% (15 y 30 días, respectivamente), y las FD en 1, 9 y 156% (4, 5 y 6 semanas).

El comportamiento por tratamiento en el rendimiento muestra un incremento gradual y positivo conforme incrementa el porcentaje de digestato y lo mismo ocurre con la frecuencia de riego, siendo el tratamiento 60% 15 d el que mostró los valores más altos tanto en verano como en otoño (Figura 2A y 2B); sin embargo, el control positivo a FD6, registró el valor más alto en otoño de todos los tratamientos, mientras que a la FD4 fue el más bajo, siendo superado por el suelo sin fertilizar (Figura 2A).

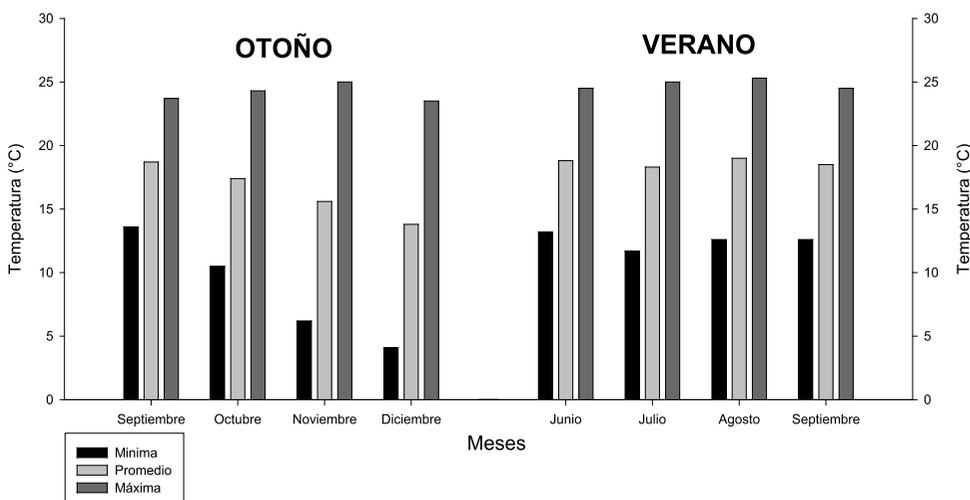


Figura 1. Temperatura promedio, máxima y mínima, durante el desarrollo del experimento en Tepetitla de Lardizabal, Tlaxcala, México. (<https://www.accuweather.com/es/mx/tepetitla/240244/march-weather/240244>).

La tasa de crecimiento presentó un comportamiento similar al rendimiento tanto en verano como en otoño, sin embargo, en esta última, la FD6 fue

Cuadro 1. Variables evaluadas en Ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a diferentes concentraciones de digestato, frecuencias de corte y de aplicación en la época de verano.

Factores		Materia seca (g MS maceta)	Altura	TCC (g MS maceta d ⁻¹)	RHT	Proteína (g P*g Hoja)
Concentración	60	4.76 A	44.17 A	0.14 A	8.81 B	0.73 A
	40	3.84 B	41.94 B	0.11 B	9.83 B	0.60 B
	20	2.81 C	40.05 C	0.08 C	16.11 A	0.43 C
Aplicación	15 días	4.50 A	43.56 A	0.13 A	9.59 B	0.70 A
	30 días	3.11 B	40.55 B	0.09 B	13.61 A	0.48 B
Defoliación	4 semanas	4.01 B	39.87 B	0.14 A	11.87 AB	0.83 A
	5 semanas	4.61 A	40.62 B	0.13 A	14.02 A	0.60 B
	6 semanas	2.79 C	45.67 A	0.06 B	8.87 B	0.34 C
Significancia	Aplicación	**	**	**	**	**
	Concentración	**	**	**	**	**
	Defoliación	**	**	**	**	**
	C*A	**	**	**	**	**
	D*A	*	**	NS	*	NS
	D*C	**	**	**	**	**
	D*C*A	**	**	**	**	**

Diferentes literales en columnas y por factor son estadísticamente diferentes, (*=P<0.05; **=P<0.01).

Cuadro 2. Variables evaluadas en Ballico perenne (*Lolium perenne* L.), a diferentes concentraciones de digestato, frecuencias de corte y de aplicación en la época de otoño.

Factores		Materia seca (g MS maceta)	Altura	TCC (g MS maceta d ⁻¹)	RHT	Proteína (g P*g Hoja)
Concentración	60	6.67 A	50.48 A	0.18 A	6.56 B	1.03 A
	40	5.63 B	48.47 B	0.15 B	7.12 B	0.86 B
	20	3.90 C	44.61 C	0.11 C	10.19 A	0.54 C
Aplicación	15 días	6.24 A	47.68 A	0.17 A	8.00 A	0.93 A
	30 días	4.56 B	48.04 A	0.12 B	7.91 A	0.69 B
Defoliación	4 semanas	4.07 C	44.80 C	0.14 B	9.30 A	0.79 A
	5 semanas	5.03 B	50.25 A	0.14 B	7.56 B	0.78 A
	6 semanas	7.09 A	48.51 B	0.16 A	7.01 B	0.85 A
Significancia	Factores					
	Aplicación	**	NS	**	NS	**
	Concentración	**	**	**	**	**
	Defoliación	**	**	**	**	NS
	C*A	NS	*	NS	NS	**
	D*A	**	*	**	NS	NS
	D*C	**	**	**	*	NS
	D*C*A	**	**	*	NS	NS

Diferentes literales en columnas y por factor son estadísticamente diferentes, (*=P<0.05; **=P<0.01).

superior a FD4 y FD5, mientras que en verano se registró un comportamiento inverso.

La altura de la planta en verano (Cuadro 1) muestra que la D60 (44.2 cm) fue (P<0.01) superior en 5 y 10% a la

D40 y D20; mientras que la diferencia de la FR fue de 7%, y la FD6 fue superior 13% en promedio al resto de FD. En otoño (Cuadro 2) la D60 (50.5 cm) fue (P<0.01) superior en 4 y 13% a la D40 y D20; mientras que en las FR no se registraron diferencias (P>0.05) y la FD5 únicamente

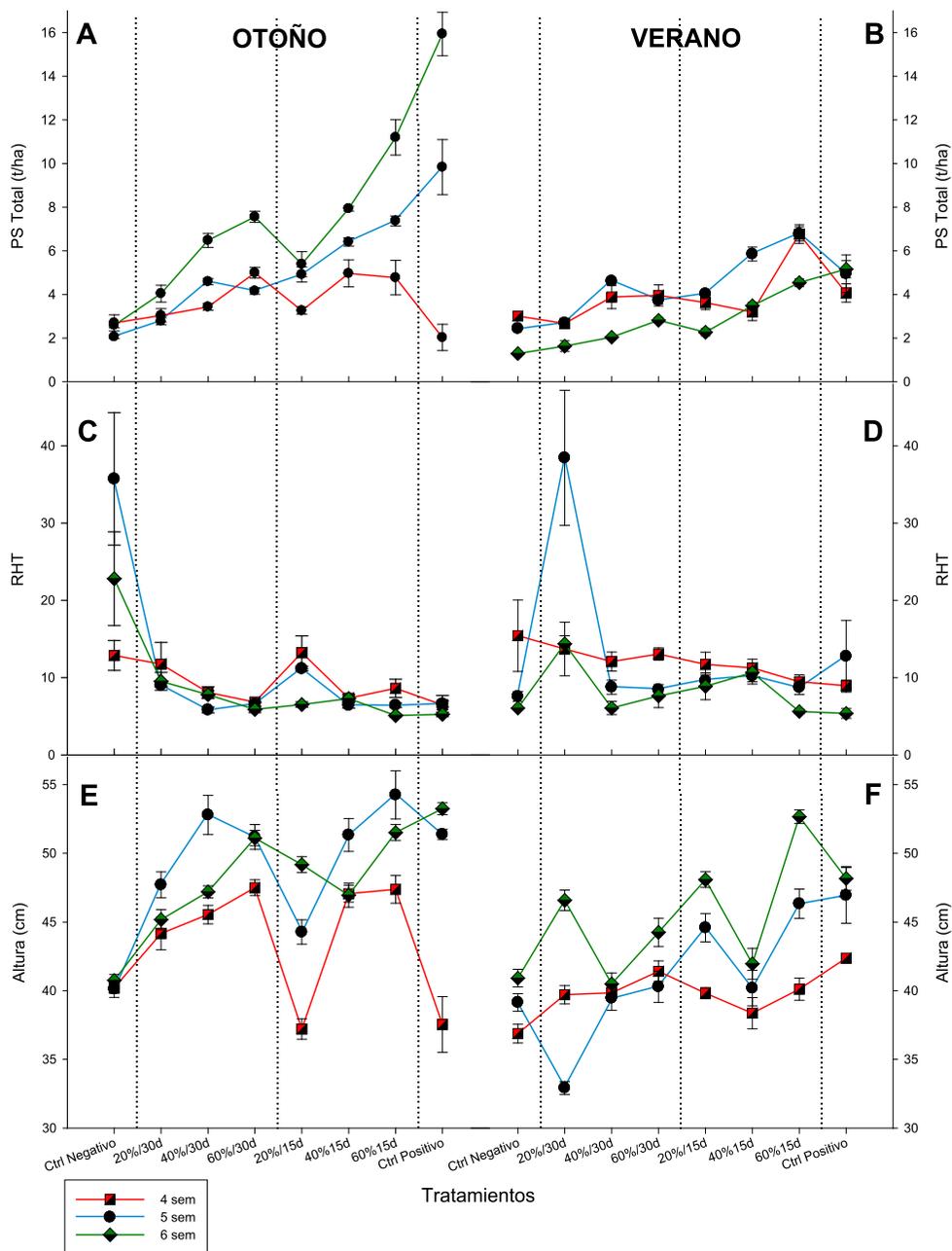


Figura 2. Derecha (verano), izquierda (otoño) (rendimiento de materia seca A y B, relación hoja:tallo C y D y altura de la planta E y F) de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) a diferentes concentraciones de digestato, en suelo, sólo y fertilizante químico (17N-17P-17K).

superó en 3 y 12% a las otras FD. En los tratamientos 20% (15 d) como control positivo de la FD4 y 6%/15 d FD5, la altura del pasto en verano fue superior al otoño (Figura 2E y 2F).

En la relación hoja:tallo todos los tratamientos en verano (Cuadro 1) mostraron valores superiores de 9, y la D20 (16.1), la FR30 (13.61) y la FD5 (14), fueron los que registraron los mayores valores ($P < 0.01$). Mientras que en el otoño la D20 (10.19) superó en 43 y 55% a la D40 y D60, respectivamente; y las FR no mostraron diferencias ($P > 0.05$). Finalmente, la FD4 (9.3) fue superior en 24 y 32% a la FD5 y FD6 (Cuadro 2).

En los tratamientos se puede observar que la relación hoja:tallo, en la FD5, en verano, tuvo una tendencia descendente conforme aumentó la concentración del digestato y la frecuencia de riego del mismo (Figura 2D); mientras que en otoño este mismo efecto se presentó en la FD de 6 semanas (Figura 2C). En el verano se registró una mayor cantidad de material muerto independientemente de la FD (Figura 3), lo que indicó mayor recambio de tejido; asimismo se observó que, a excepción de la FD4, en el resto de las FD en otoño se registró mayor producción de hoja, lo cual es un componente valioso para la especie en estudio.

El contenido de proteína en hoja tuvo un efecto descendente y negativo conforme se incrementó la FD en la época de otoño, a excepción del control a la FD6 que registró el valor más alto (Figura 4A), esto se explica porque el triple 17, es un fertilizante de lenta liberación y promueve la acumulación de nitrógeno en las hojas; sin embargo, en el verano la FD4 fue superior a las de FD5 y FD6, en todos los tratamientos (Figura 4 B).

Los resultados observados en el presente trabajo concuerdan con lo expuesto por Rancane *et al.* (2015) y Wash (2012), quienes observaron un incremento en el rendimiento del forraje con la adición de digestato; sin embargo, estos autores solo exponen las diferencias en el rendimiento total y no describen los componentes del

rendimiento, que son referentes básicos para un programa adecuado de manejo. De otra forma, los resultados no concuerdan con lo reportado por Tampere y Viral (2014), quienes reportan una diferencia anual de 53% en el rendimiento entre el digestato y el fertilizante químico, sin experimentar con frecuencias de corte; mientras que, en este trabajo se observó un incremento promedio de 35% en el verano y un efecto inverso en el otoño. Debido a que en este documento solo se reportan dos épocas, se recomienda continuar con la evaluación del efecto de los digestatos en el rendimiento acumulado en las cuatro épocas del año. Con respecto a las frecuencias de defoliación los resultados obtenidos son similares a los reportados en Ballico perenne por Velasco *et al.* (2001; 2007); Rojas *et al.* (2016) y Garduño *et al.* (2009); quienes reportan que conforme avanza la edad de rebrote el rendimiento incrementa, así como los componentes del mismo; y en las semanas 4 y 5 de rebrote es cuando se da la mayor proporción de hoja como se obtuvo en este experimento en el verano y en el otoño. Además, en éste estudio se registró mayor rendimiento en otoño que en verano, lo que puede atribuirse a que el experimento fue en invernadero y los trabajos de Velasco *et al.* (2002; 2007) y Garduño *et al.* (2009) fueron a cielo abierto.

CONCLUSIONES

Mayor concentración del digestato el rendimiento de forraje aumenta positivamente, y lo mismo en los niveles de proteína de la hoja, por lo que el forraje producido es de mejor calidad. Las frecuencias de defoliación, tuvieron in-

fluencia en el rendimiento de forraje y en los componentes del rendimiento, siendo la frecuencia de cuatro semanas la que mostro los valores superiores en estas variables.

LITERATURA CITADA

Ahmad J., Iqbal A., Ayub M., Akhtar J. 2016. Forage yield potential and quality attributes of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Under various agro-management techniques. The Journal of Animal & Plant Science 26 (2): 465-474.

Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. 2009. Técnica Pecuaria México 47(1): 79-92.

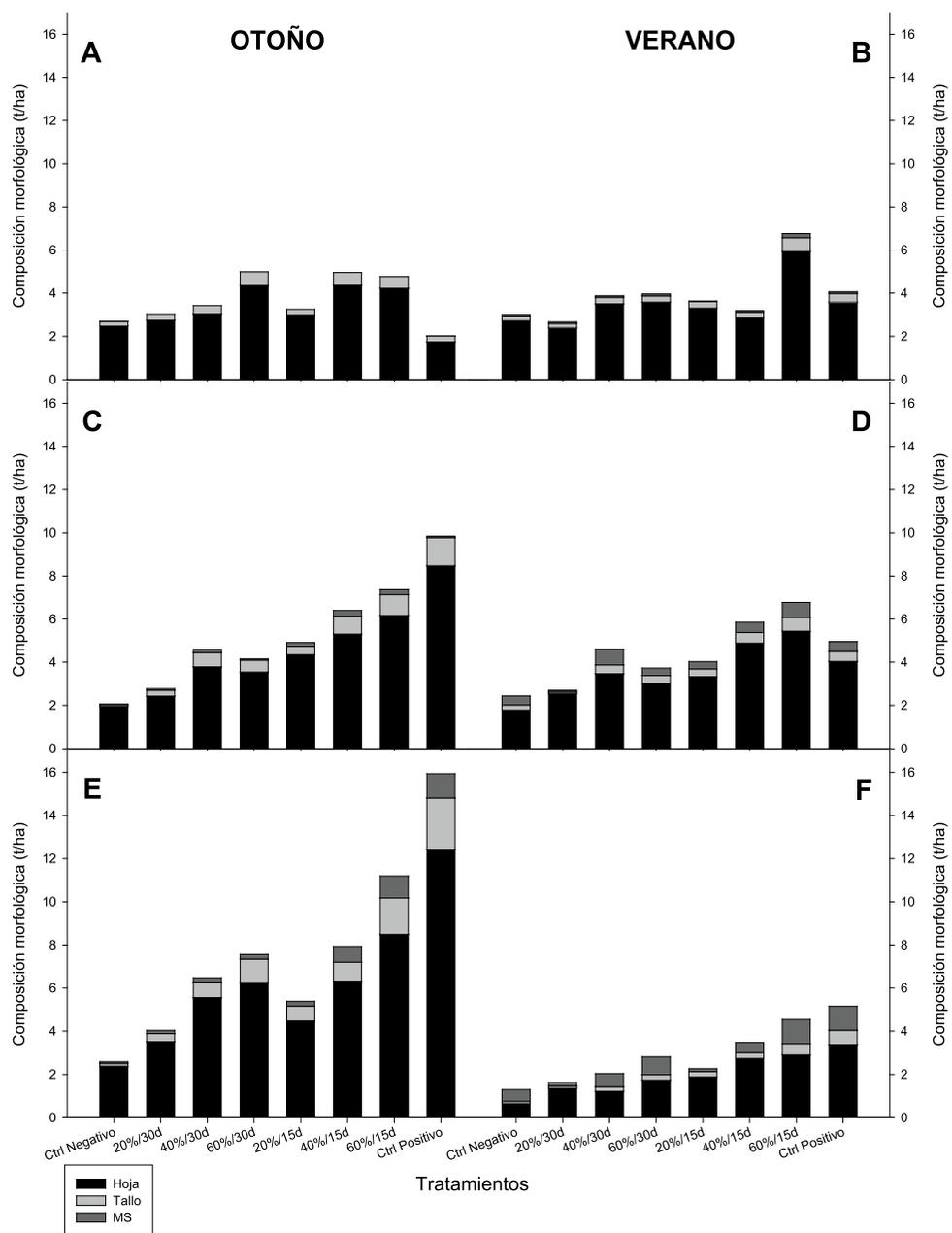


Figura 3. Composición morfológica de ballico perenne. Derecha (verano), izquierda (otoño), a diferentes frecuencias de corte (A y B cada cuatro semanas; C y D cada cinco semanas y E y F cada seis semanas) y concentraciones de digestato en las épocas de verano y otoño.

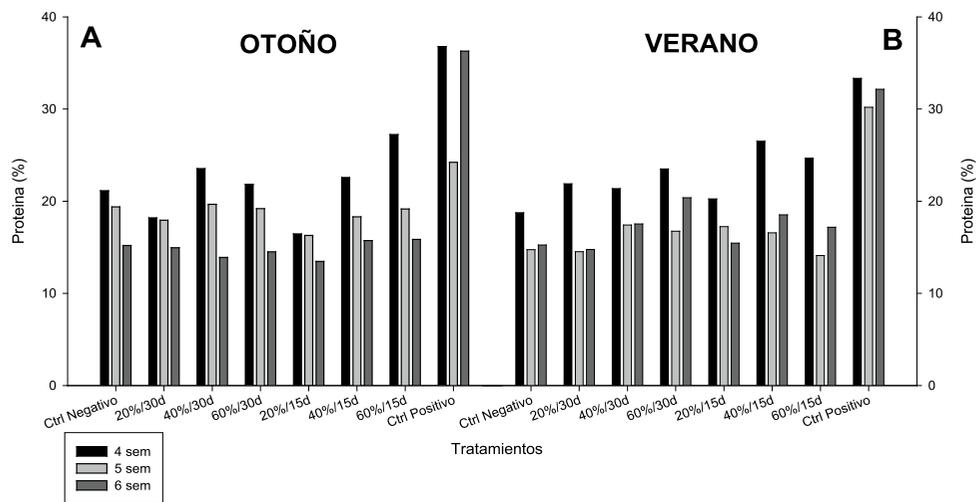


Figura 4. Contenido de proteína en hoja de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) a diferentes concentraciones de digestato y frecuencias de corte en dos épocas del año.

Castro RR, Hernández GA, Aguilar BG, Ramírez RO. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo* 9(1):38-46.

Castro RR., Hernández GA., Vaquera HH., Hernández GJ, Quero CA, Enríquez QJF, Martínez HPA. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (1): 87-95.

Chavez V A., Waghorn G C., Brookes I M., Woodfield D R. Effect or maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.). 2006. *Animal Feed Science and Technology* (127): 293-318.

Gaggia F., Baffoni L., Di Gioia D., Accorsi M., Bosi S., Marotti I., Biavati B., Dinelli G. 2013. Inoculation with microorganisms of *Lolium perenne* L. In: Evaluation of plant growth parameters and endophytic colonization of roots. *New Biotechnology* 30 (6): 695-704.

Garduño, V. S., Pérez, P. J., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G., Martínez, H. P. A., Joaquín, T. B. M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de Ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México* 47(2): 189-202.

Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P. 2015. Biomass yield and chemical composition of perennial grasses for energy production. *Engineering for rural development* (20): 546-551.

Rancane S., Karklins A., Lazdina D., Berzins P., Bardule A., Butlers A., Lazdins A. 2016. The evaluation of biomass yield and quality of *Phalaris arundinacea* and *Festululium* fertilized with bio-energy waste products. *Agronomy Research* 14(1): 198-210.

Rojas G. A. R., Hernández G. A., Quero C. A. R., Guerrero R. J. D., Ayala W., Zaragoza R. J. L., Trejo L. C. 2016. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(4): 885-895.

SAS. 2002. User's Guide: Statistics (Version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.

SigmaPlot. 2015. User's Guide (Versión 10.0). Systat software.

Tampere M., Viiralt R. 2014. The efficiency of biogas digestate on grassland compared mineral fertilizer and cattle slurry. *Research for rural development*. (1): 89- 94.

Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de Ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 30(1): 79-87.

Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A., Pérez, P. J., Vaquera, H. H., Galvis, S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1):1-14.

Walsh J. J., Jones D. L., Edwards-Jones G., Williams A. P. 2012. Replacing inorganic fertilizer with anaerobic digestate may maintain agricultural productivity at less environmental cost. *Journal Plant Nutrition Soli Science* (175): 840-845.

DINÁMICA DE TALLOS DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), SOLO Y ASOCIADO CON RYEGRASS PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

DYNAMICS OF ORCHARD GRASS STEMS (*Dactylis glomerata* L.), ALONE AND ASSOCIATED WITH PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.) AND WHITE CLOVER (*Trifolium repens* L.)

Flores-Santiago, E.J.¹, Guerrero-Rodríguez, J.D.^{2*}, Cadena-Villegas, S.³, Alejos-de la Fuente, J.I.³, Mendoza-Pedroza, S.I.³, Luna-Guerrero, M.J.¹, Peña-Aguilar, M.A.³, Hernández-Garay, A.^{1†}

¹Postgrado Ganadería, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C. P. 56230. ²Colegio de postgraduados Campus Puebla. Km. 125.5 carretera federal México-Puebla (actualmente Boulevard Forjadores de Puebla), C.P. 72760, Puebla, Puebla, México. ³Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco, Texcoco, Estado de México. C. P. 2630.

*Autor para correspondencia: (grjuan2000mx@yahoo.com)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la dinámica poblacional de tallos del pasto Ovillo (O) (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado a diferentes proporciones con Ballico perenne (BP) (*Lolium perenne* L.), y Trébol blanco (TB) (*Trifolium repens* L.) en condiciones de pastoreo. Los tratamientos fueron las combinaciones: 100:00:00, 20:40:40, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10 y 40:40:20% de PO: BP: TB, respectivamente. Se distribuyeron en 27 unidades experimentales, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: densidad de plantas (DP), densidad de población de tallos (DPT), tasa de aparición (TAT), tasa de muerte (TMT) y tasa de sobrevivencia de tallos (TST). La mayor DP promedio se registró durante el otoño con 25 plantas por m^{-2} en la asociación 50:00:50 de PO: BP: TB ($P<0.05$). En DPT los resultados muestran diferencias ($P<0.05$) entre asociaciones; sin embargo, se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de verano (736 tallos m^{-2}) cuando se registraron las mayores densidades en PO (50:00:50; $P<0.05$). La asociación 20:40:40 de PO: BP: TB, presentó en diciembre la mayor TAT (7.3 tallos*100 tallos d^{-1}). La asociación 40:20:40 de PO: BP: TB obtuvo la mayor TMT con 5.4 tallos *100 tallos d^{-1} , durante el mes de marzo ($P<0.05$). En general, pasto Ovillo presentó la mayor dinámica de tallos siendo las asociaciones 20:40:40 y 40:20:40 de O: BP: TB las que presentaron la mayor TAT y TMT.

Palabras clave: Forrajes, densidad de tallos, tasa de aparición y muerte de tallos.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the population dynamics of orchard grass stems (OG) (*Dactylis glomerata* L.), alone and associated at different proportions with perennial ryegrass (PR) (*Lolium perenne* L.), and white clover (WC) (*Trifolium repens* L.) under grazing conditions. The treatments were the following combinations: 100:00:00, 20:40:40, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10 and 40:40:20% of OG: PG: WC, respectively. They were distributed in 27 experimental units, based on a completely random block design with three repetitions. The variables evaluated were: plant density (PD), stem population density (SPD), appearance rate (AR), death rate (DR) and stem survival rate (SSR). The highest average PD was recorded during fall with 25 plants per m^{-2} in the association 50:00:50 of OG: PG: WC ($P < 0.05$). In SPD, the results show differences ($P < 0.05$) between associations; however, a very variable behavior was observed, with summer (736 stems m^{-2}) being the time when the highest OG densities were found (50:00:50; $P < 0.05$). The association 20:40:40 of OG: PG: WC, presented the highest AR in December (7.3 stems $\times 100$ stems d^{-1}). The association 40:20:40 of OG: PG: WC obtained the highest DR with 5.4 stems $\times 100$ stems d^{-1} , during the month of March ($P < 0.05$). In general, orchard grass presented the highest dynamic of stems with the associations 20:40:40 and 40:20:40 of OG: PG: WC being the ones that presented the highest AR and DR.

Keywords: Fodder, stem density, appearance rate and stem death.

la formación de hojas cortas, y alta densidad de tallos, mientras que con defoliaciones poco frecuentes se forman hojas largas y se reduce la tasa de aparición de tallos (Lemaire, 2001).

En México el pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.) (Poaceae) es de uso común en praderas de clima templado (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015) en asociación con Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y Trébol blanco (*Trifolium repens* L.; Flores-Santiago *et al.*, 2015), lo que confieren estabilidad a la pradera en su producción de materia seca a través del año (Castro-Rivera *et al.*, 2013) y mejora la producción animal y la fertilidad del suelo (Tallec *et al.*, 2008). Sin embargo, es escasa la información científica sobre la dinámica de tallos (tasa de aparición, tasa de muerte) de pasto ovillo como componente del rendimiento al variar la frecuencia de pastoreo. Cuantificar dichas variables y su comportamiento durante el año, genera información importante, que permite un manejo de la pradera que favorezca una alta utilización y persistencia, evitando su deterioro por alta o baja acumulación de tallos. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento de la densidad, tasa de aparición y muerte y estabilidad de la población de tallos del pasto ovillo, asociados en diferentes proporciones con ballico perenne y trébol blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Montecillo, Texcoco, Edo. de México, en praderas solas de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y asociadas con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), en su segundo año de crecimiento. El suelo fue de textura arcillo-limo-

INTRODUCCIÓN

Pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.), es una gramínea forrajera perenne cosmopolita, bien adaptada a diversas condiciones ambientales (Dabkevičienė *et al.*, 2013). Se puede cultivar en suelos pobres y poco profundos (Farshadfar, 2012); es utilizado en monocultivo o asociado con otras pastos y fabáceas para pastoreo o corte debido a sus condiciones adecuadas de rebrote (Şeker *et al.*, 2014). Posee buenos atributos de persistencia y gran capacidad de crecimiento en primavera, alta producción de materia seca, buena calidad nutritiva (20% de proteína) y 65% DIVMS (Rezaeifard *et al.*, 2010; Villareal *et al.*, 2014). En una pradera asociada las unidades básicas de crecimiento son los tallos (gramínea) y estolones (trébol blanco), de modo que los aumentos en la producción de forraje se atribuyen a incrementos en la densidad y peso individual de estas unidades, o bien, a una combinación de ambos (Hernández-Garay *et al.*, 1997). El crecimiento está integrado por la tasa de crecimiento individual y por la tasa de aparición de nuevos tallos y estolones (Hernández-Garay *et al.*, 2000). En praderas asociadas los tallos y estolones están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo, a tasas que varían en función de las condiciones ambientales y de manejo (Hodgson, 1990). La persistencia y el rendimiento de una pradera está determinada por el efecto combinado del patrón estacional de aparición y muerte de tallos, por lo que la acumulación de materia seca a través del año depende del equilibrio entre la densidad y el peso de los tallos, balance que es afectado especialmente por la frecuencia e intensidad de defoliación (Hodgson, 1996; Hernández-Garay *et al.*, 1999). Defoliaciones frecuentes disminuyen la competencia por luz, permitiendo

sa, conductividad eléctrica de 1.7 dSm^{-1} (sin problemas de salinidad) y pH de 7.8, el contenido de nitrógeno y materia orgánica es alto con 0.158% y 3.4%, respectivamente (Delgado-Martínez *et al.*, 2014). El clima de la región, es el menos seco de los áridos con lluvias de junio a septiembre (García, 2005). Las temperaturas máximas, mínimas y medias, así como, la distribución de la precipitación durante el periodo de estudio se muestra en la Figura 1.

Se evaluaron siete diferentes proporciones de pasto ovillo (PO) con ballico perenne (BP) y trébol blanco (TB). Los tratamientos fueron las combinaciones 100:00:00, 20:40:40, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10 y 40:40:20 como porcentaje (%) de PO asociado con BP y TB, respectivamente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, siendo la pendiente la razón de bloqueo. Los tratamientos se distribuyeron en 27 unidades experimentales de 12.3 m de largo por 6.1 m de ancho, se irrigaron en la época de sequía, a intervalos de 15 días y no fueron fertilizadas. El área se delimitó con cerco eléctrico y se defolió con ovinos de la cruce de las razas Suffolk con Dorset a 5 cm de altura, cada cinco semanas en otoño, seis semanas en invierno y cuatro semanas en primavera-verano.

Variables estudiadas

Densidad de plantas: Al inicio del experimento se estableció un área al azar de un 1 m^{-2} dentro de cada parcela, en la cual se contabilizó el número de plantas de cada una de las especies presente en la asociación;

también se fijaron, a nivel de suelo dos aros de PVC de 10.4 cm de diámetro, en los cuales se marcaron todos los tallos existentes con anillos de cable de un mismo color y se consideraron como población inicial. Cuando las praderas eran constituidas por la asociación de las dos especies de pasto, cada aro registraba una especie, lo mismo cuando la pradera solo contenía una especie. Posteriormente, cada mes, durante un año, los hijuelos nuevos se marcaron con anillos de diferente color, para diferenciar cada generación y los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo correspondiente. Estos valores se multiplicaron por el número de plantas m^{-2} , y se estimó la densidad de tallos (DT; tallos m^{-2}) y sus respectivas tasas de aparición (TAT) y muerte (TMT; %), mediante la metodología sugerida por Carvalho *et al.* (2000), de acuerdo con las ecuaciones: $DT = \text{Número total de tallos vivos existentes en cada muestreo}$; $TAT = (\text{Número de tallos nuevos} / DT \text{ del muestreo anterior}) \cdot 100$; $TMT = (\text{Número de tallos muertos} / DT \text{ del muestreo anterior}) \cdot 100$; La tasa de supervivencia de tallos (TST) se obtuvo de manera indirecta por medio de la ecuación $TST = 100 - TMT$.

Análisis de datos

Para investigar el efecto de los tratamientos (asociaciones) sobre las variables de respuesta: DT, TAT, TMT y TST (considerando los meses del año del periodo de estudio) se utilizó el modelo de análisis de medidas repetidas mediante el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002). Para seleccionar la matriz de varianzas se utilizó el criterio de información de Akaike (Wolfinger, 1993).

mediante un diagrama por cada intervalo de corte, con base a estadísticos descriptivos (promedios). Las medias de las causas de variación (tratamientos, época del año y su interacción) se estimaron con el procedimiento LSMEANS y la comparación entre ellas se realizó por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF) con la prueba de "t" de Student, a un nivel de significancia de 5%. Las poblaciones de tallos durante el estudio se presentan por cada generación de rebrote.

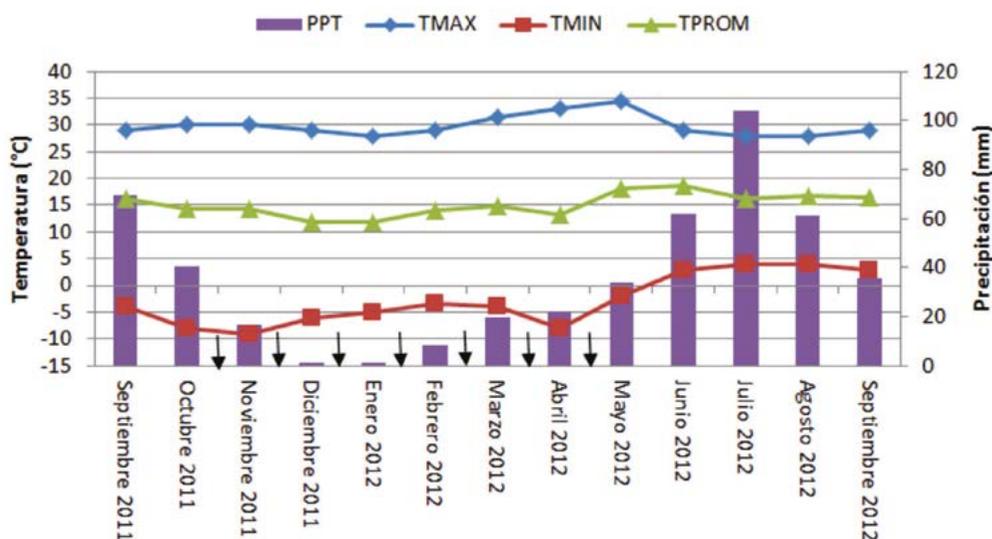


Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (septiembre 2011 a junio 2012). Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Número de riegos (↓).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de plantas de asociaciones de PO con BP y TB

La densidad de plantas fue diferente ($P < 0.05$) entre asociaciones (Cuadro 1). El PO mantuvo una densidad de plantas estable conforme transcurrió el periodo experimental, pasando de 22 plantas por m^{-2} en otoño a 21 plantas por m^{-2} en invierno. Contrario a lo sucedido en BP donde disminuyó su densidad de plantas conforme avanzó el periodo experimental, pasando de 11 plantas por m^{-2} en otoño a 4 plantas por m^{-2} en verano. El TB tendió a aumentar en todas las asociaciones conforme transcurrió el experimento, de 10 plantas por m^{-2} en otoño a 15 plantas por m^{-2} en invierno ($P < 0.05$). La mayor densidad de plantas promedio de PO se registró durante el otoño con 25 plantas por m^{-2} en la asociación 50:00:50 de PO: BP: TB, respectivamente ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos se pueden deber a la tolerancia al pastoreo del PO (Rezaeifard *et al.*, 2010; Şeker *et al.*, 2014) y condiciones adecuadas de rebrote (Dabkevičienė *et al.*, 2013). El comportamiento en la densidad de plantas en TB se puede deber a su capacidad para fijar nitrógeno, hábito de crecimiento, plasticidad (Tallec *et al.*, 2008) y

tolerancia al pastoreo (Quero *et al.*, 2007) que permiten un rebrote vigoroso, lo que se traduce en un aumento en la densidad de plantas por unidad de superficie. La disminución en número de plantas de BP se pudo deber al efecto de competencia inter específica entre plantas de las especies presentes en la asociación, así como, a la competencia con la maleza presente en determinada época del año por luz y nutrimentos del suelo (McKenzie *et al.*, 1999).

Demografía de tallos

Los diagramas de tallos muestran la supervivencia a través del tiempo del PO (Figura 2) para cada generación que apareció entre mediciones sucesivas y su contribución a la población total de tallos en un momento determinado. En PO la demografía de tallos presentó una gran variación en su comportamiento dependiendo de la asociación (Figura 2). En PO se destacó en la mayoría de las asociaciones un pico máximo en su demografía de tallos durante el periodo primavera-verano ($P < 0.05$). Siendo los meses de junio (70:20:10 y 40:40:20), julio (40:20:40, 50:00:50, 20:70:10 y el monocultivo de PO) y agosto (20:40:40) donde se obtuvieron las máximas

Cuadro 1. Cambios estacionales en la densidad de plantas pasto Ovillo (PO) (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con Ballico perenne (BP) (*Lolium perenne* L.) y Trébol blanco (TB) (*Trifolium repens* L.).

	Asociaciones (ovillo: ballico perenne: trébol blanco)								PROM	EEM	
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00			
Densidad de plantas trebol blanco (plantas m^{-2})											
OTO	9 b	12 b	-	11	12	9	8	-	10 b	10 c	0.86
INV	12 ABab	17 Ab	-	12 AB	12 AB	11 B	9 B	-	12 ABab	12 bc	0.88
PRIM	15 a	17 b	-	13	15	13	12	-	15 ab	14 bc	0.74
VER	14 Bab	21 Aa	-	14 B	16 AB	13 B	12 B	-	17 ABa	15 a	0.88
PROM	13 BC	16 A	-	12 BC	14 AB	12 BC	10 C	-	14 AB		
EEM	1.4	1.4	-	0.8	1	0.8	1	-	1.5		
Densidad de plantas pasto ovillo (plantas m^{-2})											
OTO	14 D	-	-	22 BC	25 AB	17 CD	23 BC	31 A	21 BCD	22	1.5
INV	13 C	-	-	20 BC	24 B	18 BC	24 B	32 A	19 BC	21	1.6
PRIM	14 C	-	-	19 BC	23 B	19 BC	20 BC	34 A	18 BC	21	1.5
VER	17 B	-	-	18 B	22 B	20 B	20 B	32 A	20 B	21	1.2
PROM	14 D	-	-	20 BC	23 B	18 CD	22 BC	32 A	20 BC		
EEM	0.7	-	-	1.3	1.5	1.1	1.8	1	1		
Densidad de plantas ballico perenne (plantas m^{-2})											
OTO	10 B	13 Ba	23 Aa	7 D	-	12 B	5 B	-	10 Ba	11 a	1.7
INV	8 B	13 Ba	24 Aa	6 B	-	10 B	5 B	-	10 Ba	11 a	1.8
PRIM	4 B	9 Bab	18 Aab	4 B	-	7 B	3 B	-	3 Bab	7 b	1.4
VER	2 B	4 ABb	12 Ab	2 B	-	2 B	1 B	-	2 Bb	4 c	0.83
PROM	6 CD	10 B	19 A	5 CD	-	8 BC	4 D	-	7 CD		
EEM	1.1	1.5	3.3	0.9	-	1.2	0.6	-	1.1		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM=Error estándar de la media.

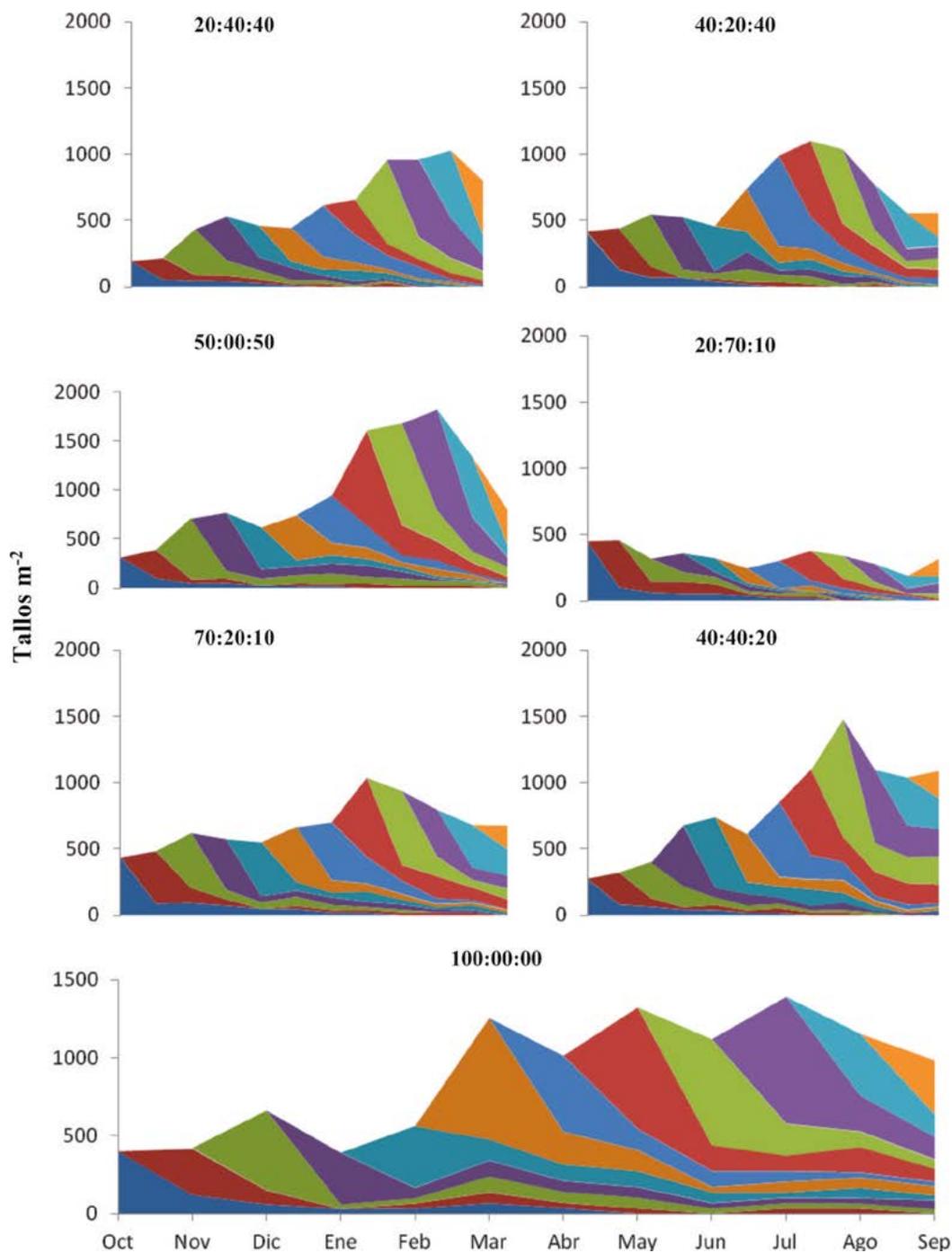


Figura 2. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto Ovillo (PO) (*Dactylis glomerata* L.) en siete asociaciones de pastos-fabáceas (Ovillo: Ballico perenne: Trébol blanco) (*Lolium perenne* L.) y Trébol blanco (TB) (*Trifolium repens* L.).

densidades. Las menores densidades de tallos se presentaron a finales del periodo experimental (septiembre), destacando la desaparición parcial de BP en número de plantas y por consiguiente en su demografía de tallos en todas las asociaciones.

Los resultados obtenidos en la demografía de tallos en PO (Cuadro 1) conforme transcurrió el periodo experimental se puede deber al efecto de la cantidad y calidad de luz incidente en la pradera, aspectos que variaron entre las estaciones del año y que dentro del dosel puede

ser modificada por efecto del pastoreo (Baptaglin *et al.*, 2012). La luz incidente actúa sobre la activación del rebrote y por tanto en la producción de nuevos macollos (Deregibus *et al.*, 1983; Casal *et al.*, 1985), promoviendo diferencias en densidad de tallos en las diferentes esta-

ciones (Difante *et al.*, 2008; Sbrissia *et al.*, 2010).

Cambios mensuales en densidad poblacional de tallos (DPT) de pasto Ovillo

Todas las asociaciones mostraron una caída en la DPT durante noviembre por efecto de heladas (Figura 1 y Figura 2), con una recuperación e incremento progresivo a inicios del periodo de primavera, presentado los picos mas altos durante los meses comprenden el periodo de otoño; disminuyendo su DPT conforme se acercaba la época invernal.

La asociación 50:00:50 PO: BP: TB presentó la mayor DPT en el mes de julio (736 tallos m^{-2}), superando en 5.6, 18.5, 32.8, 115.8 y 134.4% a las asociaciones 40:40:20, 20:40:40, 70:20:10, 40:20:40 y 70:70:10, respectivamente ($P<0.05$). La menor DPT se presentó durante el mes de diciembre (189 tallos m^{-2}) en la asociación 20:70:10 de PO: BP: TB, siendo menor 289% a la asociación 50:00:50 ($P<0.05$). El monocultivo de Ovillo (100:00:00) fue superior 19.2 y 364% a las asociaciones 50:00:50 y 20:70:10, respectivamente. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Castro-Rivera *et al.* (2013), en DPT con incremento progresivo en densidad de tallos de febrero a julio en asociaciones con mayores porcentajes de Ovillo (30, 40 y 60%).

Tasa de aparición (TAT) y tasa de muerte de tallos (TMT) de PO

Las mayores TMT promedio de PO entre tratamientos se presentaron a finales de la primavera (mayo y junio, con 2.9 y 2.8 tallos por 100 tallos d^{-1} , respectivamente); sin embargo, la asociación 40:20:40 registró la mayor TMT promedio durante el

periodo de evaluación (2.8 tallos por 100 tallos d^{-1}) superando en 65% a la 50:00:50 de PO: BP: TB ($P<0.05$). La asociación 40:20:40 de PO: BP: TB obtuvo la mayor TMT mensual (5.4 tallos por 100 tallos d^{-1}), durante marzo ($P<0.05$). La menor TMT se presentó en diciembre 0.4 tallos por 100 tallos d^{-1} , en la asociación 50:00:50 de PO: BP: TB.

La mayor TMT la obtuvo el PO en agosto y la mayor TAT promedio cambios estacionales en dinámica de ahijamiento de PO, indican que no se registraron diferencias estadísticas entre las asociaciones ($P>0.05$) durante todo el periodo de estudio tanto en la tasa de aparición de tallos (TAT) como en la tasa de muerte de tallos (TMT) a excepción de los meses de diciembre, enero, marzo y julio para TAT y febrero y marzo para TMT ($P<0.05$; Cuadro 2).

Las mayores TAT de pasto ovillo ocurrieron en la transición otoño-invierno (diciembre-enero). La asociación 20:40:40 presentó la mayor TAT (7.3 tallos por 100 tallos d^{-1}), superando a las asociaciones 50:00:00, 40:40:20, 20:70:10, 40:20:40 y 70:20:10 de PO: BP: TB, respectivamente ($P<0.05$). La asociación 40:20:40 registró la menor TAT durante el periodo de evaluación (2.0 tallos por 100 tallos d^{-1}). El monocultivo de PO fue superado en 37.7% por la asociación 20:40:40; sin embargo, el PO solo superó en 165% a la asociación con la menor TAT (40:20:40) en marzo (1.94 tallos por 100 tallos d^{-1}). Moreno-Carrillo *et al.* (2015), reportaron resultados diferentes en Ovillo, obteniendo un incremento progresivo a partir del verano y las mayores DPT en diciembre, con mayor TMT en octubre; sin embargo, la mayor TAT de

Ovillo se registró en diciembre (0.47 tallo por 100 tallos d^{-1} , $P<0.05$).

Tasa de sobrevivencia de tallos (TST) de PO

La tasa de sobrevivencia de tallos (TST) promedio de PO fue mayor en la época otoño-invierno (Cuadro 2). En PO sólo se presentó diferencia significativa durante febrero y marzo, destacando la asociación 20:70:10 de PO: BP: TB con la mayor TST (98.9), mientras que la asociación 40:20:40 tuvo la menor TST (94.6) en febrero y marzo ($P<0.05$). El monocultivo de PO (96.7) fue superado en 2.3% por la asociación 20:70:10 de PO: BP: TB ($P<0.05$). La mayor TST durante la época otoño-invierno (Cuadro 2), fue resultado directo de las bajas TMT, lo que sugiere que la supervivencia de tallos puede ser un mecanismo de adaptación utilizado por las plantas para mantener la persistencia de tallos en condiciones de déficit hídrico y bajas temperaturas (Figura 1). Durante abril a septiembre (primavera-verano) con mayor disponibilidad de lluvia, la menor TST aunada a las altas TAT en Ovillo, favorecieron la tasa de recambio de tallos y el incremento en sus densidades (Cuadro 2), posiblemente como mecanismo para colonizar el área cuando hubo condiciones ambientales apropiadas.

CONCLUSIONES

En todas las asociaciones se observó un comportamiento variable en la DPT, TAT y TMT. La asociación 50:00:50 PO: BP: TB presento las mayores DPT ($P<0.05$). A pesar de una mayor TMT, la TAT en Ovillo fue elevada, lo que compensó para lograr mayor DPT, siendo 20:40:40 y 40:20:40 las que tuvieron la mayor TAT y TMT en diciembre y marzo, respectivamente. Mayor presencia

Cuadro 2. Tasa de sobrevivencia de pasto Ovillo (PO) (*Dactylis glomerata* L.) en asociaciones de pasto-fabáceas.

	Asociaciones (ovillo: ballico perenne: trébol blanco)							EEM
	20:40:40	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	
	Tasa de sobrevivencia de tallos (TST) de pasto ovillo							
OCT	99 a	98.8 a	99.2 a	99.3 a	99.2 a	99.2 a	99.2 a	0.11
NOV	98.6 ab	97.3 ab	99 ab	99.2 a	98.4 ab	99 ab	99 a	0.31
DIC	98.5 ab	98.5 ab	99.6 a	99.1 ab	98.3 ab	99.3 a	99 a	0.21
ENE	98.6 ab	98 ab	97.9 ab	97.1 abc	98.2 ab	97.2 abc	98.8 ab	0.21
FEB	97.7 ABab	96.5 BCabc	97.6 ABabc	98.9 Aab	97.9 ABab	95.1 Cc	98.7 ABab	0.44
MAR	98.1 Aab	94.6 Bc	96.7 ABc	98.1 Aabc	98.2 Aab	96.7 ABbc	98.5 Aab	0.41
ABR	97.3 ab	96.7 abc	98.1 abc	96.4 c	98.4 ab	97 abc	97.7 ab	0.24
MAY	96.9 ab	97.1 ab	97.9 ab	96.2 c	97.6 ab	97 abc	97.5 ab	0.30
JUN	97 ab	96.4 bc	98.5 bc	96.8 bc	97.1 ab	98 ab	97.2 ab	0.26
JUL	97.3 ab	98.4 ab	98.6 ab	96.5 c	97.7 ab	98 ab	97.8 ab	0.29
AGO	97.2 ab	96.7 abc	98.6 abc	98.1 abc	97.1 ab	98.4 ab	96.5 b	0.26
SEP	96.7 b	97.6 ab	98.3 ab	96.4 c	96.4 b	97.6	97.1 ab	0.40
EEM	0.22	0.33	0.20	0.28	0.20	0.32	0.18	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM=Error estándar de la media.

de tallos juveniles en Ovillo resulta en mayor producción de hoja. Las mediciones de dinámica de tallos proporcionan información importante para producción de forraje, ayudando a definir mejores estrategias de manejo que contribuyan al mejor establecimiento y estabilización del PO en praderas, reduciendo el riesgo de degradación, por efecto de cortes o pastoreos continuos disminuyendo la persistencia de la gramínea.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y Colegio de Postgraduados, por el apoyo económico, para la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Baptaglin M. D., Do Nascimento-Júnior D., Henrique V. H., Mai de Lana S. B., Batista E. V. P., Da Silva S. C., Neves C. M. 2012. Tillering dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41 (3): 544-549.

Carvalho B. C. A., Da Silva S. C., Sbrissia F. A., Pinto M. L. F., Carnevali A. R., Fagundes L. J., Pedreira S. C. G. 2000. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim 'Tifton 85' sob pastejo. *Scientia Agrícola* 57 (4): 591-600.

Casal J. J., Deregibus V. A., Sanchez R. A. 1985. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam vegetative and reproductive plants as affected by differences in red far-red irradiation. *Annals of Botany* 56 (4): 553-559.

Castro-Rivera R., Hernández-Garay A., Ramírez O. R., Aguilar G. B., Enriquez J. F. Q., Mendoza-Pedroza S. I. 2013. Crecimiento

en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2): 201-215.

Dabkevičienė G., Kemešytė V., Lemežienė N., Butkutė B. 2013. Production of slender cocksfoot (*Dactylis polygama* H.) tetraploid populations and their assessment for agromorphological characteristics. *Zemdirbyste-Agriculture* 100(3): 303-310.

Delgado-Martínez R.; Escalante-Estrada J. A. S., Díaz R. R., Trinidad-Santos A., Morales R. E. J., Sosa-Montes E. 2014. Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6): 1015-1027.

Deregibus V. A., Sanchez R. A., Casal J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. *Plant Physiology*. 72 (3): 900-902.

Difante G. S., Nascimento-Junior D., Da Silva S. C., Batista E. V. P., De Moura Z. A., Adese B. 2008. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37 (2): 189-196.

Farshadfar M. 2012. Evaluation of the forage yield and quality in some accessions of *Dactylis Glomerata* under irrigated conditions. *Annals of Biological Research* 3 (4):1694-1699.

Flores-Santiago E. J., Hernández Garay A., Guerrero-Rodríguez J. D., Quero-Carrillo A. R., Martínez-Hernández P. A. 2015. Productividad de asociaciones de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6 (3):337-347.

García E. L. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a (Ed.). Universidad Autónoma de México (UNAM). D. F., México. 217 p.

Hernández-Garay A., Matthew C., Hodgson J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject

- to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass Forage Science* 54:347-356.
- Hernández-Garay A., Matthew C., Hodgson J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature sward. *Grass Forage Science* 5 (4): 372-376.
- Hernández-Guzmán F. J., Hernández-Garay A., Ortega-Jiménez E., Enríquez QJF., Velázquez-Martínez M. 2015. Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana* 26(1): 33-42.
- Hodgson J. 1990. *Grazing management: Science into practice*. Harlow, England: Longman Scientific and Technical. 204 p.
- Hodgson J. 1996. Control del consumo de hierba. En: G.A.N. Martínez, editor, Seminario Internacional Teórico- Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México. p. 41-54.
- Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Proc. XIX International Grasslands Congress. Brazilian Society Animal Husbandry Sociedad Brasileira de Zootecnia* (eds). Sao Pedro, Sao Paulo. Brasil. pp: 29-37.
- Moreno-Carillo M. A., Hernández-Garay A., Vaquera-Huerta H., Trejo-López C., Escalante-Estrada J. A., Zaragoza-Ramírez J. L., Joaquín-Torres B. M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (1): 101-108.
- McKenzie B. A.; Kemp P. D., Moot D. J., Matthew C. G., Lucas R. J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. *In: White J and Hodgson J* (eds.). *New Zealand Pasture Crop Science*. Auckland, New Zealand: Oxford University Press. Pp: 29-44.
- Quero C. A. R., Enríquez F. Q. J., Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia* 32 (8): 566-571.
- Rezaeifard M., Jafari A. A., Assareh M. H. 2010. Effects of phenological stages on forage yield quality traits in cocksfoot (*Dactylis glomerata*). *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8(2): 365-369.
- SAS Institute. 2002. *Statistical Analysis System* (version 9.0 ed.). Cary NC, USA.
- Şeker H., Yazıcı A., Uysal P. 2014. Analysis of variability, heritability, and genetic advance in seed yield and related traits of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) populations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 38: 633-643.
- Sbrissia A. F., Da Silva S. C., Sarmiento D. O. L., Molan L. K., Andrade F. M. E., Goncalves A. C., Lupinacci A. V. 2010. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecology* 206 (2): 349-359.
- Taltec T., Diquélou S., Lemauiel S., Cliquet J. B., Lesuffleur F., Ourry A. 2008. Nitrogen: sulphur ratio alters competition between *Trifolium repens* and *Lolium perenne* under cutting: Production and competitive abilities. *European Journal of Agronomy* 29 (2-3): 94-101.
- Villareal G. J. A., Hernández-Garay A., Martínez-Hernández P. A., Guerrero- Rodríguez J. D., Velasco-Zevadua M. E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 231-245.
- Wolfinger R. 1993. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in Statistics - Simulation and computation* 22 (4):1079-1106.



PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO MULATO II (*Bracharia híbrido 36087*) A DIFERENTES REGIMEN DE PASTOREO

FODDER PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF THE MULATO II GRASS (*Bracharia híbrido 36087*) WITH DIFFERENT GRAZING REGIMES

Cruz-Sánchez, O.E.¹, Cruz-Hernández, A.^{1*}, Gómez-Vázquez, A.¹, Chay-Canul, A.J.¹, Joaquín-Cansino, S.², De la Cruz-Lázaro, E.¹, Márquez-Quiroz, C.¹, Osorio-Osorio, R.¹, Hernández-Garay, A.^{2†}

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25. R/A La Huasteca, Tabasco, México. Tel. 01 (993) 3581500, ext. 6604. ²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor de correspondencia: ingaldeacruz@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la acumulación del forraje y valor nutritivo del pasto *Bracharia híbrido 36087* cv. Mulato II, a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo, se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x2. Se determinó la acumulación, tasa de crecimiento, componentes morfológicos y valor nutritivo del pasto Mulato II. En la época de lluvias se produjo el 48.8% de la acumulación anual de materia seca (MS) al pastorear cada 28 d, le siguieron las épocas de nortes, con 29.5% y seca con un aporte del 21.6%. En enero, agosto y septiembre se presentaron las mayores tasa de crecimiento. El contenido de proteína cruda, disminuyó en 14.4 y 9.5% al ampliar la frecuencia del pastoreo de 21 a 28 d, en las épocas de seca y lluvias respectivamente. Se concluye que la mayor producción de forraje se obtuvo al cosechar a 22-25 cm cada 28 días, en todas las épocas del año. Los valores mayores de PC se obtuvieron al pastorear severamente cada 21 d.

Palabras clave: Forrajes, acumulación, valor nutritivo, frecuencia, intensidad de pastoreo

ABSTRACT

With the objective of defining the fodder accumulation and nutritional value of the grass *Bracharia híbrido 36087* cv. Mulato II, at different frequencies and intensities of grazing, a random block design with factorial 2x2 arrangement was used. The accumulation, growth rate, morphological components, and nutritional value of the Mulato II grass were determined. In the rainy season, 48.8 % of the annual dry matter (DM) accumulation was produced, when grazing every 28 d; then the north winds season followed, with 29.5 % and the dry season with a contribution of 21.6 %. The highest growth rates were found in January, August and September. The raw protein content decreased in 14.4 and 9.5% when increasing the grazing frequency from 21 to 28 d, in drought and rain seasons, respectively. It is concluded that the highest fodder production was obtained when harvesting 22-25 cm every 28 days, in every season of the year. The highest values of DM were obtained when grazing severely every 21 d.

Keywords: Fodder, accumulation, nutritional value, frequency, grazing intensity.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018. pp: 18-23.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

INTRODUCCIÓN

En México, las regiones tropicales comprenden, aproximadamente, 56 millones de hectáreas (28% del territorio nacional); el 75% se dedica a la ganadería bovina. (Enriquez *et al.*, 1999). En este contexto si se considera, que la alimentación de los ruminantes depende principalmente de las plantas forrajeras, el manejo de las praderas debe ser considerado estratégico, de tal manera, que el sistema de producción pueda ser sostenible. Según Barbosa *et al.* (2007), gran parte de la baja productividad en zonas tropicales se pueden resolver con prácticas de manejo. Esto implica, conocer las interrelaciones entre las prácticas de manejo de la defoliación y respuesta de las plantas para fundamentar la planificación y el momento oportuno en que debe ser utilizada la pradera (Difante *et al.*, 2010). Investigaciones con base a los componentes morfológicos, y manejo con una intersección del 95% de luz solar, indican que la intensidad o altura apropiada del forraje residual para el pasto Tanzania es de 25 a 50 cm (Barbosa *et al.*, 2007), y de 30 a 50 cm para Mombaza (Carnevali *et al.*, 2006). Según Difante *et al.* (2011) al utilizar como base 70 cm de altura del forraje, en pasto Tanzania y someter a dos intensidades de pastoreo (25 y 50 cm de forraje residual), encontraron producción de forraje de 7.1 y 8.3 t ha⁻¹ con 68.5% y 57.9% de la digestibilidad de materia orgánica *in vitro*. El pasto Mulato II (*Bracharia híbrido 36087*), es un forraje con adaptación a las condiciones tropicales de México y de amplia aceptación por los productores por su contenido de proteína cruda de 9 a 16% y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 55 a 66% (Argel *et al.*, 2007), por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la acumulación de forraje y valor nutritivo del pasto Mulato II a diferentes condiciones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente experimento se realizó de noviembre 2013 a octubre 2014 en el área Experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) (17° 46' 56" N y 92° 57' 28" O), a 10 m de altitud, ubicada en el municipio de Centro, Tabasco, en el km 25 de la carretera Villahermosa – Teapa (Figura 1) y con un clima Af (Gar-

cía, 1988), y suelo luvisol crómico (Palma y Cisneros, 1996).

La siembra del pasto Mulato II se realizó manualmente a piquete, en el mes de julio del año 2012. Antes de sembrar se aplicó 1 lt ha⁻¹ del herbicida Glifosato al 41% para eliminar malezas emergidas. Para el establecimiento de la pradera, se utilizaron 6 kg de semillas ha⁻¹, con una distribución de 50 cm entre plantas; posteriormente se seleccionó un área de 1200 m² que se dividió en 12 unidades experimentales.

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones con arreglo factorial 2×2, donde los factores fueron dos frecuencias de pastoreos (FP: 21 y 28 d) y dos intensidades o alturas residuales del pastoreo (severo 17-20 y ligero

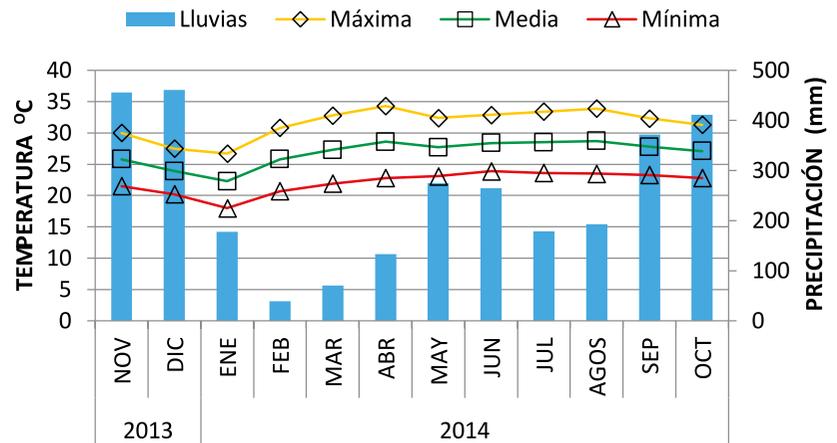


Figura 1. Datos de temperatura y precipitación durante el periodo experimental (CONAGUA, 2015).

22-25 cm altura). Quince días antes del inicio del estudio, se realizó un pastoreo de uniformización utilizando 10 becerros de 200 a 240 kg de peso vivo, los animales permanecieron en las unidades experimentales hasta alcanzar la altura residual correspondiente. No se utilizó fertilizante en ninguna fase experimental.

Acumulación de Materia Seca (MS). Un día antes de iniciar el estudio, se colocaron aleatoriamente, en cada unidad experimental, dos cuadros fijos de 0.5 m² en los cuales se cosechó, todo el forraje presente un día antes de cada pastoreo, a las intensidades correspondientes. Posteriormente, se utilizaron cinco becerros de entre 200 y 250 kg de peso vivo únicamente para remover todo el forraje presente en la unidad experimental, no se consideró los animales como parte del experi-



mento. La acumulación del forraje para su análisis se agrupó por épocas: nortes (noviembre-febrero), seca (marzo-abril) y lluvias (junio-octubre), y resultó de la suma del forraje recolectado en cada corte. Con respecto a los componentes morfológicos se pesó el forraje en verde y obtuvo una submuestra de aproximadamente 200 g, la cual se separó en hoja, tallo y material muerto, que se depositaron en bolsas etiquetadas, se secaron por separado en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h y se pesaron en una balanza digital SCOUT PRO, OHAUS, EE.UU.

Para la tasa de crecimiento de forraje, se emplearon los datos del forraje cosechado antes de cada pastoreo con la siguiente fórmula:

$$TCF=FC/t$$

donde, *TCF*=tasa de acumulación de forraje (kg MS ha⁻¹ d⁻¹); *FC*=forraje cosechado (kg MS ha⁻¹); *t*=días transcurridos entre pastoreos (Hernández *et al.*, 2002).

Para el valor nutritivo, el forraje se cosechó en cada repetición a mediados de cada época (25 de enero, 30 de abril y 15 de agosto), y se tomó una muestra de aproximadamente 5 kg de forraje verde (100% hoja) a la altura residual correspondiente, se lavó y depositó en bolsas de papel debidamente etiquetada, se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h y después se molió a una malla de 1 mm de diámetro. Posteriormente, se tomaron submuestras para realizar las siguientes determinaciones: Proteína, se determinó, con el contenido de Nitrógeno total de una submuestra de cada repetición, mediante el método de Microkjendhal (AOAC,

1990) y el valor de Nitrógeno, se multiplicó por 6.25, para obtener el contenido de proteína total. Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Ácido, se determinó, de acuerdo a la metodología propuestas por Van Soest *et al.* (1991). Los datos se analizaron mediante el procedimiento PROC MIXED (SAS, 2001). Los efectos de intensidades, frecuencias e interacciones, fueron considerados fijos y el efecto de bloques se consideró aleatorio. La comparación de medias de tratamientos se realizó con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las épocas del año, la acumulación MS incrementó a medida que aumento el intervalo entre pastoreo ($P<0.01$), se registró la mayor acumulación de MS en las frecuencias de corte a 28 d. Estos resultados difieren con otros autores, quienes observaron mayor efecto de la frecuencia en la acumulación del forraje y menor efecto de la altura de defoliación en diferentes especies de pastos (Guenni *et al.*, 2005; Difante *et al.*, 2011). Al pastorear a intensidades de 22-25 cm, la pradera cultivado con Mulato II presentó mejor respuesta a la defoliación y mayor acumulación del forraje, tal como lo consignan Difante *et al.* (2011) quienes mencionan, que al cosechar a intensidades ligeras, la pradera presenta buenas reservas de energía y cantidades importantes de hojas residuales.

En la frecuencia de corte de 28 d, en la época de lluvias se produjo el 48.8 % de la acumulación anual de MS, seguido por la época de nortes con 29.5%, y en la época de seca 21.6 % de la producción anual de forraje. La época donde se presentó mayor acumulación de MS se debió a que las condiciones ambientales fueron favorables en el desarrollo de las plantas (Figura 1), esto indica que la humedad y la temperatura estuvieron dentro del rango de 15 a 45 °C, lo cual, según Sage y Kubein, (2007) en este rango hay mayor eficiencia fotosintética de los pastos. En todas las épocas del año se observaron diferencias ($P<0.05$) por efecto de la intensidad de cosecha, registrando mayor acumulación de forraje en praderas pastoreadas a intensidad ligera (Cuadro 1). Respecto a la Tasa de crecimiento y composición morfológica, no se observaron efectos de interacción entre la frecuencia e intensidad del pastoreo en la tasa de crecimiento del pasto Mulato II (Cuadro 2). Sin embar-

Cuadro 1. Acumulación estacional del pasto Mulato II (*Bracharia hibrido 36087*) a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha⁻¹).

Frecuencias (días)	Intensidades (cm)	Nortes (Nov-Feb)	Seca (Mar-May)	Lluvias (Jun-Oct)	Anual
21		2558b	1835b	4037b	8631b
28		3824a	2803a	6319a	12647a
	Severo	2956b	1938b	4880b	9775b
	Ligero	3627a	2399a	5477a	11504a
EEM		191	65	231	180
Frecuencia de pastoreo		**	**	**	**
Intensidad de pastoreo		*	*	*	*

EEM=Error estándar de la media. ns=no significativo; ** $P\leq 0.01$; * $P\leq 0.05$. ab=Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P<0.05$). Épocas del año=nortes, seca y lluvias.

Cuadro 2. Tasa de crecimiento estacional del pasto Mulato II (*Bracharia híbrido 36087*) a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha⁻¹ d⁻¹).

Tratamientos		Épocas del año											
		Nortes (Nov-Feb)				Seca (Mar-May)			Lluvias (Jun-Oct)				
Frecuencia (días)	Intensidad (cm)	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
21		34.9a	29.1b	36b	23.7a	33.4b	25.9a	23.4a	27.8a	32.2a	37.4b	39.0b	66.89a
28		39.5a	37.6a	50a	29.0a	45.1a	30.3a	28.2a	33.9a	34.6a	49.0a	48.0a	68.69a
	Severo	34.1a	29.1b	38b	23.7a	33.4b	25.9a	23.4a	27.8a	32.2a	37.2b	37.0a	60.86a
	Ligero	38.5a	37.6a	48a	27.0a	45.1a	30.3a	23.9a	34.9a	32.6a	49.4a	39.0a	68.69a
EEM		3.6	3.5	3.5	2.7	3.0	2.2	2.0	3.9	2.7	3.1	2.3	6.1
FP		ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
IP		ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns

EEM=Error estándar de la media. ns=No significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; ab=Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$). FP=Frecuencia de pastoreo, IP=Intensidad de pastoreo.

go, tanto la frecuencia como la intensidad del pastoreo afectaron ($P < 0.05$) a la tasa de crecimiento durante el experimento.

La frecuencia del pastoreo afectó ($P < 0.05$) a la tasa de crecimiento en la mayor parte del año, donde los mayores valores se obtuvieron en la época de lluvias, seguidos de la época de nortes (vientos fríos del norte húmedos) y seca. Este comportamiento posiblemente se debe a que las bajas temperaturas afectaron el buen desarrollo de la planta, ya que según Lemaire *et al.* (2000), las bajas temperatura inhiben la aparición y elongación de hojas, lo cual disminuye considerablemente el desarrollo del dosel, el índice de área foliar y la capacidad fotosintética de la planta y su crecimiento.

En el caso de la época de seca, que se caracteriza por altas temperaturas y baja humedad (Figura 1); el déficit hídrico limitó el crecimiento del pasto, lo que propició los valores más bajos de la tasa de crecimiento (TC). En esta época se observó un efecto significativo tanto de la altura como del intervalo de corte en la TC; indicando que bajo estas condiciones es fundamental, por una parte, conservar cierta cantidad de residuo vegetal después del pastoreo, y por otra, proporcionar periodos prolongados de descanso para permitir el mantenimiento de la pradera (Difante *et al.*, 2011). El estrés climático por déficit hídrico, provocó un lento crecimiento que permitió cosechar escaso rebrote, principalmente hojas (Cuadro 3), lo cual también se ve reflejado en la cantidad de proteína y la fibra detergente neutro de la MS obtenidas en esta época que junto con la época de nortes fueron mayores a las que se obtuvieron en lluvias (Cuadro 4).

La frecuencia del pastoreo al que se sometió la pradera afectó la acumulación de hojas en todo el experimento (Cuadro 3). Similar comportamiento se obtuvo en tallos en las épocas de seca y lluvias. Respecto a la intensidad del pastoreo solamente se afectó al componente hoja en las épocas de nortes y seca ($P < 0.05$), para el componente tallo en nortes y lluvias respectivamente.

Al ampliar la frecuencia del pastoreo de 21 a 28 d la acumulación de hojas aumentó en 32, 17 y 39% en nortes, seca y lluvias respectivamente. Sin embargo, el pastoreo ligero incrementó en 15.2 y 17.8% de hojas respecto al pastoreo severo en las épocas de nortes y seca. Comportamiento similar se observó en el componente de tallos (Cuadro 3). Independientemente de la época del año, los cambios en la acumulación de hojas, tallos y material senescente fueron afectado por el manejo, ya que las praderas que se cosecharon a una intensidad ligera cada 28 d, y con condiciones climatológicas favorables, propiciaron mayor acumulación de hojas y menor acumulación de tallos. Estos resultados difieren con otros autores, quienes observaron mayor efecto de la frecuencia en la acumulación del forraje y menor efecto de la altura de defoliación en diferentes especies de pastos (Guenni *et al.*, 2005; Difante *et al.* 2011), de tal manera que al someter el pasto Mulato II a una intensidad de 17-20 cm cada 21 días, se obtuvo menor acumulación de hojas y tallos. Contrariamente ocurre en las praderas donde no se interrumpe el crecimiento de las plantas. En este sentido Difante *et al.*, (2010) y Ramírez *et al.* (2010) señalan que la proporción de hojas en el forraje cosechado disminuye al aumentar la edad del rebrote, debido a mayor crecimiento del tallo, cuando

Cuadro 3. Acumulación estacional de los componentes morfológicos del pasto Mulato II (*Bracharia híbrido 36087*) a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha⁻¹).

Frecuencias (días)	Intensidades (cm)	Nortes (Nov-Feb)	Seca (Mar-May)	Lluvias (Jun-Oct)	Anual
21		2197b	1758b	3295b	7252b
28		3246a	2125a	5442a	10813a
	Severo	2497b	1751b	4144a	8394b
	Ligero	2946a	2131a	4593a	9671a
EEM		178	71	241	154
Frecuencia		**	**	**	**
Intensidad		*	**	ns	**
21		376a	0	533b	910b
28		401a	280a	644a	1326a
	Severo	302b	113a	573b	953b
	Ligero	476a	166a	640a	1283a
EEM		47	34	33	91
Frecuencia		ns	**	**	**
Intensidad		*	ns	*	**
21		131a	76a	174a	318a
28		176a	97a	233a	507a
	Severo	132a	72b	181a	386a
	Ligero	175a	102a	226a	502a
EEM		33	12	60	62
Frecuencia		ns	ns	ns	ns
Intensidad		ns	*	ns	ns

EEM=Error estándar de la media. ns=no significativo; **P≤0.01; *P≤0.05. ab=Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05).

Cuadro 4. Proteína cruda (PC) fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) del pasto Mulato II (*Bracharia híbrido 36087*) sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (g kg⁻¹ de MS).

Frecuencia (días)	Intensidad (cm)	Nortes (Nov-Feb)			Seca (Mar-May)			Lluvias (Jun-Oct)		
		PC	FDN	FDA	PC	FDN	FDS	PC	FDN	FDA
		21		9.3a	557b	318a	11.1a	472b	299a	10.5a
28		8.8a	644a	333a	9.5b	604a	330a	9.5b	579a	337a
	Severo	9.1a	580a	315a	9.4b	509a	309a	10.7a	491a	373a
	Ligero	9.0a	626a	336a	11.2a	567a	320a	9.3b	580a	331a
EEM		0.32	30	49	0.38	32	60	0.31	62	37
Frecuencia de Pastoreo		ns	*	ns	**	*	ns	*	ns	ns
Intensidad de pastoreo		ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns

ns=no significativo; ** P≤0.01; * P≤0.05, abc=Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia (P<0.05), EEM=Error estándar de la media.

hay condiciones ambientales favorables de temperatura y humedad.

Al ampliar la frecuencia del pastoreo de 21 a 28 d, el Valor nutritivo disminuyó en 14.4 y 9.5% el contenido de PC en las épocas de seca y lluvias respectivamente (Cuadro 4). Respecto a la intensidad de pastoreo los mayores valores se encontraron en las praderas pastoreadas severamente. Para FDN esta fue afectada por la frecuencia de pastoreo en la época de nortes y seca respectivamente (Cuadro 4).

En las dos épocas de evaluación existen factores ambientales limitantes, temperatura en nortes y escasas de agua en seca, que ocasionan menor tasa de crecimiento y menor desarrollo de tallos, que en términos generales mantienen mayor proporción de tejidos jóvenes en el forraje cosechado. Lo anterior representado por el escaso rebrote, lo cual propicio el mayor contenido de PC a menor frecuencia e intensidad de pastoreo, y como consecuencia menor contenido de FDA. El aumento en la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y en la digestibilidad de los pastos, según Balsalobre *et al.* (2003), estos cambios en los componentes estructurales hace que el valor nutritivo de las gramíneas disminuya al aumentar la edad de la planta. En este sentido, Balsalobre *et al.* (2003) al evaluar *Panicum repens* L., registraron contenido de FDN (68.3 y 64.5%) y FDA (34.8 y 33.1%) en las estaciones de primavera y verano respectivamente, considerando únicamente la edad de la planta.

CONCLUSIONES

La mayor producción de forraje se obtuvo al cosechar a una intensidad de 22-25 cm cada 28 d, en todas las épocas del año, con una distribución estacional del 49.9, 30.2 y 22.1% en las épocas de lluvias, nortes y seca. Los valores mayores del contenido de PC se obtuvieron al pastorear severamente cada 21 d, con menor contenido de FDN, FDA. En la época de lluvias se obtuvo la mayor degradación in situ de la materia seca.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington, D.C. USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Argel J.P., Miles W.J., Guiot J.D., Lascano E.C. 2007. Cultivar Mulato (*Brachiaria híbrido* CIAT 36087). Grasses of high forage production and quality for the tropical. (In Spanish with English abstract). CIAT, Cali Colombia
- Balsalobre A.A., Corsi M., Menezes S.P., Penati M.A., Clarice G.B. D.2003 Cinética da Degradação Ruminal do Capim Tanzânia Irrigado sob Três Níveis de Resíduo Pós-Pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia 32 (6):1747-1762
- Barbosa R.A., Júnior D.D., Euclides V.P.B., Da Silva S.C., Zimmer A.H., De Almeida R.A., Torres jr. R.A.A. 2007. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo Pesq. agropec. bras., Brasília, 42 (3): 329-340.
- Carnevali R.A., Da silva S.C., Bueno A.A.O, Uebele M.C., Bueno F.O., Hodgson J., G.N. Silva, Morais J.P.G. 2006. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. Tropical Grassland. 140: 165-176
- CONAGUA. 2015. Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77. Se consulto 10 de noviembre 2015
- Difante G.S., Júnior D.N., Da Silva S.C., Euclides V.P.B., Montagner D.B., Silveira M.C.T., Pena K.D. 2011. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 40 (5): 955-963.
- Difante G.S., Euclides V.P.B, Nascimento Jr.D., Da Silva S.C., Barbosa R.A., Torres Jr R.A.A. 2010. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. Revista Brasileira de Zootecnia 39: 33-41.
- Enríquez Q.J.F., Meléndez N.F., Bolaños A.E.D. 1999. Tecnología para la Producción y Manejo de Forrajes Tropicales en México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 7. Veracruz México. 262 p.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Edit. Limusa. México. 217 p.
- Guenni O G.I.L., Guedez Y.J.L. 2005. Growth, forage yield and light interception and use by stands of five Brachiariaspecies in a tropical environment. Tropical Grassland. 39, 42-53.
- Hernández G.A., Martínez H.P., Mena U.M., Pérez P.J., Enríquez Q.J. 2002. Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvia. Técnica Pecuaria México. 40, 193-205.
- Lemaire G., Hodgson J., De Moraes A., Carvalho P.C., Nabinger C. 2000. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Cab international. 422 pp.
- Palma L.D., Cisneros D.J. 1996. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Fundación Produce Tabasco, A.C. Villahermosa, Tabasco. 116 p.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Carneiro D.S., Pérez P.J., Jacaúna D.S.J., Castro R.R., Enríquez Q.J.F. 2010. Características morfogênicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. Revista Tropical and Subtropical. 12(2) 303 -311
- Sage F.R., Kubein S.D. 2007. The temperature response of C 3 and C4 photosynthesis. Planta CellEnvironmental. 30, 1086-1106.
- Statistical Analysis Systems, SAS (2001). Statistical Analysis Systems user's guide (9th). SAS Institute Inc. Raleigh, North Carolina, USA.
- Steel R.G y Torrie J. H. 1988. Bioestadística. Principios y Procedimientos. 2a, ed, McGraw Hill. México. 622 p.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarchpolysaccharides in relation to animal nutrition. J. DairySci 74: 3583-3597.

POTENCIAL FORRAJERO DE *Lotus corniculatus* L. CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO

FODDER POTENTIAL OF *Lotus corniculatus* L. WITH DIFFERENT MANAGEMENT STRATEGIES

Álvarez-Vázquez, P.^{1*}, Hernández-Garay, A.^{1†}, García-de los Santos, G.¹, Guerrero-Rodríguez, J.D.²,
Mendoza-Pedroza, S.I.³, Ortega-Cerrilla, M.E.¹, Rojas-García, A.R.⁴, Wilson-García, C.Y.⁵

¹Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco. CP 56230, Edo. de México. ²Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Carretera México-Puebla, Km. 125.5. C.P. 72760, Puebla, Puebla, México. ³Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. km 38.5 carretera. México - Texcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México. ⁴Universidad Autónoma de Guerrero. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, CP 41940, Cuajimalpa, Guerrero, México. ⁵Universidad Autónoma Chapingo. Carretera San Luis Acatlán- Tlapa km. 5.5. Predio el Varal. C.P. 41630. San Luis Acatlán, Guerrero.

*Autor de correspondencia. alvarez.perpetuo@colpos.mx

RESUMEN

El estudio se realizó en Montecillo, Texcoco, Edo. de México, de septiembre de 2014 a septiembre de 2015. El objetivo fue estimar el potencial forrajero de *Lotus corniculatus* L., con diferentes estrategias de manejo, dependientes del porcentaje de luz interceptada (LI) y un corte fijo (CF) definido estacionalmente. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques al azar, en parcelas divididas, con tres repeticiones. Entre tratamientos, no se presentaron diferencias en la acumulación anual de forraje, ni en las diferentes estaciones, a excepción de otoño, donde el CF rindió 43 % menos que el 100 % LI (3,386 vs 5,922 kg MS ha⁻¹). En la composición botánica y morfológica, entre tratamientos, solo el tallo presentó diferencias en la acumulación anual. La hoja aportó el 53 %, del rendimiento anual, seguido por el tallo (32 %), material muerto (8 %) y maleza (7%), con mayor rendimiento en primavera y menor en otoño. Los mayores valores de altura promedio anual se registraron con 100% de LI con 26 cm, principalmente en primavera y verano, mientras que las de menor valor se registraron en el CF con 23 cm, en invierno. *L. corniculatus* (cv: 260012), responde de forma adecuada al cosecharlo a porcentajes de interceptación luminosa y un corte fijo, donde la hoja es la que más aporta al rendimiento, principalmente en primavera, donde presenta relación con la mayor altura de la planta.

Palabras clave: Forrajes, estrategia de manejo, composición botánica y morfológica.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo. 2018, pp: 24-28.

Recibido: abril, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.



ABSTRACT

The study was carried out in Montecillo, Texcoco, Estado de México, from September 2014 to September 2015. The objective was to estimate the fodder potential of *Lotus corniculatus* L., with different management strategies, depending on the percentage of light intercepted (LI) and a fixed cut (FC) defined seasonally. The treatments were established in a random block design, with three repetitions. Between treatments, no differences were present in the annual accumulation of fodder, or in the different seasons, except for fall, when the FC yielded 43 % less than the 100 % LI (3,386 vs 5,922 kg MS ha⁻¹). In the botanical and morphological composition, between treatments, only the stem presented differences in annual accumulation. The leaf contributed 53 % of the annual yield, followed by the stem (32 %), dead material (8 %), and weeds (7 %), with higher yield in spring and lower in fall. The highest values of annual average height were found with 100 % of LI with 26 cm, mainly in spring and summer, while those of lowest value were found in the FC with 23 cm, in winter. *L. corniculatus* (cv: 260012) responds adequately when it is harvested at percentages of light interception and fixed cutting, where the leaf is the one that contributes most to the yield, primarily in spring, where there is a relation with higher plant height.

Keywords: Fodder, management strategy, botanical and morphological composition.

dad de una pradera es su capacidad de rebrote. Este proceso depende de condiciones ambientales, tales como la temperatura, humedad, fertilidad del suelo, luz y manejo (Difante *et al.*, 2009). El manejo de las especies forrajeras ha sido definido mediante la altura del dosel y cantidad de forraje (Matthew *et al.*, 1999). Sin embargo, existen otros criterios que se fundamentan en la cantidad de luz interceptada. Al respecto Montagner *et al.* (2012), establecieron que un punto óptimo de cosecha es cuando la pradera intercepta 95 % de luz, condición bajo la cual la competencia intra-específica por este factor es mínima y se obtiene un forraje de alto valor nutricional (DaCunha *et al.*, 2010). No obstante, en la literatura revisada, en *L. corniculatus*, no se encontraron investigaciones respecto a este criterio de manejo, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar el potencial forrajero de *L. corniculatus*, genotipo 260012, con diferentes estrategias de manejo, dependientes del porcentaje de luz interceptada y un corte fijo definido estacionalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México (19° 29' N y 98° 53' O y 2250 m), de septiembre de 2014 a septiembre de 2015, en un clima templado sub-húmedo, con temperatura promedio de 15 °C y una precipitación anual acumulada de 500 mm (García, 2004). El suelo es de textura franco arenosa, ligeramente alcalino con pH de 7.1 (Ortiz, 1997). Los datos de precipitación y temperaturas se obtuvieron de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, localizada a 2 km del área experimental. La precipitación anual acumulada fue de

INTRODUCCIÓN

Lotus corniculatus L., es una Fabaceae que tiene el potencial forrajero para convertirse en un cultivo principal en regiones templadas del mundo (Grant, 2009). El 90% del área mundial sembrada con especies de *Lotus*, es ocupada por *L. corniculatus* (Escaray *et al.*, 2012), principalmente en Estados Unidos, Australia, Chile y Argentina (Barbosa *et al.*, 2011). Su alta adopción en el mundo, la convierte en la especie más estudiada (Cuitiño, 2012). Sin embargo, en México en una fuente de forraje poco explorada (García *et al.*, 2014). Es una especie que expresa diferentes adaptaciones agronómicas, respecto a otras fabáceas templadas, que incluyen adaptaciones, tales como tolerancia a la inundación, sequía, a bajos niveles de fósforo, suelos ácidos y a suelos con altos niveles de Al y Mn (Guillen y Widdup, 2008), condiciones donde la alfalfa (*Medicago sativa* L.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) difícilmente prosperan (Grant, 2009). Es comparada con estas especies, por su calidad nutricional, por su contenido de proteína (20% promedio), bajos contenidos de celulosa y más carbohidratos no estructurales que la alfalfa (Cassida *et al.*, 2000). Adicionalmente, presenta taninos condensados que previenen el timpanismo en rumiantes y protegen la degradación de las proteínas en el rumen (Ayala y Carambula, 2009). Reportes de rendimiento de forraje, van de 10,000 a 13,300 kg MS ha⁻¹ (Ramírez-Restrepo *et al.*, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007; Sartor *et al.*, 2010). Sin embargo, entre sus desventajas destacan; lento establecimiento inicial, no admite aprovechamientos intensos, cosechas frecuentes y baja persistencia y productividad (Ixtaina y Mujica, 2010). Moroso *et al.* (2007) mencionan que el factor principal que determina la productivi-

1,043 mm. Durante primavera y verano se presentaron las máximas precipitaciones y temperaturas, respecto a otoño e invierno (Figura 1).

Se utilizó una pradera de *L. corniculatus* (genotipo 260012), establecida el 14 de marzo de 2014, con 9 plantas m⁻², a 33 cm entre planta. Las plántulas se obtuvieron de plantas ya establecidas en bolsas de plástico en invernadero, en sustrato de suelo típico del lugar, sin fertilizar. Posterior al trasplante (13 semanas) se dio un pastoreo con ovinos y otro corte de uniformización al inicio del experimento (05 de septiembre de 2014), a 7 cm sobre el nivel del suelo. Las parcelas fueron regadas cada 15 días a capacidad de campo, en época de estiaje.

El área fue dividida en 12 parcelas de 16 m⁻² (4x4 m). Los tratamientos correspondieron a cortes cuando la pradera alcanzó porcentajes de luz interceptada (LI) de

un manejo similar al de la alfalfa (*M. sativa*). El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones. El monitoreo de la LI fue hecha a nivel del suelo (seis mediciones), usando un analizador de dosel *AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer Modelo PAR 80* (Decagon Devices, USA). El rendimiento de forraje, fue determinado al cosechar el forraje presente en dos cuadros fijos (0.25 m²) establecidos al inicio del experimento por repetición y secado a 55 °C a peso constante en una estufa de aire forzado (Felisa, Mod. FE-243A). La composición botánica y morfológica (CBM), se estimó al tomar una sub-muestra (10% aproximado) del forraje cosechado, separando hoja, tallo, material muerto (material senescente) y maleza, y se calculó el aporte al rendimiento de cada componente (kg MS ha⁻¹). La altura de planta (cm) fue medida con una regla de 1 m, en 12 lecturas al azar por repetición. De esta, se calculó el rendimiento de forraje por cada cm de altura, al dividir

el rendimiento estacional acumulado entre la altura promedio estacional, entre el número de cortes (datos no presentados). Los datos por corte, fueron organizados por estación, promedios, y anual acumulado. Para determinar el efecto de la estación y tratamiento sobre el genotipo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento PROC GLM del SAS Institute (2009) y una comparación de promedios mediante la prueba de Tukey (p≤0.05).

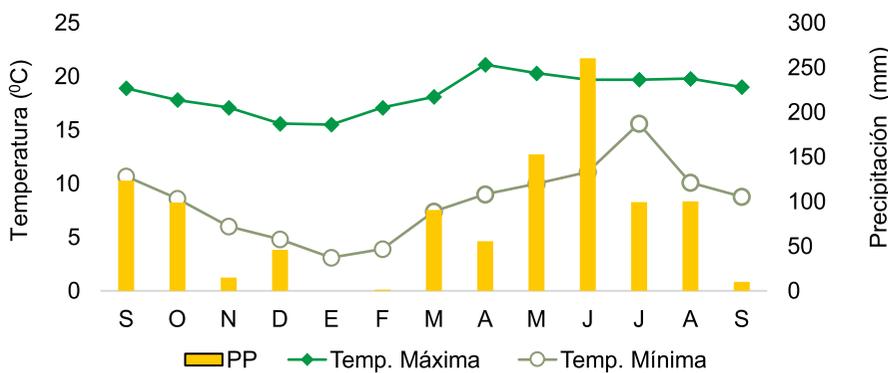


Figura 1. Temperatura media mensual máxima, mínima y precipitación acumulada mensual.

90, 95 y 100 % y un corte fijo (CF) definido por estación (primavera-verano 28, otoño 35 e invierno cada 42 día). Esta última frecuencia de corte fue relacionada de acuerdo a Cárdenas et al. (2007), quienes mencionan que es posible encontrar rendimientos mejores en

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

No se presentaron diferencias (p≥0.05) en la acumulación anual de forraje, ni en las diferentes estaciones, a excepción de otoño (Cuadro 1), donde el rendimiento

Cuadro 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de *L. corniculatus*, genotipo 260012, en función de porcentajes de luz interceptada (LI) y un intervalo de corte fijo (CF°) definido estacionalmente.

LI (%)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Anual	EEM
90	3885 ABb	5700 Aab	9080 Aa	8363 Aa	27028 A	164
95	4534 ABb	6882 Aab	8630 Aa	8969 Aa	29015 A	918
100	5922 Ab	6062 Ab	10075 Aa	8696 Aa	30755 A	572
CF°	3386 Bb	6735 Aa	7484 Aa	7063 Aa	24668 A	780
Promedio	4432 c	6345 bc	8817 a	8273 ab	27866	759
EEM	798	756	1619	1243	3854	798

Promedios con letra mayúscula diferente en una columna y letra minúscula diferente en una hilera son estadísticamente diferentes (p≤0.05). EEM=error estándar medio, CF°=otoño: 35, invierno: 42, y primavera-verano: 28 días entre corte.

menor correspondió al corte fijo con 43% menos respecto al 100% LI (3,386 vs 5,922 kg MS ha⁻¹). Lo anterior, puede estar relacionado con un intervalo de cosecha menor del corte fijo (33 d) (datos no presentados), respecto al 100% de LI (45 d7). Moroso *et al.* (2007), obtuvieron mayores rendimientos de materia seca en los cultivares San Gabriel y ARS 2620, bajo un intervalo de corte de 30 d, respecto a uno de 7 d. Por otra parte, independiente del tratamiento, los mayores rendimientos promedios estacionales se presentaron en primavera (8,817 kg MS ha⁻¹) y los menores en otoño (4,432 kg MS ha⁻¹). Tal comportamiento puede explicarse por la relación estrecha entre la producción de forraje y las temperaturas óptimas (22 °C) para el crecimiento *Lotus*, en condiciones de campo (García *et al.*, 2014). Tales temperaturas se presentaron en primavera (Figura 1). Un comportamiento estacional similar se presentó en cinco genotipos de *L. corniculatus*, (Scheffer *et al.*, 2011). Al respecto, se han reportado distribuciones estacionales en *L. corniculatus* de 49, 25, 14 y 12 % para primavera, verano, invierno y otoño, concentrándose 74% en primavera y verano (Díaz *et al.*, 1996).

Composición botánica y morfológica

Solo en tallo se presentaron diferencias ($p \leq 0.05$) en la acumulación anual por componente botánico y morfológico (Cuadro 2), donde el rendimiento menor correspondió al corte fijo con 5,954 kg MS ha⁻¹, respecto al 100% de LI con 10,883 kg MS ha⁻¹. Al respecto, Barbosa *et al.* (2011) mencionan que mantener el rebrote después de 95% de LI, conlleva mayor elongación de tallo en respuesta a la competencia por luz. En los rendimientos promedios

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) anual y por componente botánico y morfológico de *L. corniculatus*, genotipo 260012, en función de porcentajes de luz interceptada (LI) y un intervalo de corte fijo (CF) definido estacionalmente.

LI (%)	Hoja	Tallo	MM	Maleza	EEM
90	13729 A	8918 AB	2581 A	1800 A	1877
95	15886 A	9238 AB	2036 A	1856 A	1604
100	14983 A	10883 A	2688 A	2200 A	1093
CF°	14345 A	6954 B	1101 A	2268 A	932
Promedio	14736 a	8998 b	2102 c	2031 c	910
EEM	2138	1428	960	795	

Promedios con letra mayúscula diferente en una columna y letra minúscula diferente en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). EEM=error estándar medio; CF°=otoño: 35, invierno: 42, y primavera-verano: 28 días entre corte. MM=Material muerto.

por componente, la hoja fue la que más aportó al rendimiento con promedio de 14,736 kg MS ha⁻¹, que representó 53%, del rendimiento anual, seguido por el tallo (32%), material muerto (8%) y maleza (7%). Si bien, la pradera presentó un mínimo de malezas, su presencia puede aumentar con el tiempo por efecto del tiempo de establecimiento y la frecuencia de corte (Teixeira *et al.*, 2007).

Altura de planta

Hubo diferencias entre tratamientos y estaciones del año ($p \leq 0.05$) anualmente cuyos mayores valores se registraron con 100% de LI con 26 cm, mientras que, las alturas con valores menores fueron en el corte fijo con 23 cm. Estos resultados sugieren que praderas cosechadas con 100% de LI incrementan su altura en 12% más respecto al corte fijo por efecto de un intervalo de corte mayor (45 contra 33 días promedio anual; datos no presentados), lo que puede tener un efecto sobre el rendimiento de forraje (Villegas *et al.*, 2004), ya que se ha relacionado el rendimiento con la altura de planta y con el hábito de crecimiento de la especie (Scheffer *et al.*, 2011). Entre estaciones, la altura promedio estacional mayor se registró en primavera-verano con 28 cm, y en invierno la menor con 20 cm. Las alturas mayores de la planta se encontraron en las estaciones con las condiciones óptimas para el crecimiento y rendimiento de la especie (Figura 1; Cuadro 3). Resultados similares reportaron García *et al.* (2014) evaluando 12 genotipos de *L. corniculatus* en la misma zona. Es así que, la altura de la pradera da una idea del forraje producido. Por esto, al calcular la equivalencia de los mayores rendimientos estacionales y de los tratamientos, se obtuvo que cada cm de altura correspondió 133 y 136 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ para primavera y para el promedio de las intercepciones luminosas 90, 95 y 100% de LI, respectivamente.

CONCLUSIONES

L. corniculatus, genotipo 260012 responde mejor considerando el porcentaje de luz interceptada, respecto a un corte fijo. La hoja, fue el componente que más aportó al rendimiento de forraje, principalmente en la estación de primavera, seguida por el tallo, material muerto y maleza, y presenta la mayor relación con la mayor altura de la planta.

Cuadro 3. Altura de planta (cm) de *L. corniculatus*, genotipo 260012, en función de porcentajes de luz interceptada (LI) y un intervalo de corte fijo (CF) definido estacionalmente.

LI (%)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Promedio	EEM
90	21 Bb	21 ABb	27 Aa	29 Aa	24 AB	1.6
95	21 Bb	21 ABb	27 Aa	28 Aa	24 AB	1.4
100	25 Abc	22 Ac	28 Aab	29 Aa	26 A	1.5
CF°	24 ABa	18 Bb	24 Aa	23 Ba	23 B	1.4
Promedio	23 b	20 c	27 a	29 a	25	1.3
EEM	1.5	1.2	1.5	1.6	1.0	

Promedios con letra mayúscula diferente en una columna y letra minúscula diferente en una hilera son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). EEM=error estándar medio, CF°=otoño: 35, invierno: 42, y primavera-verano: 28 días entre corte.

LITERATURA CITADA

- Ayala W., Carámbula. 2009. El valor agronómico del género *Lotus*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Uruguay. 424 p.
- Barbosa R.A., Do Nascimento Jr., Vilela H.H., Da Silva C.S., Batista-Euclides P.V., Sbrissia F.A., Da Lana S.B. 2011. Morphogenic and structural characteristics of guinea grass pastures submitted to three frequencies and two defoliation severities. *Rev Bras Zootec*; 40(5): 947-954.
- Cárdenas R.E.A., Carulla J., Riveros Á., Pimentel J.C. 2007. Evaluación agronómica y productiva de una colección núcleo de variedades comerciales de *Lotus* para clima frío en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20: 652-653.
- Cassida K.A., Griffin T.S., Rodríguez J., Patching S.C., Hesterman O.B., Rust S.R. 2000. Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa red clover, and birdsfoot trefoil, *Crop Sci.* 40: 209-215.
- Cuitiño M.J. 2012. Variedades criollas de *Lotus corniculatus* L. multiplicadas por productores: rendimiento de semilla y componentes que lo determinan. *Revista INIA*. 31: 5.
- Da Cunha B.A.L., Do Nascimento Jr., Silveira M.C.T., Montagner D.B., Bautista-Euclides V.P., Da Silva S.C., Sbrissia A.F., Rodrigues C.S., Sousa B.M.L., Pena K.S., Vilela H.H., Silva W.L. 2010. Effects of two post-grazing heights on morphogenic and structural characteristics of guinea grass under rotational grazing. *Tropical Grasslands*. 44: 253-259.
- Díaz L.J.E., García A.J., Rebuffo M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. *I.N.I.A*, 71: 12.
- Difante Dos-S.G., Do Nascimento Jr D., Batista-Euclides V.P., Da Silva S.C., Barbosa A.R., Concalves V.W. 2009. Sward structure and nutritive value of tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. *Rev Bras Zootec*; 38 (1): 9-19.
- Escaray J.F., Menendez B.A., Garriza A., Pieckenstain L.F., Estrella J.M., Castagno N.L., Carrascoc P., Sanjuand J., Ruiza A.O. 2012. Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Science* 182: 121 - 133.
- García B.D.V., Guerrero R.J.D., García D.S.G., Lagunes R.S.A. 2014. Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* L., en el estado de México. *Nova Scientia*. 7 (13): 170-189.
- García E. 2004. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Grant F.W. 2009. *Lotus corniculatus*. SciTopics. Canada. 2 p. http://www.scitopics.com/Lotus_corniculatus.html (Consultado el 02 de noviembre de 2017).
- Guillén R. and Widdup K. 2008. Program of improvement in *Lotus corniculatus* L.: Base Germplasm characterization. [Programa de mejoramiento en *Lotus corniculatus* L.: Caracterización del germoplasma base]. *Lotus Newsletter*. 38: 2 - 67.
- Ixtaina V.Y. and Mujica M.M. 2010. Seedling vigor response of *Lotus tenuis* populations to contrasting variations of water and nutrient availability, *Agrociencia* 44: 31 - 41.
- Maroso R.P., Scheffer-Basso S.M., Carneiro C.M. 2007. Rebrotas de *Lotus* spp. de diferentes hábitos de crecimiento. *Rev Bras Zootec*; 36: 1524-1531.
- Matthews P.N.P., Harrington K.C., Hampton J.G. 1999. Management of grazing systems. In: White, J.; Hodgson, J. (Eds.). *New Zealand pasture and crop science*. Auckland: Oxford University Press. pp: 153 - 174.
- Montagner D.B., Do-Nascimento Jr., Vilela H.H., Sousa M.L. B., Euclides-Bautista V.P., Da Silva C.S., Carloto N.M. 2012. Tilling dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. *Rev Bras Zootec*; 41 (3): 544-549.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de Monolitos. Departamento de génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 123 p.
- Ramírez-Restrepo C.A., Barry T.N., López-Villalobos N., 2006. Organic matter digestibility of condensed tannin-containing *Lotus corniculatus* and its prediction *in vitro* using cellulase/hemicellulase enzymes. *Animal Feed Science and Technology*. 125: 61-71.
- Sartor L.R., Adami P.F., Soares A.B., Pitta C.S.R., Montardo D.P., M. Dall'Agnol. 2010. Cool season forage legumes in southwestern of Paraná. *Sci. Agr.* 11: 293 -298.
- SAS, Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Scheffer BMS, Brustolin R., Dall AM. 2011. Performance of *Lotus corniculatus* L. genotypes submitted to cutting interval: subsidies to a breeding program. *Rev Bras Zootec*; 40(8):1645-1650.
- Teixeira E.I., Derrick J.M., Hamish E.B., Andrew L.F. 2007. The dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. *Europ. J. Agronomy*. 26: 394-400.
- Villegas A.Y., Hernández G.A., Pérez P.J., López C.C., Herrera H.J.G., Enríquez Q.J.F., Gómez V.A. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc Pec Méx*; 42(2): 145-158.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN PASTOREO SUPLEMENTADOS CON FOLLAJE DE *Guazuma ulmifolia* Lam.

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF PELIBUEY SHEEP IN GRAZING SUPPLEMENTED WITH *Guazuma ulmifolia* Lam. FODDER

Mayren-Mendoza, F.J.¹, Rojas-García, A.R.¹, Maldonado-Peralta, M.A.^{1*}, Ramírez-Reynoso, O.¹, Herrera-Pérez, J.¹, Torres-Salado, N.¹, Sánchez-Santillán, P.¹, Bottini-Luzardo, M.B.¹, Hernández-Garay, A.^{2†}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. México. Km 197 Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero. ²Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor para correspondencia: mmaldonado@uagro.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos pelibuey, suplementados con follaje de *Guazuma ulmifolia* Lam., en el trópico. La investigación se realizó en Cuajinicuilapa, Guerrero, México. Se utilizaron 21 ovinos (*Ovis aries*) machos raza pelibuey, con cinco meses de edad de 20 ± 1.5 kg de peso. Los ovinos fueron alimentados bajo pastoreo en pradera con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Y suplementados con tres tratamientos: 0, 25 y 50% de *G. ulmifolia* en proporción al requerimiento de materia seca. Las variables evaluadas fueron: consumo voluntario del follaje de *G. ulmifolia*, ganancia de peso (Torrey EQB-200, con ± 0.1 kg) y eficiencia alimenticia. Se registraron diferencias ($p=0.05$) en el consumo de follaje; cuando se suplementó con 50% *G. ulmifolia*, se generó 20% mayor consumo de MS total, lo que mejoró la conversión alimenticia y comportamiento productivo de los ovinos. El uso de *G. ulmifolia* como especie forrajera o suplemento alimenticio es una alternativa viable para evitar la pérdida de peso en los animales, en condiciones de pastoreo en el trópico.

Palabras clave: Pastoreo, complemento, rumiantes, conversión alimenticia.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive behavior of Pelibuey sheep supplemented with *Guazuma ulmifolia* Lam. fodder, in the tropics. The research was carried out in Cuajinicuilapa, Guerrero. Twenty-one (21) Pelibuey breed male sheep (*Ovis aries*) were used, of five months of age, 20 ± 1.5 kg of weight. The sheep were fed with grazing in star grass (*Cynodon nlemfuensis*) pastures. And supplemented with three treatments: 0, 25 and 50% of *G. ulmifolia* in

proportion to the requirement of dry matter. The variables evaluated were: voluntary consumption of *G. ulmifolia* fodder, weight gain (Torrey EQB-200, with ± 0.1 kg), and dietary efficiency. Differences were found ($p=0.05$) in fodder consumption; when it was supplemented with 50% *G. ulmifolia*, 20 % higher consumption of total DM was generated, improving the dietary conversion and productive behavior of the sheep. The use of *G. ulmifolia* as fodder species or food supplement is a viable alternative to avoid weight loss in the animals, under conditions of grazing in the tropics.

Keywords: Grazing, supplement, ruminants, dietary conversion.

INTRODUCCIÓN

México presenta una diversidad edafoclimática; sin embargo, el uso y aprovechamiento de muchas especies vegetales es limitado, siendo fuentes valiosas de alimento para el ganado y fauna silvestre, sobre todo para las regiones que presentan épocas prolongadas de estiaje (Palma, 2005; Manríquez-Mendoza *et al.*, 2011); escasez de forraje, además de manejo inapropiado del ganado y pasturas, que genera reducción en peso y cantidad de cabezas. Dada la situación, para mitigar la falta de alimento forrajero en épocas secas, algunos productores suplementan a sus animales con follaje y frutos de especies arbustivas y arbóreas (Zamora *et al.*, 2001). La incorporación de especies leñosas, perennes, a los sistemas de producción ganadera, son una estrategia accesible para productores pequeños de ovinos en pastoreo, contribuyen al potencial y a los mecanismos de diversificación alimenticia y mejoran las deficiencias nutrimentales; además, genera ganancias porque reduce la dependencia de insumos externos (López *et al.*, 2003; Insuasty *et al.*, 2013). Algunas especies nativas con potencial forrajero y alto contenido de PC son *Brosimum alicastrum* (14.1-15.7%), *Glicirida sepium* (19.3%) y *Guazuma ulmifolia* (12.9-18.1%) (Ku Vera *et al.*, 2000; Martínez-Martínez *et al.*, 2012). Diversas investigaciones indican que el *G. ulmifolia*, además de ser medicinal (Berenguer *et al.*, 2007; Alonso-Castro y Salazar Olivo, 2008) y comestible (EMB, 2007), contiene desde 5.5 hasta 23% de Proteína Cruda, se desarrolla en regiones tropicales con baja precipitación y suelos deficientes (Villa *et al.*, 2009; Pinto-Ruiz *et al.*, 2010; Manríquez-Mendoza *et al.*, 2011); sin embargo, la calidad

nutrimental y proteína depende de las condiciones edafoclimáticas, época del año, edad de rebrote y manejo de las plantas (Palma y Román, 2003; López, 2008). Estudios realizados en diferentes zonas tropicales de México, indican que los Pelibuey ramonean en promedio 29 plantas arbóreas (Zamora *et al.*, 2001) y al menos 10 de éstas tienen cualidades para establecerse en sistemas silvopastoriles (Torres *et al.*, 2006). Sosa *et al.* (2004) evaluaron ovinos Pelibuey x Blackbelly pastoreados en heno estrella (*Cynodon nlemfuensis*), complementado con follaje arbóreo, e indicaron que los ovinos presentaron preferencia por *G. ulmifolia*, y que con el consumo de 75 y 100% de follaje se alcanzaron ganancias mayores respecto al pastoreo solo, lo que significa una opción para aumentar la calidad y producción animal en las diferentes regiones tropicales del país. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de ovinos Pelibuey en pastoreo, suplementados con diferentes niveles de *Guazuma ulmifolia* Lam.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la localidad Cerro del Indio (16° 08' N y 98° 40' O), el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura y precipitación promedio anual de 27 °C y 1,100 mm, a una altitud de 40 m; situado a 15 km del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México (INEGI, 2017). Se seleccionaron 21 ovinos machos raza Pelibuey, con cinco meses de edad y 20 ± 1.5 kg de peso promedio, se marcaron e identificaron con aretes de plástico y se desparasitaron con ivermectina ($200 \mu\text{g kg}^{-1}$ peso vivo), vía subcutánea. La investigación tuvo una duración de 45 d; el diseño fue completamente al azar (DCA) con tres tratamientos de siete repeticiones cada uno; los tratamientos fueron 0, 25 y 50% de *Guazuma ulmifolia*, según el requerimiento de Materia Seca (MS) de cada animal; suministrados mediante el sistema de corte y acarreo, ofrecidos en comederos tipo canoa, 4 h antes del pastoreo; con lo que se estimó el consumo efectivo. Las ramas con follaje de *G. ulmifolia* se colectaron 24 h antes de su uso, seleccionando tallos con diámetro no mayor de 1 cm, se fraccionaron hasta obtener partículas de entre 2 y 4 cm, aproximadamente; el porcentaje de suplemento ofrecido a cada tratamiento se determinó en base a la relación peso (Báscula electrónica marca OHAUS T32XW, USA) fresco y seco del follaje. Posteriormente, los hatos se juntaron y pastorearon durante 7 h diarias, en una extensión de 10 ha de terreno, dividido en parcelas, establecidas con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), y libre acceso al agua. El consumo de alimento se calculó utilizando el método de la diferencia

oferta-rechazo (Quintana, 1999); además de la ganancia diaria de peso (Cannas *et al.*, 2004) y para la eficiencia alimenticia, se utilizó la ecuación sugerida por Maynard *et al.* (1981). El peso de los ovinos se registró con una báscula electrónica (Torrey EQB-200, con ± 0.1 kg) al inicio del experimento, luego cada ocho días antes de suministrar el suplemento. Los datos se analizaron empleando el software estadístico SAS (2011) versión 9.0, realizando análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$). Previo al inicio del experimento, en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N.2 Cuajinicuilpa, se evaluó la composición bromatológica de las especies utilizadas en la dieta ofrecida a los ovinos, utilizando la metodología de ANKOM Technology Method de Van Soest *et al.* (1991) y AOAC (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad nutrimental de las especies forrajeras se refleja en la respuesta productiva de los rumiantes; por consiguiente, las características químicas del *G. ulmifolia* y del pasto estrella incluidos en la dieta de los ovinos, indicaron que cuando se agrega follaje de arboreas en la alimentación mejora la calidad nutrimental. En esta investigación en *G. ulmifolia* se encontró 17.33% de PC, mientras que el pasto al momento del consumo tenía 9.8 % (Cuadro 1).

En los trópicos de México, la producción de ovinos se maneja principalmente en sistemas extensivos, donde la base de la alimentación es el pastoreo de gramíneas forrajeras nativas, y es común el uso de pasto estrella, el cual es un forraje económico y disponible en su forma natural. Este estudio se realizó de igual manera y utilizando como complemento alimenticio al *G. ulmifolia*, planta perenne, con calidad nutrimental, donde en otras investigaciones (Ramírez *et al.*, 2011) registró hasta 18.1% de PC. García *et al.* (2009), evaluaron especies de *Pithecellobium*, *Cassia* y *Guazuma*, y mencionan que, en estos géneros, hay especies que presentan en promedio 23.46% de PC, siendo excelente alternativa para la alimentación animal.

La ganancia de peso alcanzada por los ovinos Pelibuey, alimentados con forraje estrella y suplementados con *G. ulmifolia* fue significativa ($p \geq 0.05$; Cuadro 2), pues fue mejor para el

Cuadro 1. Propiedades bromatológicas de las especies con potencial forrajero utilizadas en la dieta de ovinos, raza Pelibuey.

Nutrimento (%)	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
Proteína Cruda	17.33	9.8
FDN	49.9	72.5
FDA	31.9	34.3
Cenizas	11.3	10.9
Digestibilidad <i>in vitro</i> en MS	53.8	61.9
Lignina	13.3	5.1
Extracto etéreo	4.6	4.5
Materia Seca Total	59.7	24.8

FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, MS: materia seca.

hato de animales que consumieron mayor *G. ulmifolia*, obteniéndose a la vez mayor eficiencia alimenticia en este tratamiento. Los ovinos al ser alimentados con pasto estrella ganaron 30.44 g día⁻¹; mientras que al hato que se suplementó con 25% de *G. ulmifolia* a la dieta ganaron 36 g día⁻¹, y con 50% se obtuvo una ganancia de 41.6 g día⁻¹, resaltando que, en la región de la Costa Chica (Guerrero, México) en épocas de estiaje, en vez de ganancias se generan pérdidas, por lo tanto se sugiere el uso de *G. ulmifolia* solo o combinado con pastos y algún concentrado para complementar las deficiencias nutrimentales del ganado en la región.

Otro aspecto importante es la aceptación del alimento por el ovino, en esta investigación se obtuvo 92% de tolerancia al *G. ulmifolia*. Algunas investigaciones realizadas con pasto Taiwán suplementado con bloques de pasta de coco, mencionan que los ovinos rechazaron el 9% de este alimento, concluyendo que la aceptación del alimento fue buena (González-Garduño *et al.*, 2011), lo que coincide con esta investigación. Apráez *et al.* (2017), estudiaron *Samanea saman*, *Pithecellobium lanceolatum*, *Pithecellobium dulce*, *Cassia fistula* y *G. ulmifolia* e indican que en época de estiaje el consumo

Cuadro 2. Ganancia de peso y eficiencia alimenticia en ovinos raza Pelibuey, en condiciones de pastoreo, suplementados con *G. ulmifolia*.

Tratamientos suplementados con MS (%)	Ganancia de peso total (kg)	Eficiencia Alimenticia
0	1.37 c	0.05
25	1.62 b	0.06
50	1.87 a	0.07
DMS	0.2	----
CV	77.58	----

Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (≥ 0.05); DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación.

de éstas especies (Fabaceae) es mayor, y que en zonas tropicales los rumiantes requieren pastorearse durante más tiempo y en mayores espacios. Aunado a lo anterior, el consumo de ésta planta dentro de la dieta de rumiantes es un indicador de ganancia de peso debido a que no presenta pérdidas. En temporada de lluvia, al haber mayor disponibilidad de forraje los animales prefieren henos respecto al consumo de especies arbóreas, y la ganancia de peso en ésta época es mayor. González-Garduño *et al.* (2011) alimentaron ovinos con pasto Taiwán y bloques de pasta de coco como suplemento, e indican que el uso de alguna fuente de proteína genera mayor consumo de materia seca total por cordero y permite mejores ganancias de peso; lo que coincide con la presente investigación, debido a que se observó que al adicionar una suplementación del 50% de follaje de *G. ulmifolia* propició mayor consumo.

La integración de especies de árboles forrajeros utilizados para pasturas en la Costa Chica de Guerrero, son una alternativa para mejorar el nivel alimenticio y productivo del rebaño, economizando y utilizando de manera racional los recursos naturales; además, la creación de un sistema multiestratificado resulta ser de diferentes propósitos, al mismo tiempo en época de estiaje afrontan las deficiencias nutrimentales de ovinos en pastoreo.

CONCLUSIONES

G. *ulmifolia* presenta calidad nutrimental y mejora la producción de ovinos en el trópico; de tal manera que al suplementar con 50% de *G. ulmifolia*, se obtuvo mayor consumo de MS total, lo que suscitó en mejor ganancia de peso y por consiguiente en mayor eficiencia alimenticia. Se recomienda realizar mayor investigación utilizando el follaje de especies arbóreas leñosas, con potencial forrajero en rumiantes y establecer parcelas silvopastoriles o bancos de proteína para épocas de estiaje.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Castro A.J., Salazar-Olivo L.A. 2008. The anti-diabetic properties of *Guazuma ulmifolia* Lam. are mediated by the stimulation of glucose uptake in normal and diabetic adipocytes without inducing adipogenesis. *Journal of Ethnopharmacology*. 118(2):252-256.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EE.UU. 1928 p.
- Apráez G.E., Gálvez C.A.L., Navia E.J.F. 2017. Evaluación nutricional de arbóreas y arbustivas de bosque muy seco tropical (bms-T) en producción bovina. 34(1): 98-107.
- Berenguer B., Trabadela C., Sánchez-Fidalgo S., Quílez A., Miño P., De la Puerta R., Martín-Calero M.J. 2007. The aerial parts of *Guazuma ulmifolia* Lam. protect against NSAID-induced gastric lesions. *Journal of Ethnopharmacology*. 114(2):153-160.
- Cannas A., Tedeschi L.O., Fox D.G., Pell A.N., Van Soest P.J. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.*, 82(1): 49-169.
- EMB 2007. (Encyclopédie Méthodique, Botanique). *Guazuma ulmifolia* (Lam.). URL: www.fs.fed.us/global/iitf/Guazumaulmifolia.pdf. (acceso: marzo 01, 2018) 3:246-249.
- García D., Medina M., Moratino O., Cova L., Torres A., Santos O., Perdomo D. 2009. Caracterización químico-nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. *Avances en Investigación Agropecuaria. Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria* 13(2):25-39.
- González-Garduño R., Torres-Hernández G., Arece-García J. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas Fuentes de proteína. *Avances de Investigación Agropecuaria* 15(3): 3-20.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Dirección General e Geografía. Coordinación de Desarrollo de Proyectos. Subdirección de Actualización de Marco Geoestadístico. Instituto Nacional De Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx>
- Insuasty E., Apráez E., Galvez A. 2013. Caracterización botánica, nutricional y fenológica de especies arbóreas y arbustivas de bosque muy seco tropical. *Ciencia Animal* 6(1): 109-124.
- Ku Vera J., Ramírez C., Jiménez G., Alayón J., Ramírez L. 2000. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. Conferencia electrónica. FAO. Disponible: <<http://www.fao.org/wa/su/02apr>>.
- López H.V.M. 2008. Composición química y consumo voluntario de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) por ovinos tropicales. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero, México, 63 p.
- López M.D., Soto P.L., Jiménez F.G. Hernández D.S. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia* 28(6): 334-339.
- Manriquez-Mendoza L.Y., López-Ortiz S., Pérez-Hernández P., Ortega-Jiménez E., López-Tecpoyotl Z.G., Villarruel-Fuentes M. 2011. Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* Lam. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:453-463.
- Martínez-Martínez R., López-Ortiz S., Ortega-Cerrilla M.E., Soriano-Robles R., Herrera-Haro J.G., López-Collado J., Ortega-Jiménez E. 2012. Preference, consumption and weight gain of sheep supplemented with multinutritional blocks made with fodder tree leaves. *Livestock Science* 149:185-189.
- Maynard L., Loosli J.K., Hintz, H.F., Warner, R.G. 1981. *Nutrición animal*. 4a edición. Mc Graw-Hill. México: Pp. 640.
- Palma J.M. 2005. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* Vol. 14 (3): 95-104.
- Palma J.M., Román L. 2003. Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. *In: II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*. Depósito de

- documentos de la FAO. URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4435s/y4435s00.pdf> (accessado marzo 2018). Pp. 271-281.
- Pinto-Ruiz R., Hernández D., Gómez H., Cobos M.A., Quiroga R., Pezo D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia, Tropicó húmedo*, 16(1): 19-31.
- Quintana J.A. 1999. Avitécna, manejo de las aves domésticas más comunes. Editorial Trillas. México: 384 pp.
- Ramírez A.L., López B.L., Petit A.J., Ku V.J. 2011. Producción ovina en sistemas agroforestales en el trópico. *Bioagrociencias*, 4(1): 33-42.
- SAS. (Statistical Analysis System). 2011. SAS Proceeding Guide, Versión 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Sosa E.E., Pérez R.D., Ortega R.L., Zapata B.G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*, 42(2): 129-144.
- Torres J.A., Castellanos A.M., Luna G., Nava L.G., Quintanilla A.R., Rosales R., Torres A., Vargas J. 2006. Los sistemas agrosilvopastoriles con ovinos en el centro de Veracruz, México. Experiencia de Docencia-Investigación. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible, Matanzas, Cuba, 72 p.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., y Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Villa H.A., Nava T.M.E., López, O.S., Vargas, L.S., Ortega, J.E. Gallardo, L.F. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 253-261.
- Zamora S., García J., Bonilla G., Aguilar H., Harvey C. A., Ibrahim M. 2001. Como utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*), Genízaro (*Pithecellobium saman*), y Jicaro (*Crescentia alata*). En alimentación animal; Agroforestería en las Américas. 8 (31): 45-49.



CURVA DE CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO COBRA (*Brachiaria* HIBRIDO BR02/1794) A DOS INTENSIDADES DE CORTE

GROWTH CURVE AND QUALITY OF COBRA GRASS (*Brachiaria* HYBRID BR02/1794) AT TWO CUTTING INTENSITIES

Rojas-García, A.R.¹, Torres-Salado, N.¹, Maldonado-Peralta, M. de los Á.¹, Sánchez-Santillán, P.¹, García-Balbuena, A.¹, Mendoza-Pedroza, S.I.², Álvarez-Vázquez, P.³, Herrera-Pérez, J.^{1*}, Hernández-Garay, A.^{4†}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ²Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, 04510. Ciudad de México. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor para correspondencia: mvzjero@hotmail.com

RESUMEN

La producción de rumiantes en el trópico se basa principalmente en el pastoreo de pastos (Poaceae) nativos e introducidos. Se evaluó el efecto de la edad de rebrote e intensidad de corte del pasto *Brachiaria* híbrido cv Cobra en rendimiento de materia seca y valor nutrimental al variar la frecuencia e intensidad de 10 y 15 cm de corte en época de seca. El periodo de estudio fue del 19 de enero a 30 de marzo de 2017. Las variables fueron rendimiento de materia seca, composición morfológica, proteína curda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA). El mayor rendimiento se obtuvo a los 56 días en la intensidad a 15 cm con 2550 kg MS ha⁻¹; sin embargo, el mayor volumen de hojas se alcanzó a los 35 días con 1200 kg MS ha⁻¹. El máximo contenido de PC de pasto Cobra fue en la frecuencia a siete días con 19.3% en el componente hoja disminuyendo conforme transcurrió el tiempo de evaluación. El contenido de FDN y FDA aumentó conforme la edad de rebrote. Se concluye que se debe cosechar el pasto Cobra a los 35 días después del rebrote y con una intensidad a 15 cm ya que es cuando se alcanza la mayor cantidad de hoja y con adecuada calidad nutrimental.

Palabras clave: Forraje, Poaceae, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

Ruminant production in the tropics is based primarily on native and introduced grass (Poaceae) grazing. The effect of the regrowth age and cutting intensity of *Brachiaria* hybrid cv Cobra grass was evaluated, and the nutritional value when varying the frequency and intensity of 10 and 15 cm of cutting in the dry season. The study period was from January 19 to March 30, 2017. The variables were dry matter yield, morphological composition, raw protein (RP), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF). The highest yield was obtained after 56 days in the intensity of 15 cm with 2550 kg MS ha⁻¹; however, the highest volume of leaves was reached at 35 days with 1200 kg MS ha⁻¹. The maximum content of Cobra grass RP was in the frequency at seven days with 19.3% in the leaf component, decreasing as the evaluation time went by. The NDF and ADF content increased with the age of the regrowth. It is concluded that the Cobra grass should be harvested 35 days after the regrowth and with intensity at 15 cm, since that is when the highest quantity of leaf is reached and with adequate nutritional quality.

Keywords: Fodder, Poaceae, yield, quality.

INTRODUCCIÓN

En trópico seco la producción de forraje es estacional por las características climáticas y edafológicas (Ramírez *et al.*, 2010). Estas características modifican la adaptación, el potencial productivo y la persistencia de las especies forrajeras (Pinto *et al.*, 2005). El bajo valor nutritivo de los pastos forrajeros en las regiones tropicales y subtropicales representa una limitación en la productividad de los rumiantes en pastoreo, debido al elevado contenido de paredes celulares y la baja concentración

de proteína bruta, estas variables afectan la digestibilidad y el consumo voluntario (Lara *et al.*, 2009). Sin embargo, estos parámetros se pueden modificar dependiendo la frecuencia e intensidad de pastoreo (Hernández *et al.*, 2012). La frecuencia e intensidad de corte son dos componentes de las estrategias de manejo de forrajes que determinan el rendimiento, calidad (Cruz *et al.*, 2011). Autores como Beltrán *et al.* (2005) mencionan que el impacto de la calidad de forraje está determinado por la cantidad y tipo de tejido removido, área foliar remanente, frecuencia de corte y estado fisiológico de las plantas. Cruz *et al.* (2017a) obtuvieron en *Brachiaria* híbrido Mulato mayor rendimiento cuando se aumentó la frecuencia e intensidad de pastoreo independientemente de la época del año con 12309 kg MS ha⁻¹; sin embargo, la calidad disminuyó principalmente la proteína cruda con 88 g kg⁻¹ MS. En otra investigación en *Brachiaria humidicola* cv Chetumal la mayor acumulación del forraje, se obtuvo al pastorear a una intensidad ligera de 13-15 cm de altura y con una frecuencia de 28 días y con la intensidad severa de 9-11 cm la materia seca digestible y el contenido de proteína cruda fue mayor (Cruz *et al.*, 2017b). En México existen pocas investigaciones sobre curvas de crecimiento y calidad de poáceas en el trópico seco por lo cual el objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento productivo y calidad en *Brachiaria* híbrido cv Cobra al variar la frecuencia e intensidad de corte, así como determinar el momento óptimo de corte.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó de enero a marzo de 2017 en las parcelas experimentales de la Facultad de Medicina Veterinaria No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Cuajinicuilapa, Guerrero, México (16° 28' 28" N y 98° 25' 11.27" O a 46 m de altitud). El clima está clasificado Aw y denominado trópico seco (García, 2004). La temperatura media anual en el periodo de estudio fue de 27.9 °C y precipitación de 15 mm (Cuadro 1). Se aplicaron riegos por gravedad a capacidad de campo cada ocho días. Los datos climáticos se obtuvieron de la estación agro-meteorológica de CONAGUA ubicada a 100 m de

Cuadro 1. Datos de temperatura máxima, mínima, media (°C) y precipitación (mm) durante el periodo de estudio de 2017.

Mes	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Media(°C)	Precipitación	Riegos
Enero	35	19	27	8	Si
Febrero	35.5	19.5	27.5	4	Si
Marzo	36.6	19.8	28.5	3	Si

las parcelas experimentales.

Manejo de las parcelas

La siembra de *Brachiaria* sp. híbrido cv Cobra (BR02/1794) se realizó el 10 de octubre de 2016 con una densidad de 8 kg ha⁻¹ de semilla pura viable. Los surcos se realizaron con una separación de 50 cm y entre plantas cada 5 cm y no se aplicó fertilización. Se sembraron tres parcelas de 10×10 m como unidades experimentales. Cada unidad experimental se dividió en dos áreas de 5×10 m para evaluar dos intensidades de corte (10 y 15 cm) y éstas a su vez en nueve áreas, con la finalidad de evaluar una curva de crecimiento con nueve edades de rebrote para rendimiento de materia seca y composición morfológica; sin embargo, para la composición bromatológica se evaluaron cinco semanas (1, 3, 5, 7 y 9 semanas). Antes de iniciar la investigación se realizó un corte de homogenización a una intensidad de 10 y 15 cm dependiendo la intensidad.

Variables evaluadas

Rendimiento de materia seca

Después del corte de uniformización, cada siete días se cortaron dos cuadros de 50×50 cm en cada parcela experimental a 10 y 15 cm dependiendo la intensidad de corte, seleccionados aleatoriamente; el forraje cosechado se lavó, y depositó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante registrando el peso para estimar la materia seca por hectárea, a las diferentes edades de corte.

Composición morfológica

De las muestras para el rendimiento de materia seca se

tomó el 20% para evaluar la composición morfológica, mediante la separación de los componentes hoja, tallo, material muerto y maleza; posteriormente cada componente se depositó en bolsas de papel etiquetado y en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta que las muestras obtuvieron peso constante y fueron pesadas.

Análisis bromatológico

De la muestra de composición morfológica se obtuvo por separado la hoja y tallo de cada muestra para analizarlas por triplicado y determinar el contenido de proteína cruda (PC) por el método descrito por la AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron con el método Van Soest *et al.* (1991). Los datos se analizaron mediante un diseño de bloques completamente

al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, el procedimiento utilizado fue PROC GLM de SAS (2011), donde los efectos de frecuencia e intensidad de corte y sus interacciones, se consideraron como fijos. La comparación múltiple de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios en la acumulación de forraje

Las curvas de crecimiento de pasto Cobra al variar la intensidad de corte a 10 y 15 cm se observa en la Figura 1. En general, el crecimiento aumentó conforme la edad de rebrote. El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo a los 56 días a una intensidad de 15 cm con 2550 kg MS ha⁻¹ y la menor con la intensidad a 10 cm alcanzando un rendimiento de 2250 kg MS ha⁻¹ ($P\leq 0.05$). Comportamiento similar reportan Wilson *et al.* (2017) y Velasco *et al.* (2001) en curvas de crecimiento de diferentes pastos forrajeros donde el mayor rendimiento se obtiene en la sexta semana de rebrote, con tendencia a disminuir. El mayor rendimiento reportado con una intensidad de 15 cm podría deberse a que existe mayor área foliar remanente lo cual ocasiona que la biomasa se recupere con más facilidad (Cruz *et al.*, 2017a), mantiene mayores reservas de carbohidratos, aumenta la persistencia de la pradera y evitar la erosión del suelo (Rojas *et al.*, 2016a). En general la proporción de hoja fue aumentando hasta que alcanzó el punto máximo a los 35 días con 989 y 1200

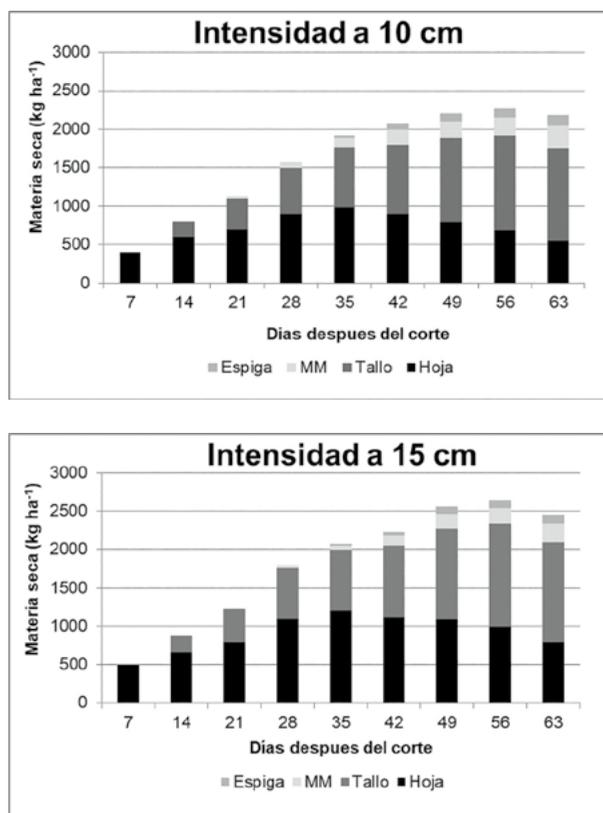


Figura 1. Acumulación de materia seca total, y por componente morfológico del pasto *Brachiaria* híbrido cv Cobra con intensidad de corte de 10 y 15 cm. MM=material muerto.

kg MS ha⁻¹, para las intensidades a 10 y 15 cm, respectivamente (Figura 1a, b; P≤0.05), para después empezar a declinar conforme las hojas en las capas inferiores fueron senescentes (Velasco *et al.* (2001) por estar abajo del punto de compensación de la luz hasta que continuamente murieron.

En cuanto a la cantidad de tallo, se observó el mismo comportamiento aumentando a partir de los 14 días hasta los 63 días con 1310 kg MS ha⁻¹ (P≤0.05). El aporte de espiga y material muerto se registró en mayor proporción a partir de los 42 días con un promedio de 521 kg MS ha⁻¹. Maldonado *et al.* (2017) y Rojas *et al.* (2016b) encontraron que la distribución de los componentes en el rendimiento está influenciada por la época del año, densidad de siembra, asociaciones y monocultivo. Por otra parte, Juskiw *et al.* (2000) y Niu *et al.* (1999) mencionan que en las etapas avanzadas se incrementa el peso de tallo y espiga, disminuyendo la hoja, lo cual se explica fisiológicamente al incrementar el peso de la espiga por el llenado de granos, debido en parte por la translocación de fotosintatos desde las hojas que resulta en la senescencia y muerte de este componente.

Análisis bromatológico

El contenido de proteína cruda (PC) de Cobra de ambos

componentes hoja y tallo mantuvieron una disminución conforme aumentó la edad de rebrote (P≤0.05) (Cuadro 2). Mayor cantidad de PC se obtuvo en el componente hoja y menor en tallo en todas las frecuencias de corte (P≤0.05). Independientemente de la intensidad de corte se obtuvo de 19.3 a 7.1% de PC de 7 a 63 días, respectivamente, para el componente hoja. El tallo empezó a ser considerable a partir del día 21, obteniendo un 13.28% de PC y disminuyó hasta 4.26% a los 63 días (P≤0.05). Resultados con similar comportamiento de PC fueron reportados por Castro-Salas (2014) conforme aumentó el tiempo de rebrote con un contenido de 17.4 y 11.8% PC a los 7 y 49 días de rebrote de hojas de mulato II, respectivamente. En el periodo evaluado el contenido de PC disminuyó 5.6 puntos porcentuales; mientras que en el presente estudio disminuyó 8.91% de los 7 a 49 días de rebrote, lo que representó mayor variación en el contenido de PC.

En contraste, el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) aumentaron a medida que el rebrote avanzó en ambos componentes e intensidad (P≤0.05) (Cuadro 2). La cantidad de FDN fue mayor en el componente tallo con 78,93% a los 63 días y menor el componente hoja con 47.08% a los 7 d, independientemente de la intensidad de corte (P≤0.05). El

Cuadro 2. Efecto de la edad de rebrote en la composición bromatológica de las hojas y tallos de *Brachiaria* híbridos cv Cobra a diferentes intensidades de corte.

Intensidad (cm)	Componente morfológico	Frecuencia (días de rebrote)					EEM
		7	21	35	49	63	
Proteína cruda (%)							
10	Hoja	19.22 ^{aA}	20.71 ^{aA}	14.07 ^{bA}	10.80 ^{bA}	6.76 ^{cA}	1.02
15	Hoja	19.48 ^{aA}	21.01 ^{aA}	14.35 ^{bA}	9.98 ^{bA}	7.45 ^{cA}	1.04
10	Tallo	-	13.33 ^{aB}	9.39 ^{bB}	5.34 ^{cB}	4.31 ^{cB}	0.77
15	Tallo	-	13.24 ^{aB}	9.21 ^{bB}	4.89 ^{cB}	4.21 ^{cB}	0.79
Fibra Detergente Neutro (%)							
10	Hoja	47.50 ^{dB}	56.08 ^{cB}	58.74 ^{cB}	62.06 ^{bB}	68.28 ^{aB}	1.31
15	Hoja	46.67 ^{dB}	57.02 ^{cB}	59.93 ^{cB}	63.02 ^{bB}	68.34 ^{aB}	1.02
10	Tallo	-	68.03 ^{cA}	67.15 ^{cA}	72.2 ^{bA}	78.78 ^{aA}	0.98
15	Tallo	-	68.89 ^{cA}	68.24 ^{cA}	73.02 ^{bA}	79.09 ^{aA}	1.05
Fibra Detergente Ácida (%)							
10	Hoja	21.18 ^{dB}	27.63 ^{cB}	28.35 ^{bcB}	30.07 ^{bB}	32.99 ^{aB}	0.76
15	Hoja	22.08 ^{dB}	27.56 ^{cB}	28.45 ^{bcB}	31.09 ^{bB}	31.98 ^{aB}	0.89
10	Tallo	-	34.59 ^{bcA}	31.14 ^{cA}	39.12 ^{bA}	44.7 ^{aA}	1.20
15	Tallo	-	35.02 ^{bA}	32.21 ^{cA}	38.34 ^{bA}	43.6 ^{aA}	1.12

^{a,b,c} Valores medios con distinta literal en la misma hilera dentro del efecto principal son diferentes (p≤0.05); ^{A, B, C} Valores medios con distinta literal en la misma columna dentro del efecto principal son diferentes (p≤0.05); EEM=error estándar de la media.

mismo comportamiento se obtuvo en FDA registrando 44.15 y 21.63% en tallo y hoja con el mayor y menor porcentaje, respectivamente ($P \leq 0.05$). En otras investigaciones en brachiarias, Cruz *et al.* (2017a, b) y Cruz *et al.* (2011) reportan datos semejantes en la cantidad de PC disminuyendo conforme aumenta la frecuencia e intensidad de corte. Estos mismos autores mencionan que la FDN y FDA tienden a aumentar conforme el rebrote avanza y la intensidad es menor.

CONCLUSIONES

Se debe cosechar el pasto Cobra a los 35 días después del rebrote, a una intensidad a 15 cm en la época de seca ya que es cuando se alcanza la mayor cantidad de hoja y con adecuada calidad nutricional. Se recomienda seguir con investigaciones con mayor tiempo de evaluación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece infinitamente a Semillas Papatot- la SA de CV y al Dr. Álvaro Bernal Flores por la donación de la semilla y apoyo en asesoría.

LITERATURA CITADA

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EE.UU. 1928 p.

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: 137-147.

Castro-Salas J. M. 2014. Introducción de genotipos forrajeros en el sur del estado de México: análisis de crecimiento, composición química y valor nutritivo. Tesis Maestría y Doctorado. Universidad Autónoma

Del Estado De México. Toluca, Estado de México. 218 p.

Cruz H.A., Hernández G.A., Enríquez Q.J., Gómez V.A., Ortega J.E., Maldonado G.N. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(4): 429-443.

Cruz H.A., Hernández G.A., Aranda I.E., Chay C.A.J., Márquez Q.C., Rojas G.A.R., Gómez V.A. 2017a. Nutritive value of Mulato grass under different grazing strategies. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(10): 65-72.

Cruz H.A., Hernández G.A., Chay C.A.J., Mendoza P.S.I., Ramírez V.S., Rojas G.A.R., Ventura R.J. 2017b. Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* cv Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(3): 599-610.

García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

Hernández G.A., Martínez H.P.A., Zaragoza E.J., Vaquera H.H., Osnaya G.H.F., Joaquín T.B.M., Velasco Z.M.E. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35: 259-266.

Juskiw P.E., Helm J.H., Salmon D.F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Science* 40(1): 148-158.

Lara P., Canché M., Magaña H., Aguilar E., Sanginés J. 2009. Producción de gas *in vitro* y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(3): 273-279.

Maldonado P.M.A., Rojas G.A.R., Torres S.N., Herrera P.J., Joaquín C.S., Ventura R.J., Hernández G.A., Hernández G.F.J. 2017. Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). *Revista Brasileira de Zootecnia* 46(12): 890-895.

Niu J.Y., Gan Y.T., Zhang J.W., Yang Q.F. 1998. Postanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. *Crop Science* 38(6): 1562-1568.

Pinto R.R., Gómez H., Martínez B., Hernández A., Medina F.J., Gutiérrez R., Escobar E., Vázquez J. 2005. Árboles y Arbustos Forrajeros del Sur de México. *Pastos y Forrajes* 28(2): 87-97.

Ramírez R.O., Hernández G.A., Da Silva S.C., Pérez P.J., De Souza Júnior S.J., Castro R.R., Enríquez Q.J.F. 2010. Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12(2): 303-311.

Rojas G.A.R., Hernández G.A., Quero C.A.R., Guerrero R.J.D., Ayala W., Zaragoza R.J.L., Trejo L.C. 2016a. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(4): 885-895.

Rojas G.A.R., Hernández G.A., Ayala W., Mendoza P.S.I., Cancino S.J., Vaquera H.H., Santiago O.M.A. 2016b. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). 2016. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 48(2): 57-68.

SAS. (Statistical Analysis System). 2011. SAS Proceeding Guide, Versión 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.

Wilson G.C.Y., Hernández G.A., Ortega C.M.E., López C.C., Bárcena G.R., Zaragoza R.J.L., Aranda O.G. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 49(2): 79-92.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.

Velasco Z.M.E., Hernández G.A., Gonzales H.V.A., Pérez P.J., Vaquera H.H., Galvis S.A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación de estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39: 1-14.

USO DE ENZIMAS FIBROLÍTICAS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA LA ENGORDA DE TORETES EN PASTOREO

USE OF FIBROLYTIC ENZYMES WITH SUGAR CANE ENSILAGE (*Saccharum* spp.) FOR YOUNG BEEF BULL FATTENING IN GRAZING

Gómez-Vázquez, A.^{1*}, Govea-Luciano, A.¹, Cruz-Hernández, A.¹, De la Cruz Lázaro, E.¹, Chay-Canul, A.¹, Plascencia-Jorquera, A.², Jiménez-Ferrer, G.³, Nahed-Toral, J.³, Villegas-Aparicio, Y.⁴, Huerta-Jiménez, M.⁵, Brito-Vega H.¹, Martínez-Martínez, R.⁶, Hernández-Garay, A.⁷

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa, CP 86298. Ra. La Huasteca, 2a sección, Municipio de Centro, Tabasco. México. ²Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100, Baja California, México. ³El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Chiapas, México. ⁴Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, TecNM, SEP. Ex-Hacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México. ⁵Catedrático CONACYT. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. ⁶Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Ave. Independencia Nacional No. 151 Autlán de Navarro, Jalisco. ⁷Colegio de Postgraduados Campus Montecillos.

*Autor de correspondencia: agvazquez723@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar la respuesta productiva y digestibilidad de la materia seca en novillos pastoreando pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* L.), complementados con ensilado de caña de azúcar (ECA) (*Saccharum* spp.) y un complejo enzimático fibrolítico. Se utilizaron 40 toretes cruzados *Bos taurus* × *Bos indicus* (peso inicial 375 ± 29 kg) durante un periodo de 125 días. Se alimentaron de forma individual con acceso restringido al ensilado (16% PC), y organizados en un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones de la siguiente forma: 1) Testigo (TP), 2) TP+ECA, 3) TP+ECA+15g Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹, 4) TP+ECA+30g Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹. La carga animal fue de ocho animales ha⁻¹ en los tratamientos con ECA y de 3.3 en el testigo. Se mejoró la ganancia diaria de peso de los toretes (P<0.05) con el uso de la enzima 1) 395.17^b, 2) 457.60^{ab}, 3) 703.76^a, 4) 621.21^{ab} g día⁻¹, lo cual se asoció a un mayor consumo: 1) 11.36^b, 2) 14.68^{ab}, 3) 17.09^a, 4) 15.25^{ab} kg animal⁻¹ día⁻¹ y digestibilidad de la materia seca (P<0.05) comparado con el grupo testigo: 1) 63.21^b, 2) 63.67^b, 3) 68.58^a, 4) 66.61^{ab} (%). El uso de enzimas fibrolíticas en ensilado de caña de azúcar incrementó la digestibilidad, mejoró el consumo, la ganancia de peso, y la conversión alimenticia en toretes pastoreando Estrella Africana.

Palabras claves: Digestibilidad, ensilado de caña de azúcar, enzimas, ganancia de peso, toretes.

ABSTRACT

An experiment was carried out with the objective of evaluating the productive response and digestibility of dry matter in bulls grazing on African star grass (*Cynodon plectostachyus* L.), supplemented with sugar cane ensilage (SCE) (*Saccharum* spp.) and a fibrolytic enzymatic complex. Forty (40) *Bos taurus* × *Bos indicus* young beef bulls were used (initial weight 375 ± 29 kg) during a period of 125 days. They were fed individually with restricted access to the ensilage (16 % RP), and organized in a Completely Random Design with four treatments and ten repetitions in the following way: 1) Control (TP), 2) TP+SCE, 3) TP+SCE+15g Fibrozyme animal⁻¹ day⁻¹, 4) TP+SCE+30g Fibrozyme animal⁻¹ day⁻¹. The animal load was eight animals ha⁻¹ in the treatments with SCE and 3.3 in the control. The daily weight gain of the young beef bulls improved (P<0.05) with the use of the enzyme: 1) 395.17^b, 2) 457.60^{ab}, 3) 703.76^a, 4) 621.21^{ab} g day⁻¹, which was associated with a higher consumption: 1) 11.36^b, 2) 14.68^{ab}, 3) 17.09^a, 4) 15.25^{ab} kg animal⁻¹ day⁻¹ and digestibility of the dry matter (P<0.05), compared to the control group: 1) 63.21^b, 2) 63.67^b, 3) 68.58^a, 4) 66.61^{ab} (%). The use of fibrolytic enzymes in sugar cane ensilage increased the digestibility, improved the consumption, weight gain, and food conversion in young beef bulls grazing on African star grass.

Keywords: Digestibility, sugar cane ensilage, enzymes, weight gain, young beef bulls.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que limita la producción de bovinos en las regiones tropicales, es la cantidad y calidad de pasto a través del año. La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es considerada de gran potencial forrajero, dado sus grandes producciones de materia seca comparada con otros forrajes. Sin embargo, presenta limitaciones nutricionales como bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de fibra, por lo que se debe complementar con nutriente nitrogenado degradable en rumen, como la urea y proteína de sobrepaso para obtener mejores resultados. Las enzimas celulolíticas pueden mejorar la respuesta de novillos, debido a que muchas enzimas de origen microbiano son glucosiladas y actúan sinérgicamente con las extracelulares, producidas por los microorganismos del rumen (Beauchemin *et al.*, 1995). El uso de enzimas fibrolíticas puede incrementar el consumo de materia seca y digestibilidad de la fibra en forrajes de clima templado. Como consecuencia, podría ser extensivo a la caña de azúcar y forrajes tropicales (Beauchemin *et al.*, 2000); además, se han demostrado efectos positivos al adicionarse durante el proceso de ensilaje de algunos forrajes (Sheperd y Kung, 1996). Por lo tanto, la adición directa de estas enzimas fibrolíticas al alimento puede mejorar la utilización del forraje y además existe una mayor efectividad de las enzimas como mezcla, que una sola (Kung *et al.*, 2000). La integración de la caña de azúcar en la dieta de rumiantes ha sido propuesta como una alternativa viable en los sistemas de producción de carne o leche (Monroy *et al.*, 1980). En países tropicales representa una

alternativa promisorio al déficit de pastos en estación seca (Loemba y Molina, 1995), debido a que la caña cultivada con propósito forrajero, sin riego y bajas dosis de fertilizante, rinde hasta 107 t ha⁻¹ de biomasa, siendo un potencial que no es alcanzado por ningún otro forraje en estas condiciones de cultivo. Diversos estudios (Schingoethe *et al.*, 1999; Yescas *et al.*, 2004) han sugerido que el uso de enzimas del tipo celulasa y xilanasas, puede tener un efecto importante en la degradación de la pared celular de la fibra de los pastos. Se han encontrado respuestas en vacas lecheras alimentadas con forrajes tratados con xilanasas y celulasas, aumentando la producción de leche de 9 a 15% más y con 16 a 23% más energía en los animales tratados (Schingoethe *et al.*, 1999). Por lo que la producción animal depende fuertemente de la disponibilidad del forraje (Cabrera *et al.*, 2000) y al complemento con forrajes de corte como alternativa de manejo para mantener un nivel adecuado de producción animal durante las épocas de escasez de dichos pastizales (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003; Cano *et al.*, 2003). El objetivo fue evaluar la respuesta productiva y de digestibilidad de la materia seca en novillos pastoreando Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* L.), complementados con ensilado de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) (ECA) y un complejo enzimático fibrolítico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó de agosto a diciembre de 2017 en el rancho "San Antonio" del poblado Emiliano Zapata, Tacotalpa Tabasco, México (19° 63' y 06" N y 87° 33' 40" O, y altitud de 85.06 m). El clima es cálido húmedo, con una precipitación

anual de 3,286 ml y una temperatura media anual de 25.6°C (García, 1988).

Se utilizaron 40 toretes cruzados *Bos taurus*×*Bos indicus* (peso inicial 375±29 kg) durante un periodo de 125 días. Los animales fueron distribuidos en cuatro tratamientos con diez repeticiones de la siguiente forma: 1) Testigo pastoreo (TP), 2) TP+ECA, 3) TP+ECA+15 g de Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹, 4) TP+ECA+30 g de Fibrozyme animal⁻¹ día⁻¹.

Forma de asignación de la enzima.

La asignación de la enzima se realizó de 6:00 a 7:00 am y por la tarde de 17:00 a 18:00 pm, al mismo tiempo que el ensilado, ofreciendo primero 1 kg de caña como vehículo para asignar la enzima y posteriormente se otorgaba ensilado *ad libitum*, la dosis enzimática de cada tratamiento fue dividida a la mitad, para otorgarse en dos aplicaciones diarias (mañana y tarde) junto con el ensilado, la doble asignación de la enzima fue con la finalidad de distribuirla correctamente en el rumen, y mantener un nivel adecuado de ésta (Beauchemin *et al.*, 2003), debido a que tiene una actividad no mayor de 12 h en el rumen, por lo cual, se ofreció fraccionada en dos "tomas". Posteriormente se sacaron los animales a los potreros de pasto Estrella, para consumir el alimento base, esto se repitió todos los días, durante el experimento.

Manejo del pastoreo. Se utilizó el pastoreo rotacional en franjas, de 2-3 días de pastoreo y 30-35 de descanso. Para delimitar el perímetro de cada potrero se utilizaron cercos fijos de alambre de púas y para el manejo del pastoreo dentro de cada potrero, se emplearon

cercos eléctricos móviles cada 2-3 días para delimitar el tamaño de franja a pastorear, de acuerdo a la disponibilidad o asignación de forraje que correspondía a cada división. Para calcular el tamaño de las franjas que se ofrecieron a los animales, se midió la cantidad de forraje total y, posteriormente, se estimó la cantidad de hoja presente un día antes de introducir los animales a pastorear.

Variables de respuesta evaluadas en los animales

Cambios de peso. Los animales se pesaron en ayunas, cada 15 días durante tres días consecutivos a las 6:00 am. El peso vivo inicial (PV) se consideró como el promedio de los tres días consecutivos, al inicio del experimento; este peso inicial se utilizó como covariable para el análisis estadístico de los datos.

Consumo individual de ensilado. Los animales que recibieron ECA y enzimas en su dieta fueron encerrados en corrales individuales se ofreció el ECA *ad libitum* y en el mismo horario que se asignó la enzima, ofreciendo primero un kilogramo de ECA con la enzima, a fin de garantizar el consumo de esta e inmediatamente el ECA se ofreció *ad libitum*. El consumo individual de ECA se obtuvo por diferencia entre el ECA que se ofreció, menos lo que el animal rechazó diariamente (ofrecido-rechazado).

Consumo de Materia Seca del pasto. Para ello se proporcionó a cada torete 3.0 g de óxido de cromo (Cr₂O₃) durante 15 días, utilizado como marcador externo; el cual fué asignado utilizando melaza, como vehículo para asegurar que el animal lo ingiriera y no lo regurgitara o rechazara, por lo amargo que es la sustancia; además, se utilizó Cenizas Insolubles en Ácido (CIA) como marcador interno (Geerken *et al.*, 1987). En los últimos 5 d del experimento, se recolectaron muestras de heces directamente del recto de los animales, utilizando guantes de plástico, para determinar la concentración de Cr₂O₃ y CIA en el laboratorio. La concentración de cromo en heces se determinó por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Williams *et al.*, 1962). Se determinó el contenido de CIA, en muestras de ensilado, pasto y heces (Keulen y Young, 1977); para estimar el consumo de pasto se usó la técnica de dos marcadores (Geerken *et al.*, 1987), ajustando por el consumo de marcador indigestible de la caña de azúcar.

Digestibilidad de la materia seca de las dietas. Se estimó usando la metodología propuesta por Geerken *et al.* (1987); primero se obtuvo la digestibilidad total (pasto+ensilado de caña), por diferencia entre el consumo total (pasto+ensilado de caña) y la producción fecal de MS (Church, 2000). La digestibilidad del pasto se obtuvo estimando la del ensilado con la fórmula siguiente:

$$DMS \text{ del pasto} = \frac{(DMS_T) - (DMS_{Ca}) \text{ (aporte de MS caña)}}{\text{Aporte de MS pasto}}$$

Donde: DMS=Digestibilidad de la materia seca, %; DMS_T=Digestibilidad de la materia seca total, %; DMS_{Ca}=Digestibilidad de la materia seca de la caña, %.



Elaboración del ensilado. Para tal propósito, la caña de azúcar entera (tallo más "cogollo"), se molió en una picadora estacionaria, se utilizó caña madura (variedad Méx 83-510), con una concentración de azúcares promedio de 23 °Brix, a esta se le agregó posteriormente maíz molido (*Zea mays* L.), urea granulada, sales minerales y sulfato de amonio (Cuadro 1), para ensilarse se utilizaron bolsas de plástico con capacidad de 50 kg, el ensilado fue envasado, comprimido manualmente y se extrajo el aire con una aspiradora, a fin de obtener un ambiente anaerobio tal como lo recomienda Molina *et al.* (1997). Se tomaron cinco muestras de diferentes bolsas del complemento preparado, el día de su elaboración y 30 días después se tomaron otras cinco al azar, se secaron en una estufa de aire forzado a 100 °C durante 24 horas, para ajustar los datos a materia seca y posteriormente determinar su composición química.

Cuadro 1. Composición porcentual del ensilado de caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

Ingrediente	Cantidad (%)
Caña de azúcar	88.35
Maíz	10
Urea	1.1
Sales minerales	0.5
Sulfato de amonio	0.05

da con los consumos de ensilado de pastos tropicales almacenados en bolsas de plástico (González y Rodríguez, 2003) y superior a los 7 kg de consumo máximo obtenido utilizando caña integral y saccharina (Cano *et al.*, 2003).

En cuanto al consumo de pasto no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). Sin embargo, el consumo total de materia seca (MS) fue significativo ($P < 0.05$) entre tratamientos, obteniendo el mayor consumo el tratamiento tres con 15 g de enzima. Estos consumos fueron superiores a los reportados utilizando caña integral y saccharina (Cano *et al.*, 2003; Gómez-Vázquez *et al.*, 2003), además puede observarse un efecto complementario entre el ensilado y el pasto, debido a que no se sustituye el consumo de uno por el otro.

Diseño experimental

Todas las variables de respuesta se evaluaron por medio de un Diseño Completamente al Azar, se realizó el ANOVA y la comparación múltiple de medias por Tukey. Todos los datos fueron analizados por medio de SAS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el consumo del ensilado de caña de azúcar (Cuadro 2) no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. Dicho consumo de ECA fue similar a lo reportado por Loemba y Molina (1995) usando caña de azúcar integral y saccharina rústica. Gómez-Vázquez *et al.* (2003) registraron resultados similares en el consumo de MS del ensilado de caña de azúcar, usando 30 g animal-1 día-1 de Fibrozyme. Lo anterior también concuer-

En la digestibilidad *in vivo* de la MS, se observó una diferencia significativa ($P < 0.05$), con un valor de 68.88a comparado con el testigo, tratamiento uno, dos y cuatro (63.44^b, 63.77^b y 66.71^{ab}, respectivamente) el cual fue mayor para el tratamiento tres con 15 g de enzima y además puede apreciarse un mayor consumo de MS digestible para este tratamiento; sin embargo, el tratamiento con 30 g de enzima disminuyó la digestibilidad *in vivo* y el consumo de MS digestible. Lo anterior puede deberse a que niveles enzimáticos mayores pueden ser menos efectivos que niveles enzimáticos menores (Beauchemin *et al.*, 2003), debido a que una dosis moderada puede causar un rompimiento benéfico de la estructura superficial de los alimentos (paredes celulares, cutículas, etcétera). Sin embargo, cuando niveles enzimáticos excesivos son adicionados dicho rompimiento de la estructura

Cuadro 2. Consumo de nutrientes por los toretes experimentales.

Consumo en kg MS día ⁻¹	TP	TP+ECA	TP+ECA+15gF	TP+ECA+30gF	EE	P<0.05
ECA	0	4.83	4.85	4.47	0.34	NS
Pasto	11.56	9.78	12.46	10.87	2.32	NS
Total	11.36 ^b	14.68 ^{ab}	17.09 ^a	15.25 ^{ab}	2.32	*
DIGIVMS	63.44 ^b	63.77 ^b	68.88 ^a	66.71 ^{ab}	1.47	*
CMSDIG(kg)	7.24 ^d	9.38 ^c	11.70 ^a	10.15 ^b	0.2	*

TP=Testigo pastoreo, TP+ECA=Pastoreo+Ensilado de caña, TP+ECA 15gF=Pastoreo+Ensilado de caña+15g de Fibrozyme, TP+ECA+30g F=pastoreo+Ensilado de caña+30g de Fibrozyme, ECA=Ensilado de caña de Azúcar, DIGIVMS=Digestibilidad *in vivo* de la materia seca, CMSDIG=Consumo de materia seca digestible, EE=Error estándar, *=significativo con $P < 0.05$ y NS=No significativo. a, ab, b, c, d=Literales diferentes en la misma fila son significativos con $P < 0.05$.

superficial puede disminuir, debido a que el exceso de enzimas exógenas unidas al alimento puede restringir la unión de microorganismos endógenos, limitando de esta manera la digestión del alimento (Beauchemin *et al.*, 2003). De igual forma se menciona que al usar dosis enzimáticas inadecuadas puede romper el equilibrio del ecosistema ruminal, afectando el crecimiento de los microorganismos ruminales y limitando así la digestión del alimento e indirectamente el consumo de nutrientes (Pedroso *et al.*, 2005).

Debido a la gran interacción de microorganismos que existe en el ecosistema ruminal, se puede afectar positiva ó negativamente la degradación de carbohidratos estructurales, de acuerdo a esto, se ha encontrado que la digestión de la celulosa se incrementa cuando los hongos son cultivados con bacterias metanogénicas, o utilizadoras de lactato (Obispo y Dehority 1998). En contraste, la inhibición de la celulólisis ocurre en cocultivos con las bacterias celulolíticas *Rurninococcus albus* y *Rurninococcus flavefaciens*, las cuales interfieren por medio de una proteína extracelular termolábil que poseen con la celulólisis causada por *Neocallimastix frontalis* (Obispo y Dehority 1998), por lo que se deduce que al interferir con el ecosistema ruminal se pueden obtener efectos negativos ó positivos sobre la digestión del alimento, dependiendo de la dosis, tipo de enzima utilizada, forma de asignar la enzima y el tipo de alimento utilizado (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003).

Se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) en la ganancia diaria de peso de los toretes (Cuadro 3), utilizando ensilado de caña de azúcar más un kg de alimento concentrado, adicionado con un complejo enzimático fibrolítico. Estos resultados difieren con los publicados por Gómez-Vázquez *et al.* (2003): sin embargo, en contraste con las ganancias obtenidas en este experimento con 30 g de enzima, difieren, probablemente a la fuente de nutrientes que otorgaron directamente en el concentrado, además la dosis y tipo de enzima depende estrictamente del sustrato (Buendía *et al.*, 2003) y al ensilar la

caña el tipo de sustrato se modifica, en relación con la caña fresca, debido a los nuevos metabolitos formados por los microorganismos anaerobios (lactato, amoniaco, ácidos grasos volátiles y proteína bacteriana), a diferencia de la sacarina que se obtiene al fermentar la caña de azúcar en forma aeróbica y esto puede intervenir en el buen funcionamiento del complejo enzimático (Cano *et al.*, 2003).

Las ganancias de peso en los tratamientos con 15 y 30 g de enzimas fueron mayores a las reportadas utilizando caña y fibrozyme (González y Rodríguez, 2003) de 297 g día⁻¹ la mínima y de 584 g día⁻¹ la máxima, sin encontrar diferencias entre tratamientos (Cano *et al.*, 2003). Sin embargo, debido probablemente a la doble asignación enzimática en este experimento, se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$). La mayor GDP de los animales experimentales fué para el tratamiento con 15 g de enzima. Lo cual se relaciona con un aumento en el consumo y la digestibilidad total de los nutrientes (Cuadro 2 y 3), se observó que para el tratamiento con 30 g disminuyó el consumo total (1.83 kg MS animal⁻¹ día⁻¹), la digestibilidad (2%) y el consumo de MS digestible (1.55 kg MS animal⁻¹ día⁻¹) comparado con el tratamiento con 15 g de enzimas, debido a lo anterior puede deducirse la disminución de su GDP, los animales que recibieron enzimas utilizaron mas eficientemente los nutrientes, por lo que también se observó una mejor conversión alimenticia (Cuadro 3). La mayor productividad de los toretes que recibieron 15 g de enzima, puede deberse a una mayor disponibilidad de nutrientes que se obtienen al ensilar la caña, como resultado de las bacterias fermentadoras (Umaña *et al.*, 1999), entre ellos la conversión del nitrógeno no proteico proveniente de la urea en proteína verdadera (proteína bacteriana), ya que este tipo de ensilados alcanzan entre 75 y 88% de proteína verdadera, con gran incremento en la cantidad de levaduras (Molina *et al.*, 1997), mayor producción de ácidos grasos volátiles, producción de aminoácidos sulfurados y una mayor cantidad de MS y carbohidratos fácilmente asimilables (Molina *et al.*, 1999).

Cuadro 3 Respuesta productiva de toretes complementados con ensilado de caña (*Saccharum* spp.) y un complejo enzimático fibrolítico.

Variabes	TP	TP+ECA	TP+ECA+15gF	TP+ECA+30gF	EE	P<0.05
GDP	395.17 ^b	457.60 ^{ab}	703.76 ^a	621.21 ^{ab}	64.8	*
CA	29 ^a	31.90 ^a	24.24 ^b	24.54 ^b	1.1	*

GDP=Ganancia diaria de peso, CA=Conversión alimenticia, TP=Testigo pastoreo TP+ECA=Pastoreo+ensilado de caña, TP+ECA+15gF=Pastoreo+ensilado de caña+15 g de Fibrozyme, TP+ECA+30gF=Pastoreo+ensilado de caña+30g de Fibrozyme, *=Significancia con $P < 0.05$ y EE=Error estándar.



Además de tener un incremento en la actividad de bacterias celulolíticas (Stuart y Fundora, 1994) bacterias lácticas y levaduras (Molina *et al.*, 1999), con lo que puede lograrse un aumento en el contenido de proteína verdadera y compuestos nitrogenados en el ensilado, los cuales, al ser consumidos por los rumiantes pueden aumentar la disponibilidad de nitrógeno amoniacal en el rumen. Lo anterior es utilizado por los microorganismos ruminales para aumentar la síntesis microbiana y tener una mayor disponibilidad y flujo de aminoácidos en el duodeno del bovino (Gómez-Vázquez *et al.*, 2003; Nsereko *et al.*, 2002). Así también una dosis moderada y el mantenimiento de un nivel adecuado de enzimas en el rumen (Nsereko *et al.*, 2002) permite la adhesión de los microorganismos endógenos por medio de sus enzimas y puede contribuir de este modo a una buena digestión del alimento, sin modificar el patrón de funcionamiento y crecimiento de los microorganismos ruminales (Nsereko *et al.*, 2002; Obispo *et al.*, 1998), por lo que, no se interrumpe el consumo de nutrientes y la ganancia diaria de peso en los animales.

CONCLUSIÓN

El uso de enzimas fibrolíticas en ensilado de caña de azúcar incrementó la digestibilidad, mejoró el consumo, la ganancia de peso, y la conversión alimenticia en toretes pastoreando Estrella Africana. Se recomienda usar las enzimas fibrolíticas en el ensilado de caña de azúcar, ya que mejora la disponibilidad de la fibra y dicho ensilado es de gran importancia para las épocas de estiaje en la producción de bovinos de carne en el trópico húmedo de México.

LITERATURA CITADA

- Beauchemin K.A., Colombatto D., Morgavi P.D., Yang Z.W. 2003. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. [Abstract]. *Journal of Animal Science* 81: E37 - E47.
- Beauchemin K.A., Rode L.M., Maekawa M M., Morgavi D.P., Kampen R. 2000. Evaluation of a nonstarch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 83: 543-553.
- Beauchemin K.A., Rode L.M., Sewalt V.J. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. *Canadian Journal of Animal Science* 75: 641-644.
- Buendía R.G., Mendoza M.G.D., Bárcena G.R., Ortega C.M.E., Solís H.J., Lara B.A. 2003. Efecto de la glucoamilasa de *Aspergillus niger* en la digestibilidad *in vitro* de maíz y sorgo, y en la productividad de borregos. *Agrociencia* 37: 317-322.
- Cabrera E.J.I., Mendoza M.G.D., Aranda I.E., Garcia-Bojalil C., Barcena G.R., Ramos J.J. 2000. *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing sters grazing tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology* 83: 49-55.
- Cano A.L., Aranda I.E.M., Mendoza M.G.D., Pérez P.J., Ramos J.J.A. 2003. Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Técnica Pecuaria en México*. 41: 153-164.
- Church D.C., Pond G.W., Pond R.K. 2000. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa. 2da. Ed. pp: 25-75.
- García E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. pp. 46-52.
- Geerken C.M., Calzadilla D., R. González. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes* 10: 266-273.
- Gómez-Vázquez A., Pérez P.J., Mendoza M.G.D., Aranda E., Hernández A. 2003. Fibrolytic enzymes improve performance in steers fed sugarcane and stargrass. *Livestock Production Science* 82: 249-254.
- González G., Rodriguez A.A. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science* 86: 926-933.
- Keulen J.V., Young B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.
- Kung L.Jr., Treacher R.J., Nauman G.A., Smagala A.M., Endres K.M., Cohen M.A. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzymes on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 83: 115-122.
- Loemba A.R., Molina A. 1995. Nota sobre el comportamiento de terneros y añejos alimentados a base de caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 29: 319-323.
- Molina A.S., Febles I., Sierra J.F. 1997. Ensilaje de caña de azúcar con síntesis proteica. Formulación de los aditivos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 31: 271-274.
- Molina A.S., Sierra J.F., Febles I. 1999. Ensilaje de caña de azúcar con síntesis proteica. Efectos combinados del aditivo y la densidad. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 33: 215-218.
- Monroy O., Torres F., Viniegra G. 1980. Perspectives on the integration of livestock production and the small scale sugar industry. *Tropical Animal Production* 5: 96-106.
- Nsereko V.L., Beauchemin K.A., Morgavi D.P., Rode L.M., Furtado F.A., McAllister T.A., Iwaasa D.A., Yang W.Z., Wang Y. 2002. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibrachiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. *Canadian Journal of Microbiology* 48: 14-20.
- Obispo N.E., Dehority B.A. 1998. Efecto de la frecuencia de alimentación sobre el número de los hongos del rumen en ovinos. *Zootecnia Tropical* 16:229-240.
- Pedroso de F.A., Nussioll G.L., Pazianill de F.S., Loures R.S.D., Igarasi S.M., Coelho M.R. 2005. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agrícola* 62: 427-432.
- SAS. 1985. Statistical Analysis System Institute Inc. User's Guide: Statistics. Version 5th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schingoethe D.J., Stegeman G.A., Treacher R.J. 1999. Response of lactating dairy cows to a cellulase and xylanase enzyme mixture applied to forages at the time of feeding. *Journal of Dairy Science* 82: 996-1003.
- Schingoethe J.D, Stegeman A.G., Treacher J.R., 1999. Response of lactating dairy cows to a cellulose and xylanase enzyme

- mixture applied to forages at the time of feeding. Journal of Dairy Science 82: 996-1003.
- Sheperd A.C., Kung L.Jr. 1996. Effects of an enzyme additive on composition of corn silage ensiled at various stages of maturity. Journal of Dairy Science 19: 1767-1773.
- Stuart J.R., Fundora O. 1994. Utilización de residuos de la cosecha de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes. Revista Cubana de Ciencia. Agrícola 28: 1- 10.
- Umaña R., Staples R.C., Bates B.D., Wilcox J.C., Mahanna C.W. 1999. Effects of a microbial inoculant and sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. Journal of Animal Science 69: 4588-4601.
- Williams C.H., David D.J., Lismaa O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic spectrophotometry. Journal of Agricultural Science 59: 381-385.
- Yescas Y.R., Bárcena G.R., Mendoza M.G., González M.S., Cobos P.M., Ortega C.M. 2004. Digestibilidad *in situ* dietas con rastrojo de maíz ó paja de avena con enzimas fibrolíticas. Agrociencia 38: 23-31.



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS DE PELO USANDO UN EXTRACTO COMERCIAL DE TANINO CONDENSADO

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF HAIR SHEEP USING A COMMERCIAL EXTRACT OF CONDENSED TANNIN

Martínez-Martínez, R.^{1*}, Ortega-Cerrilla, M.E.², Herrera-Haro, J.G.², Kawas-Garza, J.R.³, Alcalá-Canto, J.⁴, Huerta-Jiménez, M.⁵, Robles-Robles, J.M.⁶, Ayala-Monter, M.A.², Gómez-Vázquez, A.⁷, Hernández-Garay, A.^{2†}

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur, Ave. Independencia Nacional No. 151 Autlán de Navarro, Jalisco. ²Colegio de Postgraduados. ³Universidad Autónoma de Nuevo León. ⁴Universidad Nacional Autónoma de México. ⁵Catedrático CONACYT, Universidad Autónoma de Chihuahua. ⁶Universidad Benemérita Autónoma de Puebla. ⁷División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

*Autor de correspondencia: ricardo.mmartinez@academicos.udg.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de usar taninos condensados (TC) comerciales SilvaFeed® al agregarlos a la dieta de ovinos en 4% en MS. El estudio tuvo una duración de 60 d, se utilizaron 22 ovinos, en un diseño completamente al azar con 11 repeticiones por tratamiento. Se evaluó comportamiento productivo (ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia), grasa dorsal (EGD) y área del ojo de la costilla (AM). Las dietas fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos de los ovinos siendo iso-proteicas e iso-energéticas. Los datos fueron analizados con PROC GLM de SAS. La inclusión de 4% de TC a las dietas mostró que el consumo de la MS, fue de 1200 g d⁻¹, la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, AM y EGD no fueron diferentes entre tratamientos (P>0.05). Este estudio indicó que la inclusión de 4% de TC a la dieta de ovinos no afectó las variables productivas.

Palabras clave: Ganancia de Peso, Productividad, ovinos, taninos condensados

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018. pp: 46-50.

Recibido: marzo, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the viability of using commercial SilvaFeed® condensed tannins (CT) when they are added to sheep's diets in 4 % DM. The study lasted 60 d, 22 sheep were used, in a completely random design with 11 repetitions per treatment. The following were evaluated: productive behavior (daily weight gain, dietary conversion and dietary efficiency), dorsal fat (EGD), and eye area of the rib (AM). The diets were formulated according to the sheep's requirements, being iso-proteic and iso-energetic. The data were analyzed with the SAS software PROC GLM. The inclusion of 4 % of CT to the diets showed that the DM consumption was 1200 g d⁻¹, the daily weight gain, dietary conversion, AM and EGD were not different between treatments (P>0.05). This study indicated that the inclusion of 4 % of CT to the sheep's diet did not affect the productive variables.

Keywords: Weight gain, productivity, sheep, condensed tannins.

medo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 636.5 mm y 15.2 °C, respectivamente (García, 2004). Para evaluar el comportamiento productivo, se utilizaron 22 corderos machos de la raza Pelibuey, con un peso vivo inicial de 20±2.5 kg, y edad promedio de 4.5 meses, mantenidos en el experimento durante 60 días. Los procedimientos en el presente estudio se realizaron de acuerdo al "Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la Investigación en el Colegio de Postgraduados 02.11.16"CP. 2016 para especies utilizadas en investigación. Los animales se alojaron en corrales individuales de 1.5x2 m los cuales estaban provistos de piso de cemento, con comedero y bebedero individual. Antes de iniciar el experimento todos los animales recibieron una dosis de bacterina (Bobact-8, 2.5 mL animal⁻¹, vía intramuscular), vitaminas ADE (1 mL 50 kg⁻¹ PV, vía intramuscular). Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos y once repeticiones por tratamiento, los animales fueron distribuidos aleatoriamente en los tratamientos. Los tratamientos (T) fueron: T1=Testigo (dieta base; Cuadro 1), T2=T1+4% de extracto de taninos condensados (SilvaFeed®). El extracto de los taninos condensados contenía 7.78% de humedad, 3.67% de cenizas, 70% de taninos condensados y 21.7% de fenoles totales (Laboratorios AQUA, Análisis Químico Agropecuario, S.A. de C.V).

Las dietas fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos en crecimiento, tales como dietas iso-proteicas 15% PC e iso-energéticas 2.8 EM, NRC (2007; Cuadro 1). El alimento se ofreció a los animales dos veces al día, 60% del alimento

INTRODUCCIÓN

En México uno de los problemas presentes en los sistemas de producción de ovinos es la alimentación inadecuada y esto repercute en ganancia mínima de peso, bajos consumos de MS, baja eficiencia alimenticia, y por ende, resultados de productividad baja (carne, lana o leche). El desarrollo y la engorda de ovinos demanda dietas ricas en proteína y energía (Muller-Harvey, 2006). Por ello, se deben buscar alternativas de suplementación o adición alimenticia que mejoren el aprovechamiento de los forrajes o de las dietas que consumen los ovinos y esto a su vez se refleja en mejores ganancias de peso, conversión alimenticia, etcétera (Roa y Galiano, 2015). En los últimos años los taninos condensados (TC) extraídos de árboles forrajeros han adquirido interés, ya que por un lado es sabido que estos tienen efecto beneficio sobre el metabolismo de las proteínas en los rumiantes (Jayanegara y Palupi, 2010), mejorando los parámetros productivos de los pequeños rumiantes repercutiendo en mayor ganancia de peso, mejor conversión alimenticia, reducción o control los parásitos en estos, entre otros. Min *et al.* (2012), Waghorn (2008), Mueller-Harvey (2006) y Min *et al.* (2003) evaluaron los efectos de usar TC en la suplementación de rumiantes, encontrando que en cantidades moderadas (2-5%) tienen efectos benéficos en el animal, tales como mayor ganancia de peso, mejor peso al final, ya que el TC proteger la proteína la degradación ruminal en rumiantes. Es por ello que es necesario hacer más estudios para evaluar el uso extractos de los taninos comerciales en la dieta de ovinos, lo cual sería una alternativas saludables y sostenibles que mejoren la rentabilidad de las unidades de producción ovina (Martínez-Valladares *et al.*, 2015). El objetivo de este estudio fue evaluar la inclusión de 4% de taninos condensados comerciales en la dieta de ovinos y su efecto en el comportamiento productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la granja de ovinos del Colegio de Postgraduados Campus-Montecillo, Estado de México (19° 28' 4.26" N, 98° 53' 42.18" O, y 2250 m). El clima del área de estudio es templado sub-hú-

Cuadro 1. Ingredientes y composición química (g 100⁻¹ MS) de las dietas experimentales (%).

Ingredientes (%)	Tratamiento (BS)	
	T1	T2
Maíz amarillo molido	56	55
Rastrojo de maíz	12	10
Alfalfa achicalada	15	13
Melaza	5	5
Pasta de soya	2	2
*Premezcla de minerales	10	11
Taninos condensados	0	4
**Composición química (g 100g ⁻¹ MS)		
Materia Seca (%)	80.59	82.05
EM (Mcal kg ⁻¹)	2.83	2.73
Proteína cruda (%)	15.22	15.14
Extracto etéreo (%)	3.18	3.06
Cenizas (%)	6.43	10.17
FDN (%)	25.49	25.19
FDA (%)	11.07	11.31
Carbohidratos no estructurales (%)	51.01	50.31

BS. base seca, T1. testigo (dieta base), T2. dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados.

*Composición de la premezcla mineral: Ca 24.00%, Cl 12.00%, P 3.00%, Mg 2.00%, K 0.50 %, S 0.50 %, Na 8.00 %, Zn 5,000 mg, Co 60mg, Cr 5.00 mg, Fe 2,000 mg, Mn 4,000 mg, Se 30 mg, I 100 mg, Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 300,000 UI, Vitamina E 1,000 UI, Lasolocida 2000 mg. Por bulto de sales minerales.

** Calculado de tablas del NRC 2007.

a las 8:00 am y 40% del alimento a las 15:00 pm, con agua *ad libitum*. El consumo y rechazo de alimento fue registrado diariamente. Se obtuvo una submuestra del 10% de las dietas para su análisis químico proximal. Estas submuestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h. Una vez secas las muestras fueron molidas con un molino de cuchillas Thomas-Wiley Laboratory Mill, Model 4, Thomas Scientificm U.S.A., a través de una malla de 1 mm. A las submuestras de alimento se les determinó, materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas de acuerdo a AOAC (2006), también fibra neutro detergente (FDN) y fibra ácido detergente (FAD) según los procedimientos de (Van Soest, 1994).

Variables evaluadas

Consumo de materia seca (CMS): El consumo de la materia seca (kg d⁻¹) de los ovinos se calculó como la diferencia del alimento ofrecido y el alimento rechazado diariamente.

Ganancia diaria de peso (GDP): La ganancia diaria de peso se estimó mediante el pesaje de los animales con una báscula digital con sensor Modelo CRS-HD con capacidad de 200 kg, Marca Toro Rey, al inicio y al final, con ocho horas de ayuno previo. La GDP se calculó restando el peso inicial al peso final dividido entre los días transcurridos entre cada pesaje.

Conversión alimenticia (CA) y eficiencia alimenticia (EA): La conversión alimenticia se calculó como la relación de la cantidad de alimento consumido por día entre la ganancia diaria de peso. La EA se calculó dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de alimento.

Espesor de la grasa dorsal (EGD) y área del ojo de la costilla (AM): Se midieron entre la 12^a y 13^a costilla del músculo *Longissimus dorsi* del lado derecho sobre la piel del animal, al inicio y al final del estudio (Delfa *et al.*, 1995), utilizando un ultrasonido (Sonovet 600, Universal Medical System, Inc, "North America"), con transductor de 7.5 Mhz. Los datos para las variables productiva evaluadas se procesaron usando la opción de Modelos Lineales Generalizados (GLM) de SAS (2008) y las comparaciones múltiple de medias con la prueba Tukey (P≤0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la adición de los taninos en la dieta de los corderos sobre los parámetros productivos evaluados se resume en el Cuadro 2.

Para el peso final de los ovinos no hubo diferencias significativas (P>0.05) entre los tratamientos, lo mismo ocurrió con el consumo de la materia seca al incluir 4% de TC a la dieta de los ovinos. Esto concuerda con lo que encontraron Frutos *et al.* (2004) y Catanese *et al.* (2012), los cuales señalan que el CMS depende de la cantidad de taninos en la dieta y en menor cantidad (1.5-3%) no se afecta el consumo. Es decir, a una inclusión igual o mayor a 4% el sabor puede ser astringente y los ovinos no consumirán más alimento. Por su parte Leinmüller *et al.* (1991) observaron que altas concentraciones de taninos concentrados en la ración (mayor a 6%) tiene efectos adversos sobre la población microbiana del rumen, afectando la palatabilidad, el consumo, la digestibilidad de la dieta y la salud del animal. El CMS encontrado en ovinos de pelo en este estudio (1.2 kg d⁻¹) fue similar a

Cuadro 2. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con 4% de taninos condensados en la dieta.

Variables	Tratamientos			
	T1	T2	EEM	P
PI (kg)	20.4	20.51	0.795	0.9237
PF (kg)	37.08	34.49	1.426	0.2137
Consumo de Materia Seca (kg)	1.27	1.23	0.888	0.503
Ganancia Diaria de Peso (kg d ⁻¹)	0.278 ^a	0.233 ^b	0.450	0.0421
Conversión alimenticia	5.5 ^a	4.66 ^b	0.226	0.0162
Eficiencia alimenticia	0.217 ^a	0.186 ^b	0.0079	0.0127
EGD	2.5	2.4	0.0431	0.1516
AM	805.41	831.91	44.732	0.6797

T1=Dieta base, T2=Dieta base con inclusión de 4% de extracto de taninos condensados, EEM=Error estándar de la media, PI=Peso inicial, PF=Peso final, EGD=Espesor de la grasa dorsal, AM=Área del músculo *Longissimus dorsi*. a,b,=Literales diferentes en la misma filas indican diferencias (P<0.05).

lo reportado por Barros-Rodríguez *et al.* (2015), quienes reportaron consumos de 1.07 a 1.28 kg d⁻¹, al usar en promedio 3.5% de taninos concentrados de *Salix* spp, *Medicago sativa* y *Leucaena leucocephala*, en dietas para ovinos.

La ganancia diaria de peso de los ovinos fue diferente (P<0.05) entre los tratamientos evaluados, resultando mayor en el tratamiento uno. Sin embargo, esto podría deberse a que los TC en el tratamiento dos fue posiblemente alto para este estudio lo cual se refleja en menor ganancia diaria de peso de estos animales. Bonilla-Valverde *et al.* (2016) y Mueller-Harvey (2006) registraron ganancias de peso en ovinos de 0.242 (kg d⁻¹) al suplementar 3% con taninos de castaño a la dieta lo cual sugiere que la inclusión de TC comparados con este estudio debió ser menor para tener el efecto esperado en los animales en cuanto a ganancias diaria de peso de los ovinos. La eficiencia y conversión alimenticia fueron diferentes entre los tratamientos (P<0.05), siendo mejor para el tratamiento uno; sin embargo, se esperaba todo lo contrario que fueran mejores con la inclusión del 4% de TC, como se mencionó anteriormente podría ser debido a que el animal no consumió la suficiente materia seca para obtener los resultados positivos de mejor eficiencia y conversión alimenticia para el tratamiento dos que contenía la inclusión de 4% de TC en la dieta a todo esto Espinosa *et al.* (2006), mencionan que inclusiones de 2-4 % mejoran la eficiencia y conversión alimenticia. Para Espesor de la grasa dorsal y Área del ojo de la chuleta no fueron diferentes (P>0.05). El espesor de la grasa dorsal (EGD) y el área del músculo del ojo de la costilla (AM) tuvieron un promedio de 2.4 mm y 7.8 cm², res-

pectivamente, estos resultados coinciden con lo encontrado por Gutiérrez *et al.* (2005), quienes mencionan que el EGD en ovinos de pelo fue de 2.5 a 2.8 con dietas que contenían TC de *Medicago sativa* y *Guazuma ulmifolia*, respectivamente. Sin embargo, los resultados en esta investigación para EGD y AM fueron menores a los encontrados por Arvizu *et al.* (2011), quienes reportaron valores de 3 mm y 12.87 cm², respectivamente. Por otra parte, Macías-Cruz *et al.* (2010), encontraron EGD de 3 a 4 mm y 16 cm² del AM *Longissimus dorsi*, lo cual

fue mayor a lo reportado en esta investigación (Gutiérrez *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

Incluir 4% de extracto de tanino condensado (ETC) en la dieta de ovinos no afectó el consumo de Materia Seca; sin embargo, no tiene efectos significativos en cuanto a ganancia de peso, eficiencia y conversión alimenticia al menos para este estudio. Se requiere realizar más investigación usando otros porcentajes de inclusión menores al 4% del ETC en la dieta de los ovinos para observar el efecto sobre las variables productivas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios de Doctorado, a la LPI-7: Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad del Colegio de Postgraduados, por financiar parcialmente esta investigación.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Communities, 18th ed. (1st revision). AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Arvizu R.R., Domínguez I.A., Rubio M.S., Bórquez J.L., Pinos-Rodríguez J.M., González M., Jaramillo, G. 2011. Effects of genotype, level of supplementation, and organic chromium on growth performance, carcass, and meat traits grazing lambs. *Meat Science* 88: 404-408.
- Barros-Rodríguez M., Solorio-Sánchez F., Sandoval-Castro C., Klieve A., Rojas-Herrera R., Briceño-Poot E., Ku-Vera J. 2015. Rumen function *in vivo* and *in vitro* in sheep fed *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production* 47: 757-764.
- Bonilla-Valverde E., Flores-Aguirre L., Barajas-Cruz R., Romo-Valdez J., Montero-Pardo A., Romo-Rubio J. 2016. Respuesta productiva

- de corderos en engorda a la suplementación con extractos de taninos. *Abanico Veterinario* 7 (1): 14-25.
- Catanese F., Distel R., Provenza F.D., Villalba J. 2012. Early experience with diverse foods increases intake of nonfamiliar flavors and feeds in sheep. *Journal of Animal Science* 90: 2763-2773.
- Delfa R., Teixeira A., González C., Blasco I. 1995. Ultrasonic estimates of fat thickness and *Longissimus dorsi* muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. *Small Ruminant Research* 16: 159-164.
- Frutos P., Hervas G., Giráldez F.J., Mantecón A. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2: 191-202.
- García E. 20014. Modificaciones al sistema de clasificación de KÖPPEN. Instituto de Geografía, UNAM. 91 p.
- Gutiérrez J., Rubio M.S., Méndez R.D. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Science* 70: 1-5.
- Jayanegara A., Palupi E. 2010. Condensed Tannin Effects on Nitrogen Digestion in Ruminants: A Meta-analysis from *in Vitro* and *in Vivo* Studies. *Media Peternakan.*: 33(3):176-181.
- Leinmüller E., Steingass H., Menke K. 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. *Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development through Animal Research* 33: 9-62.
- Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F., Rodríguez-García J., Correa-Calderón A., Torrentera-Olivera N., Molina-Ramírez L., Avendaño-Reyes L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de medicina veterinaria* 42, 147-154.
- Martínez-Valladares M., Geurden T., Batram D.J. 2015. Resistance of gastrointestinal nematodes the most commonly used anthelmintic in sheep, cattle and horse in Spain. *Veterinary Parasitology*: 211-228.
- Mata E.M.A., Hernández S.D., Cobos P.M.A., Ortega C.M.E., Mendoza M.G.D. Arcos G.J.L. 2006. Comportamiento productivo y fermentación ruminal de corderos suplementados con harina de cocoite (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*). *Revista Científica FCV-LUZ*. 16(3):249-256.
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 3-19. doi:10.1016/S0377-8401(03)00041-5.
- Min B.R., Solaiman S., Gurung N., Behrends J., Eun J.S., Taha E., Rose J. 2012. Effects of pine bark supplementation on performance, rumen fermentation, and carcass characteristics of Kiko crossbred male goats. *Journal of Animal Science*. 90: 3556-3567.
- Mueller H. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and Health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86 (13): 2010-2037.
- Roa M.L., Galiano J. R. 2015. Calidad nutricional y digestibilidad *in situ* de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras. *Pastos y Forrajes*, 38(4), 431-440.
- Waghorn G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147 (3): 116-139.



CAMBIOS EN LA FRECUENCIA DE DEFOLIACION PARA RECUPERAR LA DENSIDAD DE PLANTAS EN UNA PRADERA DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

CHANGES IN THE DEFOLIATION FREQUENCY TO RECOVER PLANT DENSITY IN AN ALFALFA PASTURE (*Medicago sativa* L.)

Mendoza-Pedroza, S.I.¹, Cadena-Villegas, S.¹, Hernández-Garay, A.^{2†}, Vaquera-Huerta, H.³, Villarreal-González, J.A.⁴, Flores-Santiago, E.J.^{2*}

¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México Texcoco. C.P. 56230, Chapingo, México. ²Ganadería, Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. ³Centro de Estadística y Computo, Colegio de Postgraduados. Km. 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. ⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*Autor para correspondencia: ever_flores18s@hotmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la frecuencia de corte en la recuperación de plantas de una pradera de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se estableció un experimento para evaluar la Densidad de tallos (DT), densidad de plantas (DP) y peso por tallo (PT). Los tratamientos consistieron en cuatro frecuencias estacionales de corte (3, 4, 5 y 6 semanas en primavera-verano, y 7, 6, 5 y 4 semanas en otoño-invierno) distribuidos en un diseño completamente al azar. La mayor DP se observó en la frecuencia de cinco semanas. Para todas las frecuencias de corte se observó que la mayor DT ocurrió en otoño-invierno y la menor durante primavera-verano. El menor PT fue en primavera en frecuencia de tres semanas, y el mayor en verano con intervalo de corte de seis semanas.

Palabras clave: Forrajes, alfalfa, intervalo entre cortes, área foliar por tallo, radiación interceptada.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of the frequency of cutting in the recovery of plants in an alfalfa pasture (*Medicago sativa* L.), an experiment was established to evaluate stem density (SD), plant density (PD), and stem weight (SW). The treatments consisted in four seasonal cutting frequencies (3, 4, 5 and 6 weeks in spring-summer, and 7, 6, 5 and 4 weeks in fall-winter) distributed in a completely random design. The highest PD was observed in the five-week frequency. For all the cutting frequencies it was observed that the highest SD took place in fall-winter and the lowest during spring-summer. The lowest SW was in spring in a frequency of three weeks, and the highest in summer with cutting interval of six weeks.

Keywords: Fodder, alfalfa, interval between cuts, leaf area per stem, intercepted radiation.

En alfalfa existen pocos trabajos que han integrado las diferentes variables que determinan su rendimiento y persistencia. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del manejo estacional de la frecuencia de defoliación en la recuperación de densidad de plantas una pradera de alfalfa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de agosto del 2007 a agosto del 2008, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2240 m. El clima es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 637 mm y una temperatura media anual de 15.2 °C (García, 1988). El suelo es franco arenoso y ligeramente alcalino con un pH de 7.8 (Ortiz, 1997). Se utilizó una pradera de alfalfa, variedad San Miguelito, establecida en octubre del año 2004. El área se dividió en 16 parcelas de 63 m², en las cuales se evaluaron cuatro frecuencias estacionales de corte (3, 4, 5 y 6 semanas en primavera-verano y 7, 6, 5 y 4 semanas en otoño-invierno) con cuatro repeticiones. La alfalfa se cosechó a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo. Dado que esta investigación fue la continuación de un estudio realizado durante el año previo, en la cual se evaluaron las siguientes frecuencias de corte: 3, 4, 5 y 6 semanas durante primavera-verano y 4, 5, 6 y 7 semanas en otoño-invierno y que el tratamiento con el menor intervalo entre cortes tendió a perder persistencia, ya que las praderas presentaban la menor densidad de plantas y tallos m⁻², se decidió cambiar la frecuencia de corte de 3 a 7 semanas durante otoño-invierno y regresar a tres semanas para las estaciones de primavera-verano, con la finalidad de

INTRODUCCIÓN

Alfalfa (*Medicago sativa* L.), es el cultivo forrajero más importante a nivel mundial; en México se emplea en la alimentación de vacas lecheras (Hamd-Alla *et al.*, 2013; Harvey *et al.*, 2013; Mendoza *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2014). Su importancia radica en la cantidad de forraje obtenido por unidad de superficie cultivada, su alta digestibilidad, provee energía, proteína, vitaminas y minerales (Hamd-Alla *et al.*, 2013; Mendoza *et al.*, 2010) consumida en estado fresco, henificada, deshidratada o ensilada (Mendoza *et al.*, 2010). Su producción varía a través del año, por lo que el manejo de la defoliación debe definirse estacionalmente con base en la velocidad de crecimiento de la planta (Hernández-Garay *et al.*, 1992; Zaragoza *et al.*, 2009), la cual representa el balance entre la tasa de crecimiento y la pérdida de tejido por senescencia y descomposición, y cambia con las condiciones ambientales prevalecientes en cada estación del año (Lemaire *et al.*, 2009; Valentine y Matthew, 1999); por ello, el conocimiento de los cambios estacionales en la velocidad de crecimiento de las diferentes especies forrajeras (Hodgson, 1990) permite determinar la frecuencia e intensidad de cosecha óptima de la alfalfa para obtener la mayor producción de forraje, de alta calidad, sin afectar su persistencia (Hodgson, 1990; Zaragoza *et al.*, 2009). En alfalfa la frecuencia es más importante que la intensidad de cosecha, debido a que el rebrote después de la defoliación, se produce desde las yemas de la corona y meristemas axilares de los tallos más bajos (Hernández-Garay *et al.*, 1992; Valentine y Matthew, 1999). El rendimiento de una pradera está en función del número de plantas y el peso individual de cada una de ellas. Por tal motivo, la producción de forraje en una pradera, depende del número de tallos vivos por unidad de área y su correspondiente peso individual de cada uno de ellos, o por una combinación de ambos (Hernández-Garay y Pérez, 1999). Durante el desarrollo de una pradera, los tallos están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo a tasas que difieren apreciablemente, dependiendo de las condiciones ambientales, del estado de desarrollo de la planta y manejo (Graminho *et al.*, 2014; Stivanin *et al.*, 2014); por lo que, la tasa de crecimiento de la pradera es la integral de la tasa de crecimiento de cada tallo, la cual es influenciada por la tasa de producción de tallos y por sus tasas de crecimiento individual (Graminho *et al.*, 2014; Stivanin *et al.*, 2014).

observar la capacidad de recuperación de la alfalfa, cuando tiene mayor periodo de reposo después de ser sometida a un manejo intenso. Durante el periodo de seca de octubre a mayo las praderas se regaron cada dos semanas a capacidad de campo.

VARIABLES ESTUDIADAS

Densidad de plantas

Independientemente de la frecuencia de corte, se utilizó mensualmente y de forma aleatoria, un cuadro de un metro cuadrado por repetición, en el cual se cuantificó el número de plantas presentes y registraron los cambios en la población durante todo el periodo experimental.

Densidad de tallos

Antes de iniciar el experimento se colocó un cuadro fijó a ras de suelo de 0.04 m² (20×20 cm) de área en cada repetición, donde se contaron mensualmente los tallos presentes y registraron los cambios que se manifestaban en la densidad poblacional durante el periodo de estudio.

Peso por tallo

Para determinar el peso por tallo, un día antes de cada corte, se cosecharon aleatoriamente 10 tallos a ras de suelo por repetición, se separaron en hoja, tallo e inflorescencia (cuando se encontró); una vez separados los componentes morfológicos se secaron en una estufa de aire forzado durante 72 h a 55 °C, y se registró el peso seco de cada componente. El peso por tallo se obtuvo al sumar cada uno de los componentes y dividirlo entre 10. Para comparar el efecto de las frecuencias de corte se realizó un análisis de varianza utilizando LSMEANS, usando la prueba de "t" de "Student" a un nivel de significancia del 5%, mediante el procedimiento estadístico PROC

MIXED del software SAS (SAS, 2002). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ($p=0.05$) según Steel y Torrie (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los cambios mensuales de temperatura y precipitación durante el periodo de evaluación. Las mayores temperaturas se registraron en los meses de marzo a julio del 2008, lo que coincide con las estaciones de primavera y parte del verano y las menores, se observaron en los meses de noviembre 2007 a febrero 2008, lo que comprende el periodo de finales del otoño a mediados de invierno; así mismo, se muestra que de octubre del 2007 a marzo del 2008 se registraron días en los que la temperatura promedio estuvo por debajo de los 5 °C, lo que afecta el crecimiento de la alfalfa. Las mayores precipitaciones se registraron en el verano del 2008 y el periodo más seco se presentó en el invierno del 2007, lo que coincide con las temperaturas más bajas, esto afectó directamente el desarrollo del cultivo en el periodo experimental.

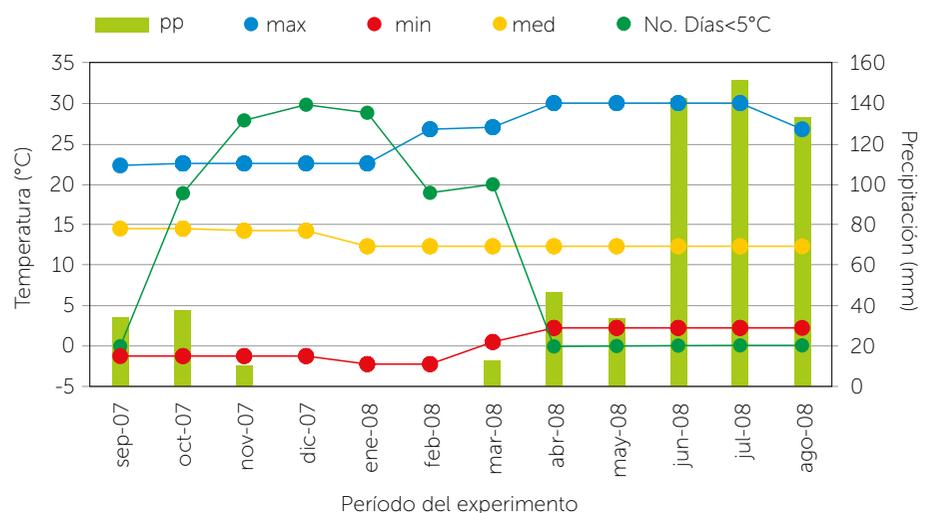


Figura 1. Cambios mensuales en la precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el periodo experimental, obtenidos en la estación meteorológica del Colegio de Potsgraduados.

Densidad de plantas

El Cuadro 1 muestra la densidad de plantas de alfalfa en los diferentes meses del año; el intervalo entre cortes de cinco semanas fue el que mantuvo mayor densidad de plantas en la pradera ($P<0.05$), mientras que tratamiento 7-3 registraron mayor pérdida, particularmente cuando se cambió la frecuencia de 7 a 3 semanas (primavera-verano). Lo anterior sugiere que bajo ninguna circunstancia la alfalfa debe ser cosechada a intervalos entre cortes de tres semanas. La influencia de la época del año también muestra diferencias significativas ($P<0.05$), ya que es posible observar que la mayor densidad de plantas se registró en los meses de otoño.

En algunos tratamientos se observa un incremento en la cantidad de plantas de alfalfa en la pradera, situación que no podría parecer real; sin embargo,

Cuadro 1. Cambios mensuales densidad de plantas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (plantas m²), cosechada a diferente frecuencia de corte.

Frecuencia de corte	Mes del año											
	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
7-3	9b	10a	12a	12a	12c	8c	5c	8b	7b	7b	2c	2c
6-4	11a	8b	9b	10a	9b	8b	6c	10a	7c	8b	7c	7c
5-5	10b	11a	13a	13a	13a	11a	8c	7c	5d	5d	5d	5d
4-6	4c	3c	4c	4c	4c	3c	3c	8a	6b	6b	6b	6b

7-3, 6-4, 5-5 y 4-6=Frecuencia de corte de 7, 6, 5 y 4 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano, respectivamente.

abcd=Literales iguales en una misma columna, no son diferentes (P>0.05).

esto se debió a que se muestrearon aleatoriamente las parcelas experimentales, y, en consecuencia, en cada muestreo se contó el número de plantas en un lugar diferente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sevilla *et al.* (2002) quienes mencionan que, la muerte de plantas es mayor en primavera y verano, al cabo de este periodo la densidad de plantas tiende a incrementar, además, la densidad mínima necesaria de plantas para que no se afecte el rendimiento es de 30, y señalan que, con una densidad inferior, la pradera disminuye marcadamente su rendimiento, en dicho experimento se pasó este valor crítico al cuarto año de establecida la pradera.

Densidad de tallos

Los cambios mensuales en la densidad de tallos de alfalfa se muestran en el Cuadro 2. Para todas las frecuencias de corte se observó que la mayor densidad de tallos ocurrió en otoño e invierno, y la menor, durante primavera-verano. La frecuencia de corte de cinco semanas registró la mayor densidad de tallos de alfalfa en otoño-invierno, teniendo el máximo valor en noviembre con 565 tallos m⁻²; sin embargo, a partir de febrero declina hasta llegar al mínimo en los meses de mayo y junio. Los menores valores en densidad de tallos se obtuvieron con la frecuencia de corte de 7 y 3 semanas tanto para

otoño-invierno como en primavera-verano. Teixeira *et al.* (2007) menciona que las defoliaciones frecuentes reducen drásticamente el rendimiento y la persistencia de la alfalfa, aumentando la mortalidad de plantas, lo que modifica el número de tallos por macollo; obteniendo una media de tratamientos de 780 tallos m², la cual difiere dentro de cada ciclo de rebrote por efecto de temperatura, humedad, radiación interceptada e índice de área foliar remanente.

Peso por tallo

El Cuadro 3 presenta los cambios estacionales en el peso por tallo de la alfalfa cosechada a diferentes frecuencias de corte. Durante el otoño la frecuencia de corte cada cuatro semanas supero a la de 5, 6 y 7 semanas (P<0.05). Durante invierno, los cortes cada 5 y 4 semanas superaron a la de 6 y 7 semanas (P<0.05). Durante primavera-verano el peso por tallo aumento conforme se incrementó el intervalo entre cortes (P<0.05). Independientemente de la frecuencia de corte durante verano se registraron los mayores pesos por tallo. Zaragoza (2009) en una asociación de alfalfa ovillo encontró el mayor peso por tallo de alfalfa en primavera y el menor en invierno con 1.3 y 0.30 g, respectivamente. En general se observó que a mayor peso por tallo, aumenta

Cuadro 2. Cambios mensuales en densidad de tallos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (tallos m²), cosechada a diferente frecuencia de corte. Montecillo, México, 2007-2008.

Frecuencia de corte	Mes del año											
	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
7-3	222b	262b	304c	30d	28d	27d	37d	89c	54d	66c	23c	27d
6-4	405a	391a	418b	407b	403b	389b	282b	228b	348a	360a	348a	341a
5-5	437a	462a	565a	527a	535a	476a	325a	302a	207b	204b	207b	216b
4-6	129c	100c	132d	113c	130c	98c	103c	252b	180c	179b	172b	176c

7-3, 6-4, 5-5 y 4-6=Frecuencia de corte de 7, 6, 5 y 4 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano, respectivamente.

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05).

Cuadro 3. Peso promedio por tallo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (g), cosechada a diferente frecuencia de corte. Montecillo, México, 2007-2008.

Frecuencia de corte (semanas)	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
7-3	0.39 c A	0.30 c B	0.26 c C	0.35 c A
6-4	0.63 b A	0.37 b D	0.48 b C	0.55 b B
5-5	0.73 b A	0.49 a B	0.73 a A	0.69 b A
4-6	0.85 a B	0.50 a C	0.84 a B	1.07 a A

7-3, 6-4, 5-5 y 4-6=Frecuencia de corte de 7, 6, 5 y 4 semanas para otoño-invierno y 3, 4, 5 y 6 semanas para primavera-verano, respectivamente.

abcd=Literales iguales en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$).

ABCD=Literales iguales en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$).

su densidad y viceversa, tal como lo habían consignado otros autores en diferentes especies forrajeras.

CONCLUSIONES

Los cambios en la frecuencia de cosecha de la pradera de alfalfa permiten incrementar de manera limitada la densidad de plantas, tallos y peso por tallo en una pradera de alfalfa.

LITERATURA CITADA

- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Graminho L.A., da Rocha, M.G., Pötter, L., da Rosa, A. T. N., Lopes, B. T., Machado, M. 2014. Defoliation patterns and tillering dynamics in Italian ryegrass under different herbage allowances. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 36(4), 349-356.
- Hamd-Alla W. A., Bakheit, B. R., Abo-Elwafa, A. & El-Nahrawy, M. A. 2013. Evaluate of some varieties of alfalfa for forage yield and its components under the New Valley conditions. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4), 413-418.
- Harvey B.M., Widdup K.H., Barrett B. A. 2014. An evaluation of Lucerne for persistence under grazing in New Zealand. In *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 76, 111-116.
- Hernández-Garay A., Pérez P. J., Hernández G.V.A. (1992). Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*, 2,131-144.
- Hernández-Garay A., Pérez P. J. 1999. Determinación del estado fisiológico óptimo de corte de alfalfa. XIII Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. P. 32.
- Hodgson J. 1990. *Grazing management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England.
- Lemaire G., Silva, S. C., Agnusdei, M., Wade, M., Hodgson J. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Grass and Forage Science*, 64, 341-353.
- Mendoza P.S.I., Hernández-Garay A., Pérez P.J., Quero-Carrillo A.R., Escalante E. J. A., Zaragoza R.J.L., Ramírez R.O. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(3), 287-296.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Sevilla G. H., Pasinato A. M., García J. M. 2002. Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando diferentes densidades de siembra. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 10(3): 164-170.
- Steel R.G., Torrie J. H. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2ª edición. Mc Graw-Hill. México.
- Stivanin S.C.B., da Rocha M.G., Potter L., da Silva V. H., Alves M. B., Salvador P.R. 2014. Tiller dynamics of ryegrass managed under two stocking rates. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 36(3), 279-283.
- Teixeira E.I., Moot D.J., Brown H.E., Fletcher A.L. 2007. The dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. *Europa Journal of Agronomy*, 26, 394-400.
- Valentine I., Matthew C. 1999. Plant growth, development and yield. In: White J, Hodgson J editors. *New Zealand Pasture and Crop Sci.* Auckland, New Zealand: Oxford University Press.
- Wang B., Mao S. Y., Yang H. J., Wu Y. M., Wang J. K., Li S. L., Shen Z. M., Liu J. X. 2014. Effects of alfalfa and cereal straw as a forage source on nutrient digestibility and lactation performance in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, 97, 7706-7715.
- Zaragoza E.J.A., Hernández-Garay A., Pérez P.J., Herrera-Haro J.G., Osnaya G.F., Martínez-Hernández P.A., González M.S.S., Quero-Carrillo A.R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovollo. *Técnica Pecuaria en México*, 47(2), 173-188.

RENDIMIENTO DE SEIS CULTIVARES DE *Cenchrus purpureus* (Schumach.) MORRONE CON POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

BIOMASS YIELD OF SIX CULTIVARS OF *Cenchrus purpureus* (Schumach.) MORRONE WITH POTENTIAL FOR BIOETHANOL PRODUCTION

Reyes-Castro, S.¹, Enríquez-Quiroz, J.F.^{2*}, Hernández-Garay, A.^{1†}, Esqueda-Esquivel, V.A.³, Gutiérrez-Arenas, D.A.⁴

¹Colegio de Postgraduados, Ganadería, Campus Montecillos. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo La Posta, Paso del Toro, Veracruz. ³Colegio de Postgraduados Ganadería, Campus Montecillos. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Cotaxtla, Medellín, Veracruz. [†]Universidad Autónoma de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca.

*Autor de correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluaron seis cultivares de *Cenchrus purpureus*: Taiwán, King grass, CT-115, Maralfalfa, Mott y Vruckwona, para determinar el rendimiento de biomasa en tres épocas del año, como materia prima para producción de bioetanol. Se midieron el rendimiento de materia seca (t MS ha), la altura de planta (m^{-2}) y la densidad (tallos m^{-2}) y se realizó una estimación teórica de la producción de etanol. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El rendimiento difirió entre variedades en la época de lluvias ($P < 0.05$), siendo Mott el cultivar que produjo más MS ($46.8 t ha^{-1}$). En la época de nortes no hubo diferencias ($P > 0.05$). En la época seca, King grass mostró el rendimiento mayor ($4.8 t ha^{-1}$). La altura de planta fue menor durante la época seca que en la época de nortes ($P \geq 0.05$). La densidad de tallos no difirió entre épocas ($P > 0.05$). La producción de forraje se concentró en un 79% en lluvias, 13% en nortes y 8% secas. El cultivar Mott presentó la mayor producción teórica de etanol con $8,018 L ha^{-1} año^{-1}$.

Palabras clave: rendimiento de materia seca, densidad de tallos, bioetanol.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018, pp: 56-61.

Recibido: abril, 2018. Aceptado: mayo, 2018.

ABSTRACT

Six cultivars of *Cenchrus purpureus* were evaluated: Taiwan, King grass, CT-115, Maralfalfa, Mott and Vrokwona, to determine the biomass yield in three seasons of the year, as prime material for bioethanol production. The dry matter (DM) yield, plant height and number of stems per m² were measured, and a theoretical estimation of ethanol production was performed. An experimental design of complete random blocks with three repetitions was used. During the rainy season, differences were found ($P < 0.05$), in the production of DM, with Mott being the cultivar that produced more DM (46,761 kg ha⁻¹). During the season of north winds there were no differences ($P > 0.05$). In the dry season, King grass showed the highest yield (4,806 kg ha⁻¹). In the north winds and dry seasons there were differences ($P \geq 0.05$) in plant height between cultivars, with the dry season being when the lowest ones were obtained. In the stem density there were no differences in the three seasons. The seasonal distribution of fodder production was 79% with rains, 13% with north winds and 8% in the dry season. The Mott cultivar presented the highest theoretical production of ethanol with 8,018 L ha⁻¹ year⁻¹.

Keywords: dry matter yield, stem density, biofuel.

mayor potencial de producción de biomasa en el mundo, debido a su hábito de crecimiento erecto, cepas vigorosas y porte alto, así como gran adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas variables dentro de las regiones tropicales (López y Enríquez, 2011). El contenido de celulosa y hemicelulosa en los diversos cultivares de *C. purpureus*, varía de acuerdo a la morfología de cada cultivar y al estado de madurez. Por ejemplo, Elefante y King grass presentan contenidos de celulosa y hemicelulosa de 22.6 y 20.9% o 23.6 y 21.9%, respectivamente (Cardona *et al.*, 2013). Se reportan contenidos de 32.9 y 28.8% para el cultivar CT-115 (Valenciaga *et al.*, 2009), de 42.8 y 29.0% para Taiwán (Ventura, 2016), de 33.8 y 22.5% para Maralfalfa (Mateus *et al.*, 2012), y de 30.5 y 29.6% para CT-115 (de Dios, 2012). El promedio general de concentración de celulosa y hemicelulosa para estos cultivares fue de 31.0 y 25.5%. Estos datos son útiles para estimar la producción teórica de etanol de cada cultivar.

En las áreas tropicales del estado de Veracruz, México, se tienen grandes superficies con las condiciones agroecológicas adecuadas para la producción de *C. purpureus*, con las características requeridas para la generación de biocombustibles. Sin embargo, debido a la gran variación que existe entre los cultivares de esta especie, es necesaria una evaluación para seleccionar aquellos con el mayor potencial de producción de biocombustibles. El presente trabajo determinó el rendimiento anual de materia seca y el rendimiento teórico de etanol de seis cultivares de *C. purpureus* cosechados cada 90 días, en el estado de Veracruz, México.

INTRODUCCIÓN

La energía de biomasa es la energía contenida en la materia orgánica, la cual puede aprovecharse de diferentes maneras, según sea materia de origen animal o vegetal. El aprovechamiento de esta energía puede ser directo (combustión) o por transformación en otras sustancias que pueden aprovecharse más tarde como combustibles o alimentos (Escobar y Villamil, 2008). Una alternativa para la obtención de energía en las regiones tropicales es la producción de forraje de buena calidad y con rendimiento estable de biomasa durante el año (Mármol *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2009). En los últimos años, en México, se han introducido especies forrajeras con alto potencial como forrajes de corte o pastoreo; entre ellas, diversos cultivares del pasto *Cenchrus purpureus* (Ortiz *et al.*, 2010). En la actualidad, el daño al ambiente que ha provocado el uso de combustibles fósiles, el llamado del Protocolo de Kioto a disminuir la contaminación por gases de efecto invernadero (González y Castañeda, 2008) y la necesidad de nuevas fuentes de energía renovable, hacen de los biocombustibles una gran opción para minimizar el impacto sobre el planeta por el uso de los combustibles tradicionales. El alza en los precios que se generó en 2007 y 2008 al producir biocombustibles de primera generación a partir de maíz (*Zea mays* L.) y caña de azúcar (*Saccharum* spp.), causó inestabilidad económica e incrementó el riesgo de causar una crisis alimentaria. Debido a lo anterior, los biocombustibles de biomasa lignocelulósica suponen una alternativa económicamente viable. Los combustibles lignocelulósicos más utilizados son residuos forestales y agrícolas, como árboles de crecimiento rápido, bagazo de caña de azúcar, olote y rastrojo de maíz, paja de trigo (*Triticum* sp.) o arroz (*Oryza sativa* L.), entre otros (Santiago-Ortega *et al.*, 2016). Otra opción para la producción de bioetanol son las poaceas, tales como el pasto *C. purpureus*, que tiene el

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en el Campo Experimental La Posta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el km 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, municipio de Medellín, Veracruz, México (19° 02' N, 96° 08' O y 16 m de altitud). El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw_1), con temperatura media de 25.4 °C, precipitación pluvial de 1,337 mm y evaporación de 1,379 mm (García, 1987). Los suelos son vertisoles, con pH de 5.4, textura arcillosa y 2.6% de materia orgánica. Las parcelas utilizadas para este estudio tuvieron dimensiones de 2.5 m de ancho x 5 m de largo, se establecieron el 22 de julio de 2012, colocando estacas a 50 cm de separación entre surcos. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos (cultivares) y tres repeticiones.

Los cultivares evaluados fueron: Taiwán, King grass, CT-115, Maralfalfa, Mott y Vruckwona. En el mes de julio de 2014 se realizó un corte de uniformidad a una altura de 30 cm.

Se usó una fórmula de fertilización de 300N-100P-00K kg ha⁻¹ año⁻¹. La fertilización fue dividida en dos aplicaciones, la mitad de la fórmula se aplicó una semana después del corte de uniformidad, y el resto un mes después de la primera aplicación. Las cosechas se llevaron a cabo a intervalos 90 d después del corte de uniformidad, desde julio de 2014 hasta julio de 2015. En cada parcela se midió la altura en cinco plantas utilizando una regla de pvc de 3 m graduada cada 5 cm y se estimó la densidad. Para determinar el rendimiento de materia seca se cosechó a 30 cm el forraje presente en 1 m⁻², se pesó en fresco; se cortó en segmentos de 5 cm y se llevó a peso constante a 55 °C por 96 h en una estufa aire forzado. Durante el periodo de evaluación se realizaron cuatro cortes: dos en la época lluviosa, uno en la época de nortes y uno en la época seca. Con el paquete estadístico SAS (SAS, 2002) se realizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey ($P=0.05$) para la comparación de medias. Se calculó el rendimiento en bioetanol usando los contenidos de celulosa y hemicelulosa y el rendimiento de cada cultivar (Castaño, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el estudio la precipitación fue de 1,047 mm, de los cuales 967 mm correspondieron a la época de lluvias, 16 mm a la época de nortes y 64 mm a la época seca. La precipitación mayor se registró en el mes de septiembre (700 mm), y febrero fue el mes con menos lluvia (menos de 1 mm). Las temperaturas medias máximas y mínimas fueron más altas en las épocas de lluvia y seca y más bajas en la época de nortes.

En la época de lluvias no hubo diferencia en la altura de planta entre los cultivares antes del corte ($P \geq 0.05$), mientras que, en las épocas de nortes y secas, el cultivar Taiwán presentó mayor altura. Con respecto a la altura final promedio durante todo el experimento Taiwán fue el más alto (1.97 m), mientras que CT-115 y Mott fueron las de menor altura

(1.54 y 1.53 m; $P \leq 0.05$). El menor tamaño de CT-115 puede deberse a que presenta acortamiento de entrenudos a medida que avanza su edad (Rueda, 2015). La altura de la planta fue mayor durante la época de lluvias (2.66 m) y menor durante la época de secas (1.13 m) ($P \leq 0.05$). Existen diversos estudios donde se compara la altura de los cultiva-

res de *C. purpureus*, en diferentes épocas del año. En Isla, Veracruz, en el cultivar Maralfalfa, cosechado a los 150 días en la época de lluvias, Calzada *et al.* (2014) encontraron alturas de 2.30 m, mientras que en la misma época, en Cárdenas, Tabasco, con el cultivar CT-115 a los 90 días de edad de rebrote, De Dios (2012) reportó alturas de 1.65 m, lo cual difiere de lo encontrado en el presente estudio (2.60 m), y puede deberse a las condiciones de precipitación y temperatura predominantes en la zona durante el desarrollo del experimento, ya que para las épocas de nortes (vientos húmedos y fríos) y de sequía, reportó alturas de 1.39 y 1.56 m respectivamente, muy superiores a las reportadas en este estudio para dicho cultivar en esas épocas del año. Al trabajar con los cultivares CT-115, Caña Africana, Taiwán, King grass, Vruckwona, Roxo, OM-22 y Camerún en Isla, Veracruz, a los 185 días de edad, Rueda (2015) indicó que la mayor altura se tuvo con el cultivar King grass

Cuadro 1. Altura de plantas (m) de diversos cultivares de *C. purpureus* antes del corte en diferentes épocas.

Cultivar	Lluvias 9/oct/2014	Nortes 7/ene/2015	Secas 7/abr/2015	Promedio
Taiwán	2.52 ^{a1}	1.93 ^a	1.47 ^a	1.97 ^a
King grass	2.69 ^a	1.65 ^{ab}	1.27 ^{ab}	1.87 ^{ab}
CT-115	2.60 ^a	1.01 ^b	1.02 ^{ab}	1.54 ^b
Maralfalfa	2.73 ^a	1.24 ^b	1.13 ^{ab}	1.70 ^{ab}
Mott	2.67 ^a	1.14 ^b	0.78 ^b	1.53 ^b
Vruckwona	2.75 ^a	1.69 ^{ab}	1.13 ^{ab}	1.86 ^{ab}
Promedio ²	2.66 ^A	1.44 ^B	1.13 ^C	

^{a, b} Medias con literales minúsculas iguales en columnas, no presentan diferencias significativas. ^{A, B} Medias con literales mayúsculas iguales en las filas, no presentan diferencias estadísticas.

(4.2 m) y la menor con el cultivar CT-115 (3.5 m). En la época de lluvias en Nayarit, Gómez-Gurrola *et al.* (2015) cuantificaron alturas de 3.39 m con el cultivar Maralfalfa. En Tabasco, De Dios (2012) reportó alturas en el cultivar CT-115 de 1.56 y 1.39 m para las épocas de seca y nortes respectivamente.

No hubo diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en la densidad de población de tallos entre cultivares en ninguna de las épocas evaluadas (Cuadro 2), aunque sí diferencias numéricas entre los cultivares en las diferentes épocas del año. El cultivar Taiwán tuvo la menor cantidad de tallos por m^2 en las tres épocas del año, mientras que, en la época de lluvias, CT-115 y Mott produjeron la mayor cantidad de éstos, y en la época de nortes, en los cultivares Maralfalfa y Mott, se cuantificaron 52 tallos por m^2 ; a su vez, en la época seca el cultivar Maralfalfa desarrolló la mayor cantidad de tallos.

Los resultados de rendimiento de biomasa (Cuadro 3), muestran que en la época de lluvias se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre cultivares, donde el cultivar Mott presentó el mayor rendimiento de materia seca, y CT-115 el rendimiento más bajo. Para la época de nortes no hubo diferencias ($P \geq 0.05$) entre cultivares; sin embargo, en la época seca sí se presentaron diferencias ($P \leq 0.05$), siendo el cultivar King grass el más rendidor, mientras que el de menor rendimiento fue el cultivar Mott. Lo anterior es un indicativo de que este último tiene poca tolerancia a la sequía, ya que durante la época de lluvias mostró alta producción de materia seca. Sin embargo, presenta una importante recuperación en la época de lluvias, tanto en crecimiento como en

Cuadro 2. Densidad poblacional de tallos por m^2 de diferentes variedades de *C. purpureus* cosechadas cada 90 días en diferentes épocas.

Cultivar	Lluvias 9/oct/2014	Nortes 7/ene/2015	Secas 7/abr/2015
Taiwán	27 ^{a1}	30 ^a	31 ^a
King grass	36 ^a	45 ^a	37 ^a
CT-115	51 ^a	44 ^a	46 ^a
Maralfalfa	42 ^a	52 ^a	51 ^a
Mott	51 ^a	52 ^a	39 ^a
Vruckwona	39 ^a	33 ^a	40 ^a
Promedio ²	41 ^A	43 ^A	41 ^A

¹Medias con literales minúsculas iguales en columnas, no presentan diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$). ²Medias con literales mayúsculas iguales en las filas, no presentan diferencias estadísticas.

diferencia significativa con el cultivar Mott, que mostró el mejor rendimiento de MS.

El rendimiento de biomasa fue marcadamente estacional. En la época de lluvias se obtuvo el mayor rendimiento de materia seca en comparación con las épocas de nortes y seca. Este comportamiento se debe a que durante la época de lluvias los cultivares tuvieron disponible el agua necesaria y la temperatura adecuada para su desarrollo, mientras que, en la época de nortes, la precipitación pluvial fue escasa, lo cual, junto con las bajas temperaturas inhibió el crecimiento. Aunque en la época seca la precipitación pluvial fue de 64 mm, esta no fue suficiente para promover el crecimiento acelerado, por lo que el rendimiento es menor. La distribución estacional en la producción de biomasa fue de 79% en la época de lluvias, 13% en la época de nortes y 8% en la época seca, lo cual fue igual a los rendimientos estacionales reportados por Martínez *et al.* (2008). Por otra parte, en

rendimiento de biomasa; aunque es un cultivar de porte bajo, presenta un excelente comportamiento productivo, y, además, su porte le ayuda a resistir el acame en la época de nortes, cuando se presentan fuertes vientos. Aunque el cultivar Taiwán tuvo las alturas mayores, el menor número de tallos afectó su rendimiento de MS, aunque la prueba de medias no mostró

Cuadro 3. Rendimiento estacional de biomasa ($t MS ha^{-1}$) de seis variedades de *C. purpureus* cosechado a 90 días edad.

Cultivar	Lluvias	Nortes	Seca
	9/oct/2014	7/ene/2015	7/abr/2015
Taiwán	22.4 ^{ab1}	5.4 ^a	2.8 ^{ab}
King grass	30.0 ^{ab}	7.2 ^a	4.8 ^a
CT-115	18.3 ^b	3.0 ^a	1.8 ^{ab}
Maralfalfa	26.9 ^{ab}	4.9 ^a	3.0 ^{ab}
Mott	46.8 ^a	3.3 ^a	1.3 ^b
Vruckwona	30.8 ^{ab}	5.7 ^a	3.0 ^{ab}
Promedio ²	29,191 ^A	4,920 ^B	2,781 ^B

¹Medias con literales minúsculas iguales en columnas, no presentan diferencias significativas. ²Medias con literales mayúsculas iguales en las filas, no presentan diferencias estadísticas.

Isla, Veracruz, con el pasto *Brachiaria humidicola*, Cruz *et al.* (2011), determinaron proporciones de 83, 9 y 8% para las épocas de lluvias, nortes y secas respectivamente. Sin embargo, en Tabasco, con el cultivar Mulato (*Brachiaria* Híbrido), los mismos autores obtuvieron una distribución del rendimiento de materia seca del 55, 28 y 17% en las épocas de lluvias, nor-

tes y secas respectivamente. A su vez, con el cultivar Mulato, Cab (2007), encontró una distribución de 65, 21 y 14% para las épocas de lluvias, nortes y secas respectivamente. Al evaluar diferentes especies de gramíneas en Quintana Roo, Sosa *et al.* (2008), también reportaron un mayor rendimiento en la época de lluvias. Los resultados muestran que los mayores rendimientos de biomasa se obtienen en los meses de junio a octubre (época de lluvias), ya que según Velasco *et al.* (2006), con el inicio de las lluvias y el incremento de las temperaturas se alcanzan los picos máximos en las tasas de crecimiento de los forrajes tropicales, dando como resultado una alta producción de materia seca. A pesar de que la época seca recibió mayor cantidad de precipitación en comparación con la época de nortes, no se observaron diferencias en el rendimiento entre las dos épocas, lo cual puede deberse a que aunque en la época de nortes la temperatura fue menor y se presenta una alta nubosidad, las altas temperaturas en la época seca provocan mayor demanda de agua por parte de la planta para regulación de temperatura, así mismo la cantidad de agua que se evapora no permite a la planta tener disponible la cantidad suficiente para su crecimiento.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos, el cultivar Mott produciría la mayor cantidad de etanol, seguido de King grass y Vruckwona, cuyas producciones fueron menores en 18.4 y 23.1%, respectivamente. Debido a que la producción de etanol está en función de la producción de biomasa de estas poáceas, las que producen más biomasa, tendrán una mayor producción de etanol. Ventura (2016) encontró un rendimiento teórico de etanol de 3,373 L ha⁻¹ año⁻¹ con el cultivar Taiwán, al obtener 18 t de biomasa con 36.0% de celulosa y 28.0% de hemicelulosa; este rendimiento fue 29.3% menor a lo encontrado en este trabajo. Utilizando la fórmula de Badger (2002), en pasto Toledo (*B. brizantha*) cosechando cada 90 días, Santiago-Ortega *et al.* (2016) reportaron un rendimiento de etanol de 4,858.3 L ha⁻¹ año⁻¹, lo cual es similar a lo que se obtendría con el cultivar Taiwán. Al utilizar modelos de simulación para los procesos de pretratamiento, hidrólisis y producción de etanol, Forero *et al.* (2015) reportaron rendimientos de 126.41 L de etanol t⁻¹ con bagazo de caña, cuyo contenido de celulosa fue de 46.7% y de hemicelulosa de 23.6%. Estas diferencias ponen de manifiesto la necesidad de seguir trabajando en mejorar

Cuadro 4. Rendimiento teórico de etanol de seis cultivares de *Cenchrus purpureus* cosechados cada 90 días.

Cultivar	Rendimiento t MS ha ⁻¹	Celulosa total (t)	Hemicelulosa total (t)	Etanol (L ha ⁻¹ año ⁻¹)
Taiwan	30.6	9.5	7.8	4,771
King grass	41.9	13.0	10.7	6,547
CT-115	23.1	7.2	5.9	3,611
Maralfalfa	34.8	10.8	8.9	5,438
Mott	51.4	15.9	13.1	8,018
Vruckwona	39.5	12.3	10.1	6,167

las actuales técnicas para producir etanol de manera que se pueda aprovechar el potencial que los materiales lignocelulósicos ofrecen para este fin.

CONCLUSIONES

El cultivar Mott produjo el mayor rendimiento de biomasa en conjunto, por lo que de los diferentes cultivares de *C. purpureus* podría ser la mejor opción para la producción de etanol en las áreas tropicales del centro del estado de Veracruz, México.

LITERATURA CITADA

- Badger P.C. 2002. Ethanol from cellulose: A general review. In: Janick J., Whipkey A. (eds.). Trends in New Crops and New Uses. pp: 17-21.
- Cab J.F.E. 2007. Potencial Productivo de Gramíneas del Género *Brachiaria* en Monocultivo y Asociadas con *Arachis pintoi*. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
- Calzada M.J.M., Enríquez Q.J.F., Hernández G.A., Ortega J.E., y Mendoza P.S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 5 (2): 247-260.
- Cardona E., Rios, J., Pena, J., Rios L. 2013. Pre tratamiento alcalino de pasto elefante (*Pennisetum* sp.) y King grass (*Pennisetum hybridum*) cultivados en Colombia para la producción de Bioetanol. Información Tecnológica 24(5):69-80.
- Castaño P.H.I. 2008. La yuca como alternativa para la producción de alcohol carburante. Revista Politécnica 6:25-38.
- Cruz H.A., Hernández G.A., Enríquez Q.J.F., Gómez V.A., Ortega J.E., Maldonado G.N.M. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 2(4):429-443.
- De Dios G.E. 2012. Producción de Biomasa y Valor Nutritivo del Pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) en un Suelo Cambisol. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
- Escobar C. L. y Villamil E. L. 2008. Gestión sobre los recursos bioenergéticos (biomasa vegetal) y la importancia de regulación de las áreas de producción. Monografía. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales.
- Forero H., García C., Cardona C. 2015. Aplicación de la termodinámica en la síntesis óptima de procesos químicos y biotecnológicos. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas. Octubre-diciembre. Núm. 13.

- García E. 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 4a ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 130 p.
- Gómez-Gurrola A., Loya O.J.L., Sanginés G.L. 2015. Composición química y producción del pasto *Pennisetum purpureum* en la época de lluvias y diferentes estados de madurez. Revista Educateconciencia 6(7):68-74.
- González M.A., Castañeda Z.Y. 2008. Biocombustibles, biotecnología y alimentos. Impactos sociales para México. Argumentos (Mex) 21(57):55-83.
- López G.I., Enríquez Q.J.F. 2011. Paquete Tecnológico Zacate *Pennisetum purpureum*. INIFAP. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México; Trópico Húmedo. Folleto técnico. Campo experimental La Posta. Veracruz, México. 7 p.
- Mármol F. J., González B., Chirinos Z. 2007. Producción forrajera de cuatro germoplasmas de *Pennisetum purpureum* en sistemas intensivos bajo corte. ITEA 28(I):360-362.
- Martínez M.D., Hernández G.A., Enríquez Q.J.F., Pérez P.J., González M.S.S., Herrera H.J.G. 2008. Producción de forraje y componentes del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. Técnica Pecuaria México 46(4):427-438.
- Martínez R.O., Herrera R.S., Tuero R., Padilla C.R. 2009. Hierba Elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp.). Revista ACPA 2(44).
- Mateus L., Hernandez O., Velásquez M., Díaz J.J. 2012. Evaluación del pretratamiento con ácido diluido del pasto Maralfalfa (*Pennisetum glaucum* x *Pennisetum purpureum*) para la producción de etanol. Revista Colombiana de Biotecnología XIV(1):146-156.
- Ortiz R.B., Sosa R.E., Zavaleta C. 2010. Manual del Pasto Morado. Folleto Técnico No. 1. Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C. INIFAP. Campo Experimental Chetumal. Chetumal, Q.R., México. 12 p.
- Rueda B.J.A. 2015. Evaluación agronómica de ocho variedades de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone con potencial para producción de bioetanol o forraje. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
- Santiago-Ortega M.A., Honorato-Salazar J.A., Quero-Carrillo A.R., Hernández-Garay A., López-Castañeda C., López-Guerrero I. 2016. Biomasa de *Urochloa brizantha* cv. Toledo como materia prima para producción de bioetanol. Agrociencia 50:711-726.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. The SAS System Release 9.0. for Windows, SAS Institute.
- Sosa R.E.E., Cabrera T.E., Pérez R.D., Ortega R.L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. Técnica Pecuaria México 46(4):413-426.
- Valenciaga D., Chongo B., Herrera R.S., Verena T., Oramas A., Cairo J.G., Herrera M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43(1):73-79.
- Velasco Z.M.E., Hernández A.G., Perezgrovas G.R., A., Sánchez M.B. 2006. Producción y Manejo de los Recursos Forrajeros Tropicales. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez Chis., México. pp: 75-97.
- Ventura R.J. 2016. Producción de bioetanol de segunda generación con biomasa de dos cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO ESTACIONAL DE TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

ANALYSIS OF SEASONAL GROWTH OF WHITE CLOVER (*Trifolium repens* L.)

Gutiérrez-Arenas, A.F.¹, Hernández-Garay, A.^{1†}, Vaquera-Huerta, H.^{2*}, Zaragoza-Ramírez, J.L.³, Luna-Guerrero, M.J.¹, Reyes-Castro, S.⁴, Gutiérrez-Arenas, D.A.⁴

¹Posgrado de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, estado de México. CP 56230. ²Posgrado de Socioeconomía, Estadística e Informática. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. ³Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Km 38.5, Carretera México, Texcoco, CP 56227. ⁴Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Ex Hacienda El Copal km 9 Carretera Irapuato-Silao. CP 36824.

*Autor de correspondencia: hvaquera@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el crecimiento estacional del trébol blanco (*Trifolium repens* L.) para determinar el momento óptimo de cosecha. Se realizó un análisis de crecimiento por estación en una pradera de cuatro años de establecida en Montecillo, Estado de México. La parcela experimental de 9 m², con ocho tratamientos y tres repeticiones, bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos consistieron en cortes semanales de manera sucesiva. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, composición botánica y morfológica, índice de área foliar, tasa de crecimiento y radiación interceptada. El mayor rendimiento de forraje se obtuvo en la octava semana para primavera, otoño e invierno (2953, 1592 y 1790 kg MS ha⁻¹) y en verano en la séptima con 1970 kg MS ha⁻¹. La tasa de crecimiento varió entre estaciones ($p < 0.05$). El mayor índice de área foliar se presentó a la semana cinco en verano ($P < 0.05$). La hoja fue el mayor componente, a excepción del verano. Los resultados indican que el trébol blanco se debe cosechar en la octava semana en primavera, otoño e invierno y en la séptima en verano.

Palabras clave: Producción de forraje, tasa de crecimiento, área foliar, trébol blanco.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the seasonal growth of the white clover (*Trifolium repens* L.) to determine the optimal moment for harvesting. A growth analysis per season was carried out in a four-year pasture established in Montecillo, Estado de México. The experimental plot was 9 m², with eight treatments and three repetitions, under a completely random design. The treatments consisted in weekly cuts in a successive manner. The variables evaluated were: dry matter yield, botanical and morphological composition, leaf area index, growth rate, and intercepted radiation. The highest fodder yield was obtained in the eighth week for spring, fall and winter (2953, 1592 and 1790 kg DM ha⁻¹) and in summer in the seventh with 1970 kg DM ha⁻¹. The growth rate varied between seasons ($p < 0.05$). The highest leaf area index was found on week five in summer ($P < 0.05$). The leaf was the greatest component, except in the summer. The results indicate that the white clover should be harvested in the eighth week in spring, fall and winter, and in the seventh in summer.

Keywords: Fodder production, growth rate, leaf area, white clover.

INTRODUCCIÓN

El trébol blanco (*Trifolium repens* L.), es una leguminosa de interés forrajero de suma importancia en los sistemas de producción animal bajo condiciones de pastoreo, y su manejo requiere conocer su distribución estacional a lo largo del año. Hernández-Garay (1996) señala que el conocimiento de la dinámica de crecimiento de las especies forrajeras Poáceas o Fabáceas, solas o asociadas, es primordial para la obtención de un sistema planta-animal eficiente y de calidad. Esta información, aunada a los requerimientos nutricionales de los animales, permitirá programar un eficiente plan de manejo y, por lo tanto, obtener las mayores ganancias económicas por animal y por unidad de superficie en los sistemas de producción pecuarios (Zaragoza *et al.*, 2009). El establecimiento de praderas de especies forrajeras puras o asociadas de mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, reduce los costos de producción en comparación con el uso de dietas

balanceadas y asegura alta producción animal (Camacho y García, 2002; González *et al.*, 2004).

De las especies sembradas para uso forrajero, las Fabáceas ocupan un lugar muy importante, entre las cuales destacan la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y el trébol blanco. Autores como Castro *et al.* (2012) indican que, en la zona templada del país, el trébol blanco, ballico perenne y pasto oville, son especies que se emplean bajo condiciones de pastoreo debido a su fácil capacidad de establecimiento, cobertura de suelo, crecimiento rápido y elevada producción de tallos y estolones. Sin embargo, hay pocos estudios que relacionen la proporción ideal de cada especie, donde se permita obtener una mayor producción de forraje y mejor distribución estacional sin deteriorar la pradera. En el caso de las explotaciones pecuarias, el principal objetivo es mantener una alta y sostenida producción de forraje que sea de buena calidad en todo el año, esto se logra al evaluar el potencial de rebrote de la asociación Poácea-Fabácea que están presentes en la pradera y ver como se adaptan a las condiciones del ambiente (Moreno *et al.*, 2015).

La tasa de producción neta de forraje en una pradera sin defoliar representa el balance entre la tasa de crecimiento de tejido vegetal y la de pérdida de tejido por senescencia o descomposición, la cual cambia dependiendo de la estación del año (Hodgson, 1990). En investigaciones agropecuarias, el análisis de crecimiento de especies forrajeras utiliza variables que permiten inferencias sobre algunos aspectos fisiológicos del desarrollo de las plantas como la fotosíntesis, respiración y asignación de carbono (McGraw *et al.*, 1990). Por ello, es de gran importancia describir el comportamiento fisiológico, producción y composición nutricional de las especies forrajeras (Araya *et al.*, 2005); ya que permite conocer el efecto de los factores ambientales sobre la capacidad productiva de las plantas a lo largo de su ciclo biológico, como señalan Enríquez y Romero (1999). También, las curvas de distribución de forraje estacional se han utilizado en la evaluación de especies forrajeras (Mazzanti *et al.*, 1992). Por lo tanto, el conocimiento de los cambios estacionales en el crecimiento acumulado de las especies forrajeras, permite determinar la frecuencia con la que se debe defoliar la pradera para obtener la mayor producción de forraje de alta calidad, es por esto que se realizan análisis de crecimiento de la especie de interés, (Velasco *et al.*, 2001; Velasco *et al.*, 2002; Villegas *et al.*, 2004; Zaragoza *et al.*, 2009); sin embargo, en México la información

de trébol blanco es escasa. Por lo tanto, el objetivo fue determinar la curva de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), para definir su intervalo óptimo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) establecida en febrero de 2010, en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Estado de México (19° 27' N y 98° 54' O, a 2250 m de altitud). El suelo es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8) con 2.4% de materia orgánica y clasifica como *typic ustip-samments* (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 645 mm y la temperatura media anual es 15 °C; la menor temperatura promedio mensual (11.6 °C) ocurrió en

enero y la más alta en mayo con 18.4 °C (García, 2004). Los promedios mensuales de temperatura a la intemperie (máxima que fue de 28.1 °C, la media de 17 °C y la mínima de 8 °C y la precipitación mensual de 60 mm durante el periodo de estudio, se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, situada a 100 m del sitio experimental (Figura 1).

Tratamientos y manejo de la pradera

Se realizaron cuatro análisis de crecimiento, uno por estación, con una duración de ocho semanas. Para lo cual, en cada estación del año, se

trazaron 24 parcelas donde las fechas de muestreo se distribuyeron aleatoriamente y con tres repeticiones para cada fecha. Los tratamientos consistieron en cortes semanales. Antes de iniciar el análisis de crecimiento estacional, se realizó un pastoreo de uniformización utilizando ovinos como defoliadores, dejando forraje residual a una altura de 5 cm, después se cortaron a ras de suelo tres cuadros de 0.25 m² seleccionados al azar para determinar el forraje residual; posteriormente se realizaron cosechas semanales de tres parcelas diferentes. En el periodo de sequía las praderas fueron

mización a la biomasa cosechada semanalmente.

Composición botánica y morfológica

Del forraje cosechado se tomó una submuestra de aproximadamente 10% y se separó por su composición botánica en trébol blanco, otros pastos, malezas y material muerto. También, el trébol blanco se separó por su componente morfológico en estolón, hoja, peciolo e inflorescencia. Cada componente fue colocado en sobres de papel previamente identificados y se secaron en una estufa de aire forzado (55 °C durante

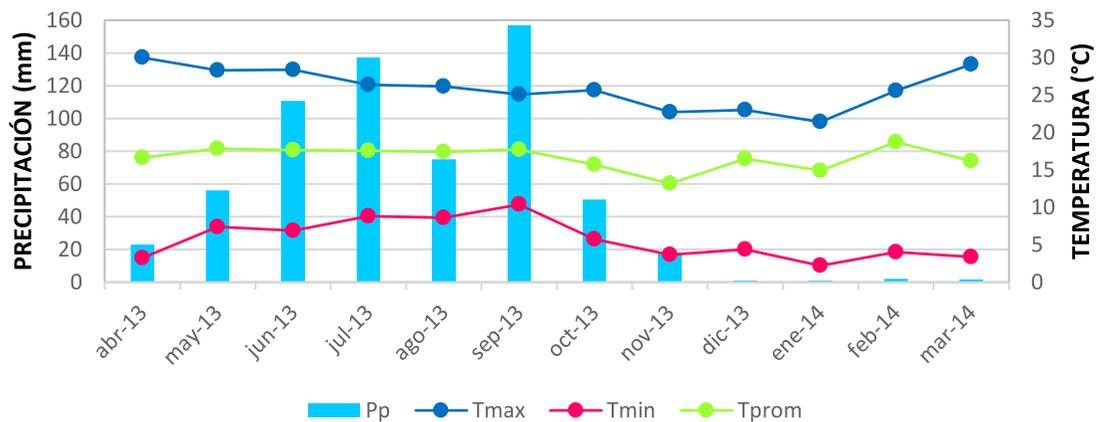


Figura 1. Temperatura media mensual máxima, mínima, promedio y precipitación pluvial mensual acumulada durante el periodo de estudio (abril 2013 a marzo 2014).

regadas por gravedad hasta llevar a capacidad de campo cada dos semanas. Las praderas no fueron fertilizadas.

Variables de estudio

Acumulación de materia seca

Semanalmente se cortaron aleatoriamente tres cuadros de 0.25 m² por repetición; el forraje cosechado se lavó y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas para estimar la cantidad de materia seca por hectárea a las diferentes edades de rebrote. Los incrementos estacionales en biomasa se obtuvieron restando la biomasa residual del corte de unifor-

72 h) hasta alcanzar peso constante, después se pesó cada componente botánico y morfológico en una balanza de precisión modelo.

Índice de área foliar

A la muestra de hojas obtenida en la composición morfológica de trébol blanco se le determinó el área foliar con un integrador de área foliar modelo LI-3100 (LI-COR, Inc.), con estos datos y la superficie de muestreo, se estimó el Índice de Área Foliar (IAF).

Tasa de crecimiento promedio

La tasa de crecimiento promedio se calculó al dividir la cantidad de

forraje cosechado semanalmente entre el tiempo transcurrido. La fórmula utilizada fue:

$$TAC = FC / \text{días transcurridos entre cortes sucesivos}$$

Intercepción de luz

La radiación interceptada se midió antes de cada corte con el método de la regla de madera (Adams y Arkin, 1977). Se procedió a tomar tres lecturas en cada unidad experimental, deslizando la regla de madera de 1 m de longitud por debajo del dosel de la planta con una orientación sur-norte; posteriormente se contabilizaron los cm sombreados, que representan el porcentaje de radiación interceptada por el dosel vegetal. Esta lectura se realizó entre las 12:00 y 13:00 h, debido a que es el momento óptimo, ya que el ángulo solar es alto y la intercepción de luz tiene cambios mínimos.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS (SAS, 2002), para un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos con y tres repeticiones y análisis de regresión para cada variable, esto con la finalidad de describir la tendencia, una vez seleccionado el mejor modelo de

acuerdo al mejor coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de forraje aumentó conforme se incrementó la edad de la planta en todas las estaciones (Figura 2), alcanzando el máximo rendimiento para las estaciones de primavera, otoño e invierno en la octava semana (2953, 1592, 1791 kg MS ha⁻¹, respectivamente)

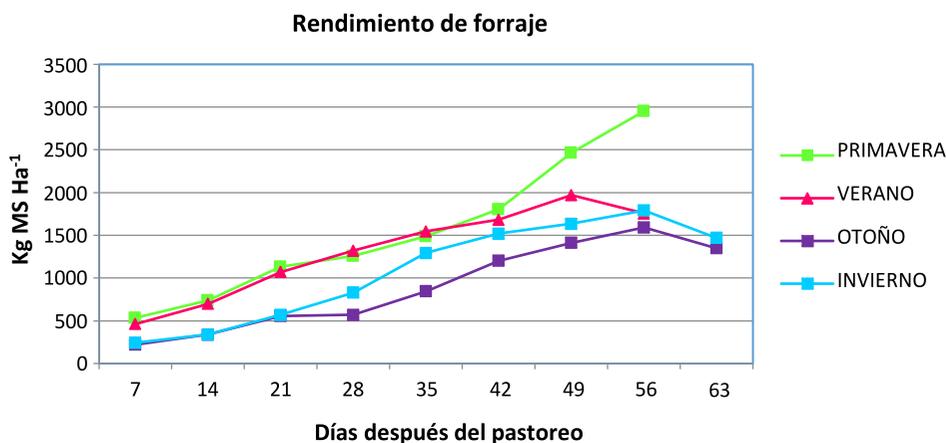


Figura 2. Curvas de crecimiento estacional del trébol blanco durante un ciclo de crecimiento de 8 y 9 semanas.

y en la séptima semana para la estación de verano (1971 kg MS ha⁻¹). Durante primavera se presentó la máxima acumulación de forraje, siendo superior en 46, 39 y 33% a otoño, invierno y verano, respectivamente. Otoño fue la estación que presentó la menor acumulación,

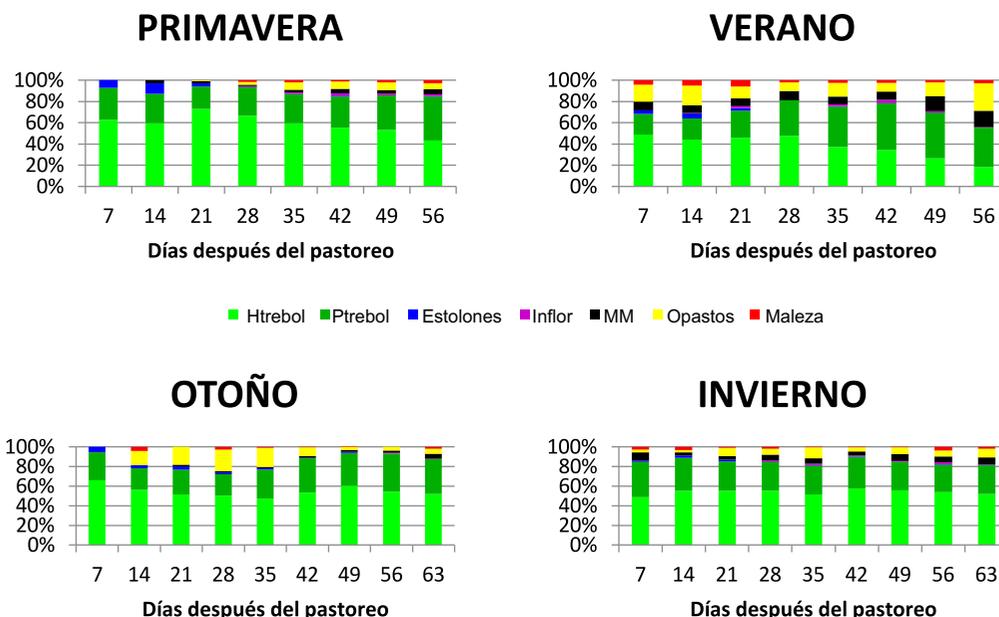


Figura 3. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*), en ciclo de crecimiento de ocho y nueve semanas.

coincidiendo con lo reportado por Castro et al. (2012), quienes encontraron el menor rendimiento de forraje con un 12% del rendimiento anual.

En cuanto a la acumulación máxima de hojas para primavera fue en la séptima semana, una semana antes de la máxima acumulación de forraje, con $1007 \text{ kg MS ha}^{-1}$; en verano se presentó en la sexta semana con $479 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y para otoño e invierno con 809 y $919 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente, coincidiendo ésta dos últimas estaciones con la máxima acumulación de MS.

Composición botánica y morfológica

En primavera se observó el crecimiento del trébol favorecido por las condiciones climáticas, que estimularon el buen crecimiento del trébol blanco; sin embargo, el rendimiento de MS para verano no se favoreció y esto pudo deberse a que estas condiciones climáticas tales como la alta temperatura, humedad, entre otras; también favorecieron el crecimiento de otros pastos y maleza, los cuales generaron competencia con la especie deseable (Figura 3). Se ha señalado al respecto que la temperatura ejerce influencia de manera directa en la tasa de aparición y expansión foliar junto con niveles adecuados de nutrientes y humedad (McKenzie et al., 1999). En primavera, otoño e invierno, el trébol blanco fue la especie que tuvo una proporción mayor a 80%, y en verano se incrementó la proporción de otros pastos y malezas cercano a 40%. Lo anterior explica el bajo rendimiento de trébol en esta estación, ya que la competencia por agua y nutrientes, se ve reflejada directamente en el rendimiento de la especie deseable. De igual forma, la intensidad de pastoreo pudo haber sido un factor determinante en la alta incidencia de otros pastos y malezas.

Coleman y Sollenberger (2007) reportaron en un estudio que la intensidad de pastoreo reduce la productividad de pasto ovillo y aumenta la invasión de malezas. El componente morfológico de trébol blanco que más contribuyó al rendimiento fue la hoja, la cual tiene una proporción de hoja/tallo de 50%, con excepción de la estación de verano, en la cual predominó el tallo sobre la hoja. De manera adicional, si se considera el arreglo horizontal de sus hojas, le permite al trébol blanco poder

reestablecer su área foliar después del pastoreo, esto les permite utilizar la luz solar de manera más eficiente que el ballico perenne y el ovillo (Brock et al., 1989).

Índice de área foliar

El mayor índice de área foliar se obtuvo para la estación de primavera (3.0) en la semana ocho, posteriormente para verano fue en la semana cinco con un índice de 1.7, y para las estaciones de otoño e invierno fue en la semana ocho, con un valor de 1.4 y 1.6, respectivamente (Figura 4). Con respecto a los valores de IAF, se ha indicado en otros trabajos que el índice óptimo presenta valores más altos en primavera y verano, cuando la intensidad de la luz es mayor y la tasa de acumulación de biomasa es máxima (Black, 2009). También se observó que la única estación que obtuvo un punto de inflexión fue el verano, en la semana cinco.

Como señala Hodgson (1990), hay una relación estrecha entre el IAF y la producción de forraje, esta ha sido estudiada en praderas de clima templado, donde además se ha indicado que con un IAF de 3.0 se logra una cubierta cerrada de la pradera, y esto asegura una interceptación completa de la luz que incide. Por lo anterior, entre más aumente el índice de área foliar de una pradera, mayor será la proporción de radiación incidente que será interceptada por la masa foliar, así durante el rebrote después de un corte o defoliación la tasa de crecimiento del forraje aumenta hasta que el 95% de la luz incidente es interceptada (Moreno, 2015).

Tasa de crecimiento

La mayor tasa de crecimiento se presentó en primavera con $48 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en la semana ocho, seguida de verano, invierno y otoño con 33 , 29 y $28 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, para las semanas 5, 8 y 5; respectivamente (Figura 5). La baja tasa de crecimiento que se presentó en

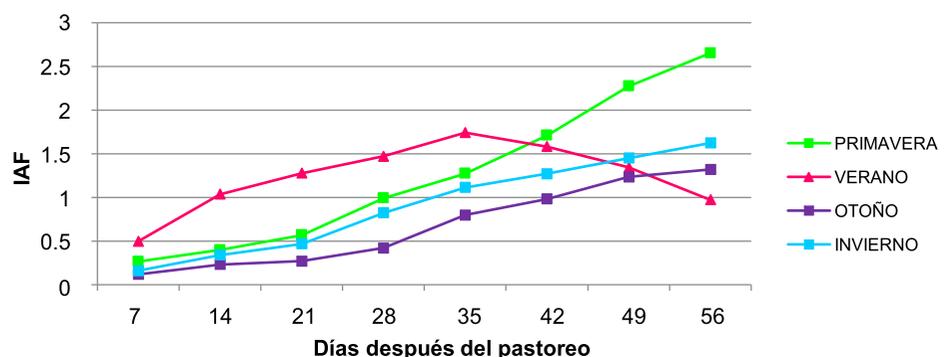


Figura 4. Cambios semanales en el índice de área foliar (IAF) durante el análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens*).

otoño, se atribuyó a bajos valores de fotoperiodo y radiación fotosintéticamente activa en comparación con las otras estaciones (Hodgson, 1990).

Durante el verano la tasa de crecimiento fue menor a lo reportado en otras investigaciones realizadas, esto se debió a la competencia interespecífica entre trébol blanco con otros pastos y maleza, donde no permitieron que la tasa de crecimiento y supervivencia fuera más rápida para reestablecer el equilibrio de la especie deseable como lo mencionan Brock *et al.* (2000). De igual forma Hodgson *et al.* (1981), mencionan que la tasa de crecimiento del forraje en un punto determinado se puede ver limitada o afectada por el suministro de fotoasimilados y por las reservas de carbohidratos de la planta, así como por el número, tamaño y actividad de los meristemos de crecimiento.

Radiación interceptada

En primavera se presentaron los menores valores de radiación interceptada y nunca alcanzó la interceptación del 100. En verano se registraron los valores de interceptación más altos, siendo en la semana cinco donde se registró 100% de interceptación, mientras que, en otoño e invierno, se alcanzaron a partir de la semana siete (Figura 6). Esto indica que el trébol blanco tiene una capacidad muy alta para interceptar radiación solar, por la disposición de horizontal de sus hojas, lo cual les permite reestablecer su área foliar después del pastoreo de forma más rápida y eficiente que el ballico perenne y pasto ovillo (Brock *et al.*, 1989).

Pérez *et al.* (2002) señalan que, para maximizar la acumulación de forra-

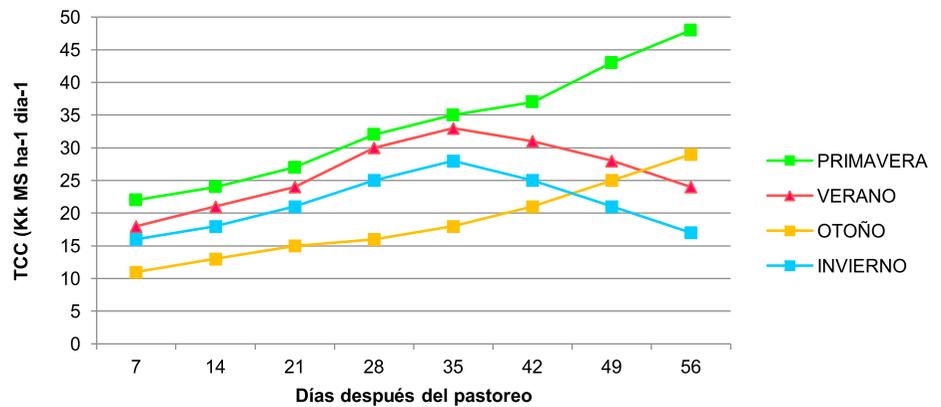


Figura 5. Cambios por semana en la tasa de crecimiento del trébol blanco (*Trifolium repens*) durante un ciclo de rebrote de ocho semanas, en las diferentes estaciones del año.

je en el tiempo, la energía solar debe de ser interceptada por las hojas que se encuentran fotosintéticamente activas, a través de los periodos de crecimiento activo.

CONCLUSIONES

El incremento de materia seca fue proporcional a la edad de rebrote, alcanzando el máximo rendimiento para primavera, otoño e invierno en la semana ocho y para verano en la semana siete. La mayor cantidad de hojas se presentó en primavera a la séptima semana, en verano en la sexta, y otoño e invierno en la octava. La presencia de hojas se debió principalmente a la temperatura de la estación, la cual tiene muchos efectos importantes en el crecimiento y aparición de hojas. La mayor tasa de crecimiento se presentó de igual forma en la primavera en la octava semana, seguida de verano que la obtuvo para la quinta, y posteriormente otoño e invierno, con la quinta y octava semana, respectivamente. En cuanto a la radiación interceptada, se registró el 100% en verano en la quinta semana, y para otoño e invierno en la séptima semana.

LITERATURA CITADA

Adams J.E., Arkin G.F. 1977. A light interception method for measuring row crop ground cover. Soil Society of America Journal. 41(4):789-792.

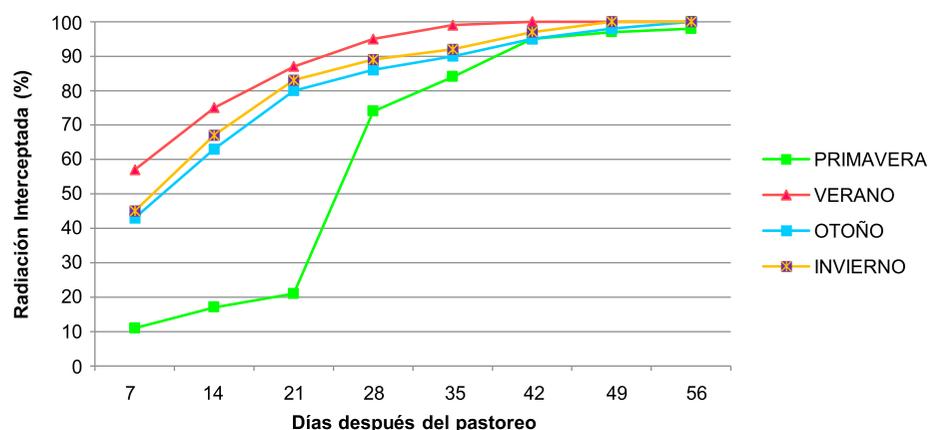


Figura 6. Cambios semanales por estación en la radiación interceptada en trébol blanco durante el crecimiento de 8 semanas.

- Araya M.M., Boschini F.C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1):37-43.
- Black A.D., Laidlaw A.S., Moot D.J., O'Kiely P. 2009. Comparative growth and management of white and red clovers. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 149-166.
- Brock J.L., Caradus J.R., Hay J.M. 1989. Fifty years of white clover research in New Zealand. *Proceedings New Zealand Grassland Association*. 50:25-39.
- Brock J.L., y Tilbrook J.C. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 43: 335-343.
- Camacho G.J.L. y García M.G. 2002. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con Trébol Blanco, *Ballico perenne*, festuca alta y pasto Ovillo. *Veterinaria México*. 34(2):149-177.
- Castro R.R., Hernández G.A., Pérez P.J., Hernández G.J., Quero C.A., Enríquez Q.J., Martínez H.P. 2012. Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1):87-95.
- Coleman S.W., Sollenberger L.E. 2007. Plant-herbivore interactions. *In: R.F. Barnes et al. (ed) Forages: The Science of Grassland Agriculture*. Vol. 2. 6th Ed. Blackwell Publ., Ames, IA. pp:123-136.
- Enríquez Q.J.F., Romero M.J. (1999) .Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. *Isla, Veracruz. Agrociencia*. 33(2):141-148.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González A.S.X., Días S.H., López T.R., Aizpuru G.E., Garza C.H.M. y Sánchez R.F. 2004. Consumo, calidad nutritiva y composición botánica de una pradera de alfalfa y gramíneas perennes con diferentes niveles de asignación de forraje. *Técnica Pecuaria en México*. 42(1):29-37.
- Hernández G.A. 1996. La importancia del manejo del pastoreo en la producción de forraje y leche en clima templado de Nueva Zelanda. Segundo Reencuentro de Zootecnistas. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. pp. 71-90.
- Hodgson J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.
- Hodgson J, Birchman J.S., Grant S.A., King J. 1981. The Influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. *Plant physiology and herbage production*. Nottingham: British Grassland Society. 51-62.
- McKenzie B.A., Kemp P.D., Moot D.J., Matthew C., Lucas R.J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. *In: White J, Hodgson J (eds.) New Zealand Pasture Crop Sci.* Auckland, N.Z: Oxford University Press. pp: 29-44.
- Mazzanti A., Castaño J., Sevilla G., Orbea J. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la provincia de Buenos Aires. CERBAS INTA. Argentina. 73 p.
- McGraw J.B., Garbutt K. 1990. The analysis of plant growth in ecological and evolutionary studies. *Trends Ecol Evol*. 5(8):251-254.
- Moreno C.M.A., Hernández G.A., Vaquera H.H., Trejo L.C., Escalante E.J.A., Zaragoza R.J.L. y Joaquín T.B.M. 2015. Productividad a siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Técnica Pecuaria en México*. 38(1):101-108.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de monolitos. Génesis de suelos Montecillo, Texcoco, Estado de México, México: Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados.
- Pérez B.M., Hernández G.A., Pérez P.J., Herrera H.J., Bárcena G.R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 40:251-263.
- SAS., 2002. *SAS User's Guide: Statistics (versión 9.0 ed.)*. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Velasco, Z.M.E., Hernández G.A., González H.V.A., Pérez P.J., Vaquera H.H. y Galvis S.A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*. 39(1):1-14.
- Velasco, Z.M.E., Hernández G.A., González H.V.A., Pérez, P.J., Vaquera H.H. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25(1): 97-106.
- Villegas A.Y., Hernández G.A., Pérez P.J., López C.C., Herrera H.J., Enríquez Q.J., Gómez V.A.(2004). Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Técnica Pecuaria en México*. 42(2):145-158.
- Zaragoza E.J., Hernández G.A., Pérez P.J., Herrera H.J.G., Osnaya G.F., Martínez H.P.A., González M.S. y Quero C.A.R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto Ovillo. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2):173-188.



ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL PASTO TAIWAN (*Pennisetum purpureum* Schum) EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

GROWTH ANALYSIS OF TAIWAN GRASS (*Pennisetum purpureum* Schum) IN SUB-HUMID WARM CLIMATE

Calzada-Marín, J.M.¹, Ortega-Jiménez, E.^{2*}, Enríquez-Quiroz, J.F.³, Hernández-Garay, A.^{1†},
Vaquera-Huerta, H.¹, Escalante-Estrada, J.A.¹

¹Colegio de Postgraduados. Km. 36.5, Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. CP 56230. México. ²Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Carretera Federal Xalapa-Veracruz Km 88.5, CP: 91700, Veracruz, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental la Posta. Paso del Toro, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: eortegaj@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo de este experimento fue realizar un análisis de crecimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) desde la siembra hasta el momento óptimo para su cosecha. La composición morfológica de la planta (CMP), tasa de crecimiento (TC), altura, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea, se evaluaron a intervalos de 15 d, en un periodo de 180 d, a excepción de los dos primeros muestreos que fue a los 30 d. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones. La CMP vario de manera significativa ($P < 0.01$) entre las diferentes edades de la planta. La máxima producción de biomasa aérea y TC se alcanzó en 135 d después de la siembra, con $37,529 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y $247 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente. En este momento se registró el 92% de RI y altura de 2.49 m. La relación H:T y H:NH disminuyó con el incremento de la edad de las plantas. La biomasa de hojas y tallos aumentó con la edad de las plantas. La máxima TC coincidió con la mayor biomasa acumulada de tallos y hojas siendo este el momento en el que se sugiere realizar el primer corte.

Palabras clave: Forrajes, materia seca, momento óptimo de cosecha.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to perform a growth analysis of Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) from sowing until the optimal moment for its harvest. The morphological composition of the plant (MCP), growth rate (GR), height, intercepted radiation (IR), leaf/stem rate (L:S), leaf/no leaf (L:NL), and aerial biomass accumulation, were evaluated at intervals of 15 d, in a period of 180 d, except for the first two samples which were evaluated at 30 d. The data were analyzed through the GLM procedure of the SAS software, under a random block experimental design, with measurements repeated in time, with three repetitions. The PMC varied significantly ($P < 0.01$) between the different ages of the plant. The maximum production of aerial biomass and GR were reached 135 d after sowing, with 37,529 kg DM ha⁻¹ and 247 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, respectively. At this moment, 92 % of IR was found and height of 2.49 m. The L:S and L:NL decreased with the increase of the plants' age. The leaf and stem biomass increased with the age of the plants. The maximum GR coincides with the highest biomass accumulated of leaves and stems, with this being the moment when it is suggested that the first cut be performed.

Keywords: Fodder, dry matter, optimal moment for harvest.

a un amplio rango de precipitaciones que van de 750 a 2500 mm (Skerman y Riveros, 1990). El pasto Taiwan, al igual que todos los forrajes tropicales se caracteriza por ser de crecimiento y maduración rápida. Al presentar esta característica, su calidad también cambia mostrando algunas limitaciones desde el punto de vista nutritivo como la reducción en el contenido de proteína y el aumento de los componentes estructurales (Capanema *et al.*, 2005). Debido a lo anterior cuando se busca que un pasto exprese su máximo potencial productivo, se tiene que considerar el manejo dentro del cual destaca la edad de aprovechamiento o corte, ya que constituye una herramienta para determinar los óptimos en rendimiento y calidad del forraje (Ramírez *et al.*, 2010). Tessema *et al.* (2010) en Etiopia reportaron una producción y calidad aceptable en *P. purpureum* cuando el corte se realizó a los 90 días después del establecimiento; y cuando el corte fue a intervalos menores a 40 días se redujo seriamente la producción de materia seca; por lo que no se obtuvo un óptimo en producción, aunque si en calidad. Manyawu *et al.* (2003) indicaron que intervalos de corte de entre seis y siete semanas en *Pennisetum* sp. cultivado en Zimbabwe fueron los óptimos para asegurar producción adecuada sin mermas en calidad. Sin embargo, cada cultivar se comporta de manera diferente con base en las condiciones en que se desarrolla, por lo que el objetivo de la investigación fue realizar un análisis de crecimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) desde la siembra hasta el momento óptimo de cosecha bajo condiciones de clima cálido subhúmedo en México.

INTRODUCCIÓN

Pennisetum purpureum (Schum) (Poaceae) es originario del trópico húmedo de África (Singh *et al.*, 2013). Se ha cultivado ampliamente en todas las regiones tropicales y subtropicales, incluyendo las de México, donde representan hasta el 28% del territorio nacional, con 55.7 millones de hectáreas (Cantú, 2011). La región tropical posee un alto potencial para la producción animal ya que en ella se localiza el 63% del hato bovino nacional y su producción se asocia con los forrajes producidos (Enríquez *et al.*, 1999). Entre las variedades de *P. purpureum* de mayor importancia se encuentra el pasto Taiwan, el cual ha sido introducido en la mayoría de regiones tropicales y subtropicales en México, ya que se ha considerado como un pasto de gran valor por su alta productividad, vigor competitivo, palatabilidad, persistencia y alta calidad (Singh *et al.*, 2013; Bogdan, 1997). Sin embargo, no hay reportes de una caracterización productiva que defina la producción promedio de variedades específicas, como es el caso del pasto Taiwan (Araya y Boschini, 2005), por lo que es necesario realizar evaluaciones agronómicas que incluyan análisis de crecimiento y con ello conocer cómo se da formación y acumulación de biomasa, así la influencia de los factores internos de la propia planta y de los factores externos del ambiente (Rodríguez y Larqué-Saavedra, 1988). El crecimiento de un pasto incluye una serie de procesos entre los que se encuentran la aparición de hojas y tallos, la formación de tallos verdaderos y de raíces (Matthew *et al.*, 2001); mientras que los factores que pueden influir en estos procesos son la temperatura, precipitación e intensidad de luz. En *P. purpureum* por ejemplo, el máximo crecimiento se presenta con temperaturas que van de 30 a 35 °C y se inhibe con temperaturas menores a 10 °C (Bogdan, 1997); también está adaptado

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se efectuó en el Sitio Experimental "Palapa" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Isla, Veracruz, México (18° 06' N, 95° 31' O, y 65 m de altitud). El clima, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), es Awo, el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y una precipitación promedio de 1,000 mm, de la cual el 85% ocurre de junio a noviembre, la temperatura media anual es de 25.7 °C. El suelo es acrisol órtico, con textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio y contenidos medios altos de fósforo y magnesio (Enríquez-Quiroz y Romero-Mora, 1999). El experimento se sembró el 22 de julio del 2011 y las evaluaciones se realizaron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero del 2012. Se estableció en parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo (tallos) el cual se sembró en líneas a cordón corrido con 3.7 puntos de germinación (plantas) por metro lineal con separación entre surcos de 0.50 m; lo que dio una densidad de 74,000 plantas ha⁻¹. Se aplicó una dosis de fertilizante de 120N-80P-00K kg ha⁻¹, respectivamente; la cual se dividió en dos aplicaciones, a los 43 y 112 días después de la siembra. Se evaluaron diferentes etapas de crecimiento (30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días, después de la siembra [dds]), mediante muestreos destructivos; se cosechó a ras de suelo, y al azar dos transectos de 1 m lineal cada uno, por parcela por etapa de crecimiento. El material cosechado se pesó para obtener el peso fresco total del transecto y se tomó una sub muestra del material cosechado, se pesó nuevamente en fresco, y secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para obtener la materia seca producida.

Del material cosechado se tomó otra sub muestra de dos plantas (tallos completos), las cuales se separaron en sus componentes hojas, tallos, inflorescencias y material muerto, se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y pesaron, para así obtener la proporción de cada componente. La relación hoja/tallo y hoja/no hoja, se estimó para cada edad de crecimiento, al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la materia seca total de hojas, se dividió entre la sumatoria de la materia seca total de tallos, inflorescencias y material muerto. El número de plantas y de tallos presentes por planta, se registró en

cada fecha de muestreo en transectos fijos de 1.0 m lineal por cada parcela, seleccionados al inicio del experimento; a los cuales se les mantuvo intactos durante los 180 días de evaluación con la finalidad de ir cuantificando el aumento en tallos y plantas para cada unidad de muestreo; dichos datos se extrapolaron a una unidad de superficie determinada (ha), en función del metro lineal y la distancia entre surcos. Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde: FC=Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y t=días transcurridos entre la fecha de siembra y de corte.

Se tomaron cinco lecturas al azar de la radiación interceptada para cada edad de desarrollo en cada parcela con una regla de 1 m de longitud (cm), colocándola a nivel del suelo y en posición perpendicular a los surcos. Las lecturas se realizan aproximadamente a las 12:00 h (con la finalidad de estimar o captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo). Para ello se asume que la luz incidente sobre la regla es la que escapa a la interceptación por el cultivo y la sombra proyectada sobre la regla corresponde a la radiación interceptada por el dosel vegetal.

Para estimar cobertura se utilizó un cuadro de 1 m², el cual representó el 100% de la superficie y el porcentaje de forraje contenido en él. Se realizaron cinco mediciones por parcela en cada etapa de crecimiento. Al igual para medir la altura de la pradera se efectuaron cinco mediciones aleatorias en cada unidad experimental colocando la regla en el suelo y se registró la altura cuando se tuvo el punto de contacto con la hoja bandera. Los datos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS (SAS, 2002), para un diseño experimental de bloques al azar con medidas repetidas, con 10 tratamientos (correspondientes a los estadios de crecimiento) con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable, con el objetivo de describir la tendencia, a partir de seleccionar el mejor modelo, de acuerdo con el coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación anual durante el periodo de evaluación fue de 1,434 mm (Figura 1) superior al requerido

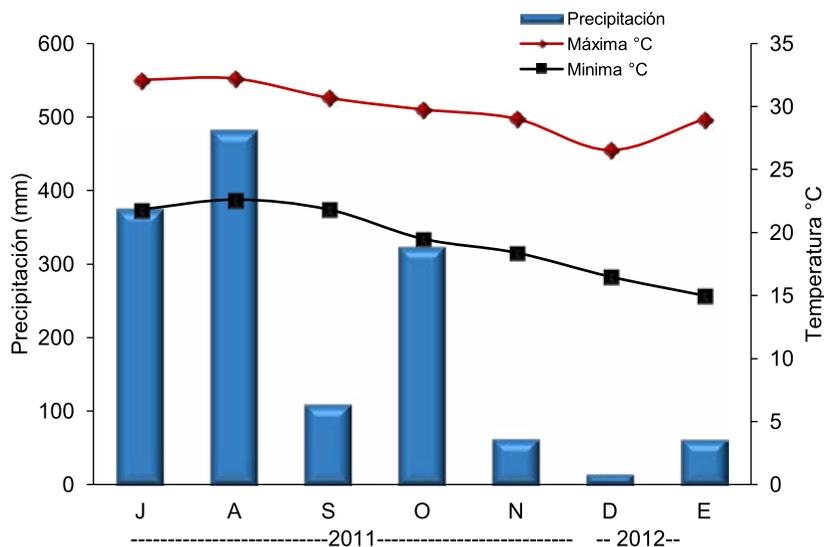


Figura 1. Precipitación, temperatura máxima y mínima durante la fase de muestreo en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz, México.

por la especie, 617 mm (Murillo et al., 2014). Respecto a temperatura, aunque se presentó un ligero incremento en el promedio anual (25.7 a 26 °C), durante el periodo experimental los valores máximos superaron los 30 °C, a excepción del mes de noviembre, condición en que este cultivar tiene su máximo crecimiento (30 a 35 °C), en los meses de diciembre y enero la temperatura mínima estuvo cercana a 15 °C, temperatura ligeramente superior a la temperatura a la cual se inhibe el crecimiento del pasto Taiwan (Bogdan, 1997).

La morfología de la planta varió significativamente ($P < 0.01$) en los diferentes estadios fenológicos (Figura 2). Los modelos de regresión y coeficientes de determinación fueron altos ($R^2 > 0.95$) en las variables evaluadas. El modelo que mejor se ajustó para biomasa total fue el logístico, para las variables hoja, tallo, MM y Crecimiento Neto fue el polinómico. La acumulación de biomasa se incrementó hasta el 135 dds (semana 19.3) y declina en los cortes posteriores, lo cual coincide con el incrementó del material

muerto, esta tendencia es similar a lo reportado por Calzada-Marín en Maralfalfa (2014) y Araya y Boschini (2005) encontró, en varios cultivares de *Pennisetum*, después de alcanzar la mayor producción en rebrotes la biomasa disminuyó en los cortes posteriores.

Los cambios en el crecimiento de hojas y tallos, así como la generación de material muerto en el pasto Taiwan se muestran en la Figura 2. Las hojas mostraron un incremento gradual hasta los 135 dds coincidiendo con el 92% de intercepción luminosa y una cobertura del 73%, comportamiento similar mostraron los tallos; respecto al material muerto, a partir de esta fecha se incrementó considerablemente contribuyendo en el aporte total de biomasa. Bernal-Eusse (1994) indica que, bajo condiciones ambientales favorables, *P. purpureum* muestra su máximo crecimiento cuando las hojas interceptan alrededor de 90% de la luz incidente.

La máxima producción de hojas se alcanzó a los 135 dds (19.3 semanas); a partir de este momento la

proporción de hojas disminuyó (Figura 2), relacionado posiblemente a factores endógenos de la planta, tales como la edad. Azcon-Bieto y Talón (2013) mencionan que la senescencia de las hojas se presenta cuando existe una disminución en la fotosíntesis y el principal factor que detona este proceso es la edad de la planta. Desde un punto de vista funcional la senescencia no es sólo un proceso degenerativo, sino también un proceso de reciclaje en el que los nutrientes son transportados desde las células que envejecen hasta las hojas jóvenes (Azcon-Bieto y Talón, 2013). A medida que avanza el crecimiento en el pasto, se forman menos hojas y mueren las más viejas, como resultado la tasa de crecimiento se reduce y el rendimiento se estabiliza (Rodríguez et al. 2010), por ello, aunque existan grandes cantidades de área foliar no se manifiestan aumentos adicionales en producción, debido a que las hojas basales se hacen sombra unas a otras y las hojas viejas se tornan ineficientes. Adicionalmente, a medida que se forman hojas nuevas, las hojas viejas mueren anulando el incremento de la producción (Bernal-Eusse, 1994). La altura del dosel de los pastos es una característica de la pradera con la que se puede identificar en campo y fácilmente el momento de la mayor producción de biomasa (Da Silva y Nascimento, 2007). En pasto Taiwan la mayor biomasa acumulada sucedió cuando la altura del dosel fue de 2.49 m (Figura 2), Calzada-Marín (2014) reportó que a la altura de 2.33 m se presentó la mayor biomasa acumulada en Maralfalfa.

La tasa de crecimiento referida a la rapidez con la que la planta aumenta su peso al transcurrir el tiempo (Castillo y Rodríguez, 2010), en el pasto

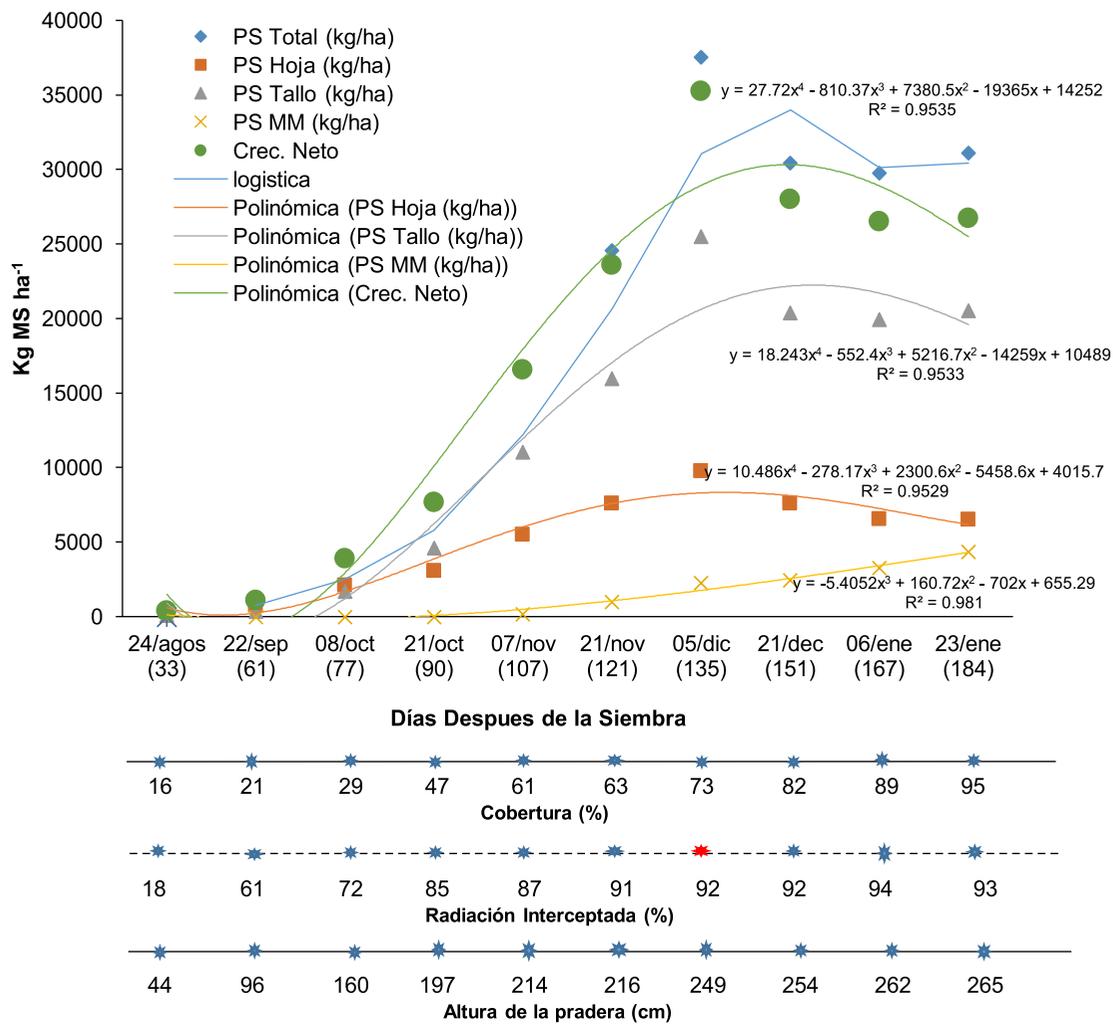


Figura 2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y cobertura del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*), al primer aprovechamiento.

Taiwan se incrementó desde la emergencia hasta obtener un máximo alrededor de los 135 dds; decreciendo a partir de dicho momento (Figura 3). La curva ajustada de la tasa de crecimiento, presenta un comportamiento logístico sigmoideo, el máximo valor de la tasa de crecimiento ($247 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se obtiene alrededor de la semana 19.3, a partir de la cual comienza a disminuir y este fenómeno coincide con la disminución en la cantidad de biomasa de hoja que inicio posterior a los 135 dds (Figura 2), por lo que sería recomendable cortar la pradera en este punto, esto es más tiempo al recomendado por Araya y Boschini (2005) quienes sugieren realizar el primer corte a los 120 dds.

A medida que la planta acumula más área foliar, se incrementa rápidamente su capacidad de capturar energía solar, de tal forma que alcanza su tasa de crecimiento máxima (Rodríguez *et al.*, 2010). La Figura 4 muestra los cambios en la composición morfológica del pasto

Taiwan, a edades tempranas como 30 dds las hojas contribuyeron con el 74% del total de la biomasa, posteriormente disminuyó y a los 90 dds aportó únicamente 40% al total de la biomasa, y el tallo contribuyó con el resto. Lafarge y Loiseau (2002) consideran que la producción de tallos es un factor clave en la resistencia de la pradera por ello el monitoreo de la producción es deseable.

La relación hoja tallo está asociada con un alto valor nutritivo del forraje debido a que la primera es generalmente de alto valor nutritivo, y la productividad animal está relacionada con la cantidad de hoja en la dieta (Nyambati *et al.*, 2010). Estudios recientes refieren la importancia de la relación hoja/tallo debido a que grandes cantidades de tallo son deseables para biocombustible (Singh *et al.*, 2013). Los cambios en la relación hoja/tallo y hoja/no hoja, durante los diferentes estadios de crecimiento, se muestran en la Figura 5; ambas variables tienden a disminuir conforme se incrementa la madurez del pasto, a

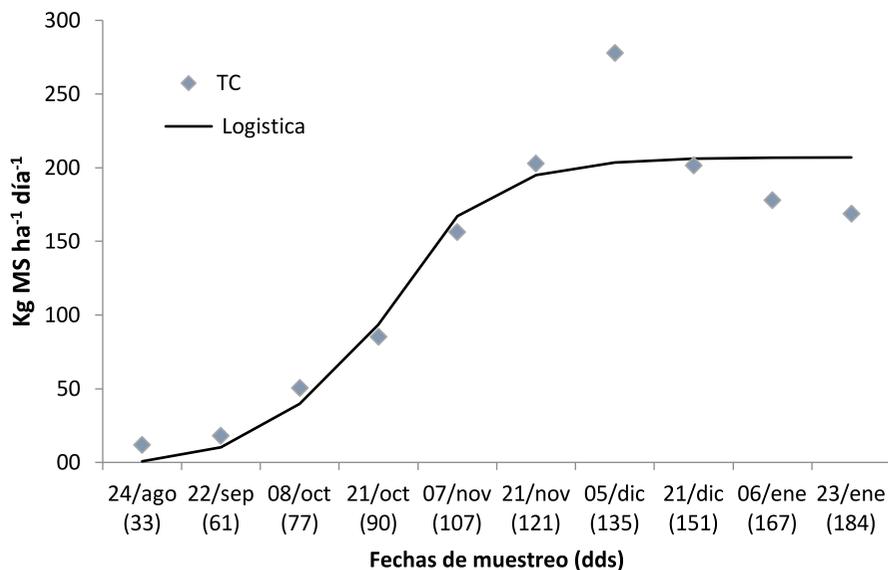


Figura 3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) al primer aprovechamiento.

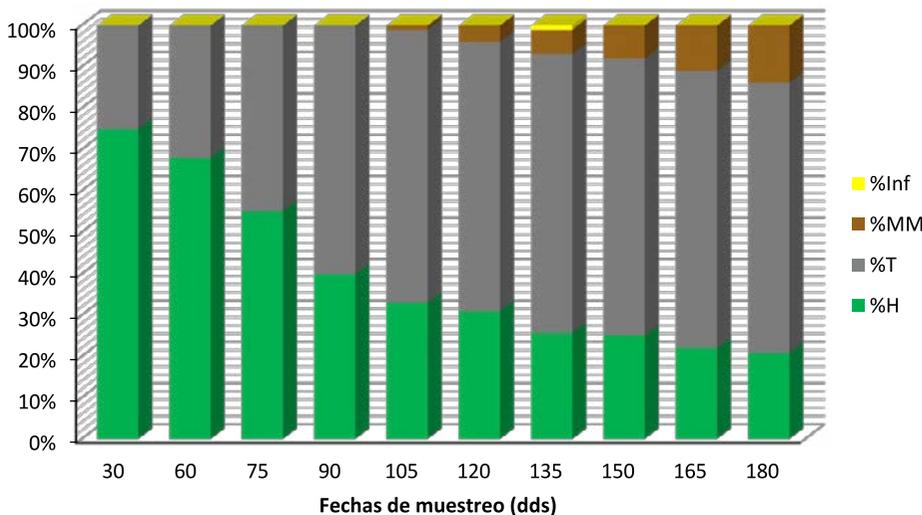


Figura 4. Cambios morfológicos a través del tiempo del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*), al primer aprovechamiento.

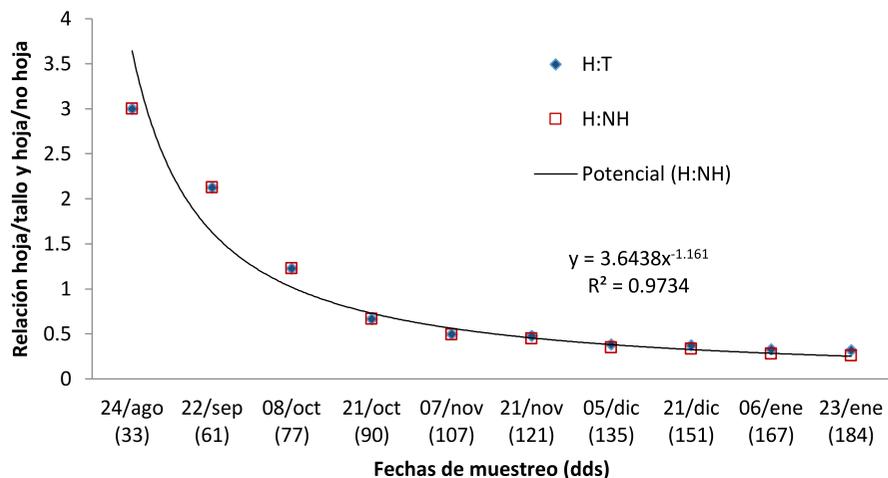


Figura 5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo y hoja/no hoja del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*), al primer aprovechamiento.

consecuencia de un aumento en la biomasa de tallo y material muerto. La relación H:T varió de 3 a 0.32 para 33 y 184 dds mientras que H:NH sus valores fueron de 3 a 0.26. Poli et al. (1994) reportaron una relación hoja/tallo en pasto Taiwan A-146 de 1.08 a los 60 días de edad y de 0.25 cuando el cultivo tenía 242 días, indicando una reducción conforme la edad de la planta aumenta. Otro estudio en pasto Taiwan en rebrotes de 70 días de edad la relación hoja:Tallo fue de 0.89 y disminuyó a 0.44 en rebrotes de 140 días (Araya y Boschini, 2005).

CONCLUSIONES

En base a los resultados se recomienda realizar, en pasto Taiwan, el primer corte, después de la siembra, a los 4.5 meses o cuando la pradera tenga una altura de 2.5 m, para obtener la mayor cantidad de biomasa en hojas y tallos.

LITERATURA CITADA

Araya M.M., Boschini F.C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1): 37-43.

Azcon-Bieto J., Talón M. 2013. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Ed. McGraw-Hill, Barcelona, España. 651 p.

Bernal-Eusse J. 1994. *Pastos y Forrajes Tropicales*. Ed. Banco Ganadero, Santafé de Bogotá, Colombia. 545 p.

Bogdan A.V. 1997. *Pastos Tropicales y Plantas de Forraje*. Ed. AGT S.A. México. 461 p.

Calzada-Marín J.M., Enríquez-Quiroz J.F., Hernández-Garay A., Ortega-Jiménez E., Mendoza-Pedroza S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(2):247-260.

Cantú B.E. 2011. *Manejo y mejoramiento de pastizales*. Ed. Doble hélice. Chihuahua México. 320 p.

- Capanema E.A., Balakshin M.Y., Dadla J.F. 2005. A comprehensive approach for quantitative lignin characterization by NMR spectroscopy. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 52: 1850-1860.
- Castillo G.E., Rodríguez A.J. 2010. Estructura y fases de desarrollo de poáceas y fabáceas forrajeras. *In: Rodríguez AJ, Gutiérrez OE, Rodríguez FH. Dinámica de sistemas de pastoreo*. Ed. Trillas, México. 2010: 17-31.
- Da Silva S.C., Nascimento Jr. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(suplemento especial): 121-138.
- Enríquez Q.J.F., Meléndez N., Bolaños A.E. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Enríquez-Quiroz J.F., Romero-Mora J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia*. 33(2): 141-148.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Ed. Instituto de Geografía, UNAM; México. 217 p.
- Lafarge M., Loiseau P. 2002. Tiller density and stand structure of tall fescue swards differing in age and nitrogen level. *European Journal of Agronomy*. 17: 209-219.
- Manyawu G.J., Chakoma C., Sibanda S., Mutisi C., Chakoma I.C. 2003. The effect of harvesting interval on herbage yield and nutritive value of Napier grass and hybrid Pennisetums. *Asian Australasian Journal of Animal Science*. 16(7): 996-1002.
- Matthew C., Van Loo E.N., Thom E.R., Dawson L.A., Care D.A. 2001. Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress. Brazilian Soc. Animal Husbandry*. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. 19-27 pp.
- Murillo S.J., Barros H.J.A., Roncallo F.B., Arrieta P.G. 2014. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente de agua en el Caribe seco colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 15: 83-99.
- Nyambati E.M., Muyekho F.N., Onginjo E., Lusweti M. 2010. Production, characterization and nutritional quality of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivars in Western Kenya. *African Journal of Plant Science*. 4(2):496-502.
- Poli C.E.E.C., Jacques A.V.A., Castilhos Z.M.S., Freitas J.M.O. 1994. Caracterização morfológica de cinco cultivares de capim-elefante. *Revista de a Sociedade Brasileira da Zootecnia*. 23(2): 205-210.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Silva S.C., Pérez P.J., Souza J.S.J., Castro R.R., Enríquez J.F. 2010. Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12: 303-311.
- Rodríguez A.J., Gutiérrez O.E., Rodríguez F.H. 2010. Desarrollo y crecimiento de las plantas forrajeras y su relación con el clima. *In: Rodríguez AJ, Gutiérrez OE, Rodríguez FH. Dinámica de sistemas de pastoreo*. Ed. Trillas, México. 2010: 61-87.
- Rodríguez Z.C., Larqué-Saavedra A. 1988. Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia*. 71:401-416.
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Singh B.P., Singh H.P., Obeng E. 2013. Elephantgrass. *In: Singh BP. Biofuel Crops: Production, Physiology and Genetics*. Ed. CAB International. 271-291 pp.
- Skerman P.J., Riveros F. *Tropical Grasses*. 1990. Plant Production and Protection Series 23. Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 832 p.
- Tessema Z.K., Mihret J., Solomon M. 2010. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumacher). *Grass and Forage Science*. 65: 421-430.



EFECTO DE BIOFERTILIZANTES MICROBIANOS EN EL CRECIMIENTO DE *Brachiaria brizantha* (Trin) Griseb

EFFECT OF MICROBIAL BIOFERTILIZERS ON THE GROWTH OF *Brachiaria brizantha* (Trin) Griseb

Hernández-Sánchez, L.¹, Villegas-Aparicio, Y.^{1*}, Carrillo-Rodríguez, J.C.¹, Gómez-Vázquez, A.², Enríquez-Del Valle, J.R.¹, Lozano-Trejo, S.¹, Hernández-Garay, A.^{3†}

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, ITVO-TecNM-SEP. ²División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ³Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor responsable: yuriva1968@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de los microorganismos (biofertilizante) *Azospirillum* sp., y una micorriza arbuscular (*Glomus fasciculatum* y *Glomus cubense*) sobre el crecimiento de *Brachiaria brizantha*. El estudio se realizó en diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x6x2 (dos cultivares, seis métodos de fertilización y dos formas de suministro de agua), evaluando porcentaje e índice de velocidad de germinación, altura, rendimiento de materia seca, relación raíz:parte aérea. Respecto al factor "A" el cultivar mulato II produjo 6.19 t ha⁻¹ MS a los 44 después de la siembra (DDS). El factor "B" presentó rendimientos altos en plantas con fertilizante químico y combinación de micorriza con *Azospirillum* registrando hasta 50.83 % de germinación, 4.07 plantas a los 44 dds, mayor rendimiento en producción de hoja con cepas combinadas de micorriza con *Azospirillum*. El factor "C" afectó el rendimiento de las plantas con estrés hídrico. La fertilización combinada micorriza-*Azospirillum* aumentó el rendimiento de los forrajes.

Palabras clave: Forrajes, microorganismos, germinación, materia seca, altura.

ABSTRACT

The objective was to determine the effect of *Azospirillum* sp. microorganisms (biofertilizers), and arbuscular mycorrhizae (*Glomus* sp.) on the growth of *Brachiaria brizantha*. The study was performed in a completely random design with 2x6x2 factorial arrangement (two cultivars, six methods of fertilization, and two forms of water supply), evaluating the percentage and index of germination speed, height, dry matter yield, root:aerial part rate. With regard to the "A" factor, the mulato II cultivar produced 6.19 t ha⁻¹ DM 44 days after sowing (DAS). The "B" factor presented high yields in plants with chemical fertilizer and mycorrhizae combination with *Azospirillum*, showing up to 50.83 % of germination, 4.07 plants at 44 das, and higher leaf production yield with combined strains of mycorrhizae with *Azospirillum*. The "C" factor affected the yield of the plants with water stress. The combined fertilization mycorrhizae-*Azospirillum* increased the yield of fodders.

Keywords: Fodder, microorganisms, germination, dry matter, height.

INTRODUCCIÓN

La alimentación del hato ganadero en México se sustenta principalmente en el uso de pastos (Poaceae), siendo estos la fuente principal para la alimentación de rumiantes. Las especies forrajeras de la familia Poaceae, son el grupo de plantas más importante para el hombre (Aguado *et al.*, 2004), debido a la disponibilidad para la alimentación, factor que influye significativamente en los sistemas de producción (Rubio, 2013). Sin embargo, la distribución irregular de las lluvias, la variación de la temperatura, radiación solar y disminución en la fertilidad de los suelos provocan la caída drástica de los rendimientos de materia seca y la calidad de los pastos principalmente en la época de estiaje (Ramírez *et al.*, 2010). Para atenuar esta situación se han introducido nuevas especies resistentes a la sequía con mayor potencial productivo y mejor calidad. El género *Brachiaria*, posee algunas especies que se pueden considerar de importancia, tales como *Brachiaria brizantha*, debido a las buenas cualidades de adaptación y persistencia en suelos ácidos, bajos, de mediana y baja fertilidad; por su eficiente crecimiento y perdurabilidad; su alta producción de biomasa de buena calidad y alto grado de aceptación por los animales, así como, su resistencia a periodos prolongados de sequías, capaces de rebrotar y ofrecer forraje verde durante época crítica del año. Además, porque son especies que han demostrado alta agresividad durante la etapa de establecimiento y explotación del pastizal (Castillo *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2010).

Es posible que el empleo de biofertilizantes microbianos a base de micorrizas y bacterias promotoras de crecimiento permitan que los pastos persistan, se adapten e incrementen la productividad debido a la simbiosis, otorgándoles una serie de beneficios, tales como estimular la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento (auxinas, citoquininas y sustancias similares a giberelinas) que participan en el desarrollo vegetal, proporcionando mayor y más eficiente captación de nutrimentos, destacándose entre ellos mayor adquisición de fósforo, debido a la acción que ejercen sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N₂, la solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos; Además, permiten el control de enfermedades y protección contra patógenos, mejorando la tolerancia al estrés por sequía, salinidad, metales tóxicos y exceso de pesticidas, por parte de la planta logrando un equilibrio en el sistema

suelo-planta-animal, producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales (Canto *et al.*, 2004; Constantino *et al.*, 2010; Armenta *et al.*, 2010; Grageda-Cabrera, 2012; Druille *et al.*, 2015 y Ramos *et al.*, 2015). Silva *et al.*, (2015) indicaron que en plantas de *Urochloa ruziziensis* (forraje) tienen un beneficio en la producción de biomasa aérea e incremento en su composición química-bromatológica, con el uso de biofertilizantes. Luis *et al.* (2016) concuerdan con los anteriores autores, donde el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) incremento su calidad nutricional utilizando la misma estrategia de fertilización. Se considera importante que para la producción de forraje en la zona centro del estado de Oaxaca, México, el uso de biofertilizantes basados en hongos y bacterias podrían representar una alternativa económicamente viable y ambiental, para la propagación y establecimiento de las especies forrajeras. Debido a esto se llevó a cabo el estudio que tiene los biofertilizantes en el crecimiento de *Brachiaria brizantha*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, el cual se localiza en Nazareno Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca (17° 01' 16" N y 96° 45' 51" O). el clima predominante es templado con lluvias en verano de 600 a 700 mm de precipitación, con temperaturas que van desde los 18 hasta 20 °C y cuyo suelo predominante es vertisol (62.88%), regosol (26.70%), leptosol (10.30%) y fluvisol (0.12%) (Prontuario de información geográfica INEGI, 2008; Atlas de riesgos naturales del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán 2011). El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2×6×2), donde el factor "A" correspondió a dos especies forrajeras (Insurgente, y Mulato II), el factor "B" a biofertilizante con cuatro niveles, fertilizante químico y testigo sin tratamiento alguno, y el factor "C" humedad (con estrés hídrico y sin estrés hídrico) teniendo en total 24 tratamientos con seis repeticiones cada uno (Cuadro 1). Se utilizaron semillas certificadas de *Brachiaria brizantha* cv Insurgente, y cv Mulato II, así como biofertilizantes los cuales fueron comprados al "Laboratorio Reprodutor de Organismos de México", ubicada en Reyes Etlá Oaxaca, y micorrizas proporcionadas por la Universidad de la Sierra Juárez (UNSIJ), los biofertilizantes fueron sometidos al conteo directo de esporas mediante el tamizado de 10 g de suelo realizado en el laboratorio de microbiología de la UNSIJ, lo cual permitió establecer la cantidad a utilizar siendo esta de 20 g de micorriza (*Glomus fasciculatum*

Cuadro 1. Tratamientos para la evaluación de biofertilizantes en semillas de *Brachiaria brizantha* cv Insurgente, y cv Mulato II.

	Factor "A" (cultivar)	Factor "B" (tipo de fertilización)	Factor "C" (suministro de agua)
1	Insurgente	Micorriza arbuscular 1	Con estrés hídrico
2	Mulato II		
3	Insurgente	Micorriza arbuscular 2	
4	Mulato II		
5	Insurgente	<i>Azospirillum</i> sp.	
6	Mulato II		
7	Insurgente	Mezcla de micorriza 1 arbuscular y <i>Azospirillum</i> sp.	
8	Mulato II		
9	Insurgente	Testigo 1. Con fertilizante comercial.	
10	Mulato II		
11	Insurgente	Testigo 2. Sin nada	
12	Mulato II		
13	Insurgente	Micorriza arbuscular 1	Sin estrés hídrico
14	Mulato II		
15	Insurgente	Micorriza arbuscular 2	
16	Mulato II		
17	Insurgente	<i>Azospirillum</i> sp.	
18	Mulato II		
19	Insurgente	Mezcla de Micorriza arbuscular y <i>Azospirillum</i> sp.	
20	Mulato II		
21	Insurgente	Testigo 1. Con fertilizante comercial.	
22	Mulato II		
23	Insurgente	Testigo 2. Sin nada	
24	Mulato II		

y *Glomus cubense*) y un gramo de *Azospirillum*. Para la fertilización química se utilizó la dosis recomendada por Lozano-Contreras *et al.* (2013) de 120N-80P-00K. El riego se determinó por capacidad de campo, mediante método directo aplicando a la maceta un litro de agua y por retención se obtuvo que 800 ml, fue retenida por la maceta. Posteriormente se dejó secar la maceta hasta su punto crítico presentándose a los siete días, estableciendo este periodo como los días al que la planta entraba en estrés hídrico, por lo cual el riego de las plantas sin estrés hídrico fue cada tercer día y con estrés hídrico se estableció cada siete días.

Las semillas fueron previamente escarificadas mediante la combinación de temperatura de 12 h a 3 °C y posteriormente 12 h a 35 °C (Unión Ganadera Regional de Jalisco, 2016). Las macetas utilizadas constaron de 26 cm de diámetro y 20 cm de altura las cuales contenían mezcla de suelo y arena (dos de suelo (66.67%) por una de arena (33.33%) como sustrato, el cual fue esterilizado

en autoclave en dos tiempos, el primero fue de 15 lb por dos horas y el segundo de 15 lb por 45 minutos, cuya densidad de siembra fue de 20 semillas por maceta registrando 40 % de germinación.

Se evaluó la emergencia contando las semillas que presentaron plántulas diariamente, se determinó el índice de velocidad de emergencia (ivdd), se tomó la altura de las plantas tomando está a ras de piso hasta la hoja más alta, a los 84 días después de la siembra, se determinó materia seca de raíz, parte aérea y se determinó la relación raíz:parte aérea (Rel R:A), para obtener el peso seco se cortó la parte aérea a ras de suelo y las raíces se extrajeron mediante el lavado, y posteriormente fueron deshidratadas en estufas de aire forzado a 55 °C hasta obtener peso. Los datos se analizaron estadísticamente a través del paquete SAS (SAS, 2005) y comparación de prueba de medias por Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza se encontró diferencia (P=0.0001) significativa para la variable índice de velocidad (IV) a los ocho y 23 días después de la siembra

(dds) entre los niveles cultivares y el tipo de fertilización así como para la variable altura con el factor tipo de fertilización, la interacción entre el cultivar-tipo de fertilización y la cantidad de agua suministrada. El porcentaje de germinación (% G) no fue afectado por ninguno de los niveles. Se obtuvieron diferencias (P<0.01) con respecto al cultivar en las variables raíz, tallo, hoja verde y seca, y Rel R:A. De acuerdo al tipo de fertilización utilizada se encontró diferencia altamente significativa en las variable raíz, hoja verde y relación Rel R:A, presentando diferencia significativa el número de tallos y la materia seca (MS). El suministro de agua afecto el rendimiento de los cultivares presentando diferencias altamente significativas en las variables raíz, hoja verde y MS. Así mismo, la interacción cultivar-tipo de fertilización mostró diferencia altamente significativa en la producción de hojas y afecto significativamente la producción de tallo. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa en la interacción de los tres niveles para las variables.

De acuerdo con la comparación de medias por factores se obtuvo que la variedad Insurgente sobresalió en el ivdds8 y ivdds23; sin embargo, no hubo diferencia en el porcentaje de germinación (% G) y altura de la planta (Cuadro 2).

La comparación del tipo de fertilización mostro diferencia significativa en el ivdds8 y ivdds23 presentando el testigo 1.25 y 4.27 plantas, sin diferencias a los ivdds44; sin embargo, se registraron valores altos de IV y % G en semillas inoculados con cepas combinadas de micorriza y *Azospirillum* presentando éstas un índice de velocidad de germinación de 4.07 plantas ivdds44 y 50.83% de germinación (Cuadro 2), lo cual se podría deber a las bacterias promotoras de fitohormonas. Canto *et al.* (2004), reportan que la inoculación de semillas con *Azospirillum* influye en la germinación alcanzado hasta 60%. Respecto a la variable altura sobresalen las plantas con fertilizante químico, el factor "C" (suministro de agua) afectó el IV y la germinación. La altura de las plantas fue afectada, sobresaliendo las plantas sin estrés hídrico en ambos cultivares (Cuadro 2).

Con respecto al rendimiento de los cultivares sobresalieron el cultivar mulato II registrando una producción de 2.16 t de hoja verde cuya producción fue superior al Insurgente con 1.64 t ha⁻¹ (Cuadro 3), similar en seco mostrando una relación R:A superior a uno, lo cual indica, que la producción de raíz es inferior a la producción aérea del cultivar mulato. Con respecto al tipo de fertilización sobresalieron las plantas con fertilizante químico; sin embargo, poniendo interés en la producción de

hojas de las especies para la alimentación del ganado se tiene que las plantas fertilizadas con micorrizas y la combinación de micorrizas 1 en asociación con *Azospirillum* presentó la mayor producción con dos t ha⁻¹ de hoja verde y cuyo rendimiento de total es de 6 t MS ha⁻¹. De acuerdo a la relación Rel R:A, se obtuvo que las plantas no respondieron a los tratamientos aplicados por lo que no presentaron fuerte relación raíz parte aérea, lo cual se puede deber a las restricciones en el crecimiento de las raíces por diferentes factores entre ellos, el tipo de suelo, ya que la especie *Brachiaria brizantha* se caracteriza por tener raíces profundas así como la edad de las plantas ya que los hongos por lo general germinan primero para luego colonizar a las raíces (Olivera *et al.*, 2006 y Velasco *et al.*, 2016). En relación al factor del suministro de agua, la producción de hoja y el rendimiento total es superior con las plantas sin estrés.

De lo presentado anteriormente concuerda con diferentes autores en que la inoculación con micorrizas y la interacción de la misma con el *Azospirillum* afectan positivamente el rendimiento de las plantas como lo encontrado por Mujica y Fuentes (2012) quienes reportan respuesta positiva en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) fertilizadas con hongos micorrizica arbusculares (HMA) en formulación sólida y líquida. Así como lo reportado por Becerra-De Armas (2014), donde sus mejores tratamientos en los cuales aplicó *Azospirillum* enterrado superaron 80 t ha⁻¹. Santamaría *et al.* (2015) usando la inoculación con endófitos obtuvo plantas de *T. subterranean* que produjeron un 80% más de biomasa que el control; y Velasco *et al.* (2016), encontraron dife-

Cuadro 2. Comparación de variables considerando los factores en el desarrollo de *Brachiaria brizantha* cv Insurgente, y cv Mulato II.

Factor	Variable	ivdd8	ivdd23	ivdd44	Germinación (%)	Altura (cm)
A	Insurgente	1.05 a	3.86 a	3.73 a	47.36 a	30.44 a
	Mulato II	0.57 b	3.05 b	3.64 a	45.56 a	29.00 a
B	Micorriza 1	0.65 bc	3.12 bc	3.46 a	45.42 a	28.27 bc
	Micorriza 2	0.83 abc	3.37 bc	3.30 a	41.25 a	23.58 c
	<i>Azospirillum</i>	0.75 abc	3.57 ab	3.77 a	47.08 a	27.75 bc
	Micorriza con <i>Azospirillum</i>	0.98 ab	3.92 ab	4.07 a	50.83 a	28.10 bc
	Fertilizante químico	0.4 c	2.5 c	3.5 a	43.75 a	37.89 a
	Testigo	1.25 a	4.27 a	4.03 a	50.42 a	32.75 b
C	Sin estrés hídrico	0.74 a	3.45 a	3.7931 a	48.125 a	31.21 a
	Con estrés hídrico	0.88 a	3.47 a	3.5833 a	44.792 a	28.24 b

A: Cultivar, B: Tipo de fertilización y C: Suministro de agua. Literales diferentes por factores y columna son estadísticamente diferente. ivdd8, ivdd23 e ivdd44: índice de velocidad de germinación a los 8, 23 y 44 días.

Cuadro 3. Comparación de medias del rendimiento de materia.

Factor	Variable	Raíz (t ha ⁻¹)	Tallo (t ha ⁻¹)	Hoja verde (t ha ⁻¹)	Hoja seca (t ha ⁻¹)	Rendimiento MS (t ha ⁻¹)	Relación R:A
A	Insurgente	3.10 b	2.13 a	1.64 b	2.23 a	5.99 a	2.01 a
	Mulato II	3.60 a	2.05 b	2.16 a	2.00 b	6.19 a	1.77 b
B	Micorriza 1	2.91 c	2.084 ab	2.16 a	2.03 a	6.29 a	2.21 a
	Micorriza 2	2.98 c	2.087 ab	2.09 a	2.01 a	6.19 ab	2.08 ab
	<i>Azospirillum</i>	3.29 bc	2.083 ab	1.71 ab	2.14 a	5.94 ab	1.84 bc
	Micorriza con <i>Azospirillum</i>	3.29 bc	2.067 b	2.07 a	2.13 a	6.27 ab	1.95 bc
	Fertilizante	3.91 a	2.151 a	1.46 b	2.23 a	5.76 b	1.55 d
	Testigo	3.72 ab	2.068 b	1.90 ab	2.14 a	6.11 ab	1.71 cd
C	Sin estrés	3.50 a	2.10 a	2.08 a	2.11 a	6.30 a	1.90 a
	Con estrés	3.10 b	2.08 a	1.72 b	2.11 a	5.88 b	1.88 a

Literas diferentes por columna son estadísticamente diferente. Factor A: cultivares de *Brachiaria brizantha*. Factor B: Fertilización y Factor C: condición de suministro de agua.

rencias significativas ($p=0.0001$) en la altura y peso de las plantas de lechuga la cual fue de 14.02 cm y 59.02 g planta⁻¹, observando también un incremento radicular condicionando a un mejor crecimiento de las plantas a las cuales les aplico humus más micorriza.

Estas diferencias al igual que las encontradas en el experimento, son atribuidas a la colonización microbiana de las plantas, registrando cambios significativos en diferentes parámetros de crecimiento, tales como duplicar el volumen radicular por ende el aprovechamiento de los recursos minerales a través de las hifas, y con una mejor nutrición ya que estas ayudan a explorar y aumentar su superficie de absorción, así mismo los hongos podrían provocar un alargamiento del periodo vegetativo donde la producción de biomasa en MS es más intensa provocando mayor crecimiento aéreo de las plantas (Parra y Cuevas, 2001; Mujica y Fuentes, 2012; Lozano-Contreras *et al.*, 2013; Santamaría *et al.*, 2015; Velasco *et al.*, 2016) Con respecto al suministro de agua se obtuvo que las plantas que fueron sometidas a estrés hídrico fueron afectados negativamente disminuyendo su rendimiento (Cuadro 3) ya que de acuerdo con Ramírez *et al.* (2010) el incremento del rendimiento es afectado por la edad y al proceso fotosintético que suministra las sustancias y energías necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta por lo que el sometimiento a estrés hídrico limita la eficiencia en cuanto a los procesos fisiológicos y por lo tanto afectan el desarrollo de la planta.

CONCLUSIONES

La fertilización con micorrizas y la combinación con *Azospirillum* aumentan el rendimiento de

los forrajes por lo cual se puede establecer praderas con cultivar Mulato II, ofreciendo rendimientos elevados comparados con el cultivar Insurgente a pesar de contar con bajos suministros de agua, permitiendo de esta manera contar con forraje en épocas de estiaje y mejorando la productividad del suelo mediante la fijación biológica de minerales.

LITERATURA CITADA

- Acuña O., Uribe L. 1996. Inoculación del frijol común con tres cepas seleccionadas de *rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli*. Revista Agronomía mesoamericana 7(1):35-40.
- Aguado S., Gerardo A., Rascón C. Q., Pons H. J. L., Grageda C.O., García M. E. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. Revista Técnica Pecuaria en México, 42(2):261-276.
- Armenta B. A. D., García G. C., Camacho B. J. R., Apodaca S. M. A., Gerardo M. L., Nava P. E. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable Ra Ximhai, 6(1):51-56. ISSN: 1665-0441.
- Atlas de riesgos naturales del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán. 2011. disponible en: http://www.normatea.com.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas_Estados/20385_XOXOCOTLAN/0_ATLAS.pdf
- Becerra-De Armas E.; Lugo-Ruiz I.; Más-Martínez R.; Pineda-Ruiz E.; Viñas-Quintero Y. 2014. Uso del biofertilizante *Azospirillum* como fuente alternativa para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar. Revista de ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 48(3):49-53.
- Canto J.C.M., Medina S. P., Morales D. A. 2004. Efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp. En plantas de Chile habanero (*Capsicum chinense* jacquin). Revista tropical and subtropical agroecosystems. 4(1):21-27. e-issn: 1870-0462.
- Castillo M. S., Vélez M. Rosas J. C., Trabanino R. 2006. Producción y Composición de los Cultivares Mulato I y II de *Bachiaria* Híbridos Inoculados con Micorriza y *Trichoderma harzianum*. En revista Ceiba, 47(1-2):25-32.

- Constantino M., Gómez-Álvarez R., Álvarez-Solís J.D., Pat-Fernández J., Espín G. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya* L. En Revista Colombiana de Biotecnología, XII(2):103-115.
- Druille M., Acosta G., Acosta A., Rossi J.L., Bailleres M., Golluscio R. 2015 Respuesta de la simbiosis micorrícica en plantas de *Lotus tenuis* sometidas a manejos contrastantes. En memoria del 38° Congreso Argentino de Producción Animal, Departamento de Producción Animal. Facultad de Agronomía. UBA. 2Chacra Experimental Integrada Chascomús-Ministerio de Asuntos Agrarios-INTA. Disponible en: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/viewFile/7176/pdf>.
- Grageda-Cabrera O. A., Díaz-Franco A., Peña-Cabrales J.J., Vera-Nuñez J. A. 2012, Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3(6):1261-1274.
- Luis L.R., Viega S.C.F., García N.M., Heinrichs R. 2016. Biofertilizer in the nutritional quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Semina: Ciencias Agrarias, vol. 37 núm 37, mayo-junio, pp 1441-1450. DOI:10.5433/1679-0359.2016v37n3p1441.
- Mujica P.Y., Fuentes M.A.G. 2012. efecto a la biofertilización con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo del tomate en condiciones de estrés abiótico. Revista Cultivos Tropicales, 33(4):40-46.
- Olivera Y., Machado R., Del Pozo P.P. 2006. características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. Revista Pastos y forrajes, 29(1)5.
- Parra Y., Cuevas F. 2001. Potencialidades de *Azospirillum* como inoculante para la agricultura. En revista Cultivos Tropicales, 23(3):31-41. ISSN: 0258-5936.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca Clave geoestadística 20385. 2008. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20385.pdf>.
- Ramírez J. L. Herrera R. S., Leonard I. Verdecia D., Álvarez Y. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* × *Brachiaria ruziziensis* vc. Mulato en el valle del cauto, Cuba. Revista cubana de ciencia agrícola, 44(1):65-72. ISSN: 0034-7485.
- Ramos J.A.Z., Marrufo D.Z., Guadarrama P. C., Carrillo L. S. 2015. Hongos micorrízico-arbusculares. Revista Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Disponible en: http://www.seduma.yucatan.gob.mx/biodiversidad-yucatan/03Parte2/Capitulo4/01Diversidad_vegetal/02Hongos/05Hongos_micorrozicos.pdf
- Rubio L. Ma. De la S., Braña V.D., Méndez M.R.D., Delgado S.E. 2013. Sistemas de Producción y Calidad de carne Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en: <http://anetif.org/files/pages/0000000034/18-sistemas-de-produccion-y-calidad-de-carne-bovina.pdf>
- SAS. 2005. Statistical Analysis System, The SAS for Windows. V. 9.01. SAS Institute. Cary, NC, USA. 480 p
- Santamaría O., Lledó S., Rodrigo S., Poblaciones Y. M.J. 2015. La inoculación aérea con hongos endofíticos afecta la producción y calidad de *Lolium rigidum* y *Trifolium subterraneum* en condiciones de campo. En memoria de pastos y forrajes en el siglo XXI. Disponible en: http://www.uibcongres.org/imgdb/archivo_dpo19372.pdf
- Silva J.G., Nascimento J.M.L., Santos M.R.B., Gama A.A., Queiroz M.A.A., Yano-Melo A. M. 2015. Biofertilizante caprino no desenvolvimento de *Urochloa ruziziensis*. Archivos de Zootecnia. Revista Arch. Zootec. 64 (248): 323-329.
- Unión Ganadera Regional de Jalisco. 2016. Rompimiento de latencia en semilla de gramíneas forrajeras. Disponible en: http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=521.
- Velasco J., Aguirre G., Ortuño N. 2016. Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. Revista J Selva Andina Biosph, 4(2):71-83. ISSN2308-3897.



ACUMULACIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA E INTERCEPCIÓN LUMINOSA EN TRIGOS (*Triticum* sp.)

FODDER ACCUMULATION, MORPHOLOGICAL COMPOSITION AND
LIGHT INTERCEPTION IN WHEAT (*Triticum* sp.)

Wilson-García, C.Y.¹, López-Zerón, N.E.², Ortega-Cerrilla, M.E.³, Crosby-Galván, M.M.³,
Rojas-García, A.R.⁴, Hernández-Garay, A.^{3†}

¹Universidad Autónoma Chapingo, km 5.5 San Luis Acatlán-Tlapa, San Luis Acatlán, Guerrero C.P. 41603 claudiawilson@colpos.mx; ²CBTA 178 Vicente Guerrero Saldaña, San Luis Acatlán Horcasitas km 5, playa Larga, San Luis Acatlán, Guerrero C.P. 41603, lopez.nelson@colpos.mx; ³Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México C. P. 56230, meoc@colpos.mx, maria@colpos.mx, hernan@colpos.mx; ⁴Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de medicina veterinaria y zootecnia No. 2, Cuajinicuilapa, Guerrero.

*Autor para correspondencia: rogarcia05@hotmail.com

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron realizar las curvas de acumulación de forraje y componentes morfológicos e intercepción luminosa para determinar el momento óptimo de corte para forraje verde de tres líneas y una variedad de trigo (*Triticum* sp.). Se realizaron cosechas a intervalos de 7 d, después de 43 d de la siembra (DDS). En cada cosecha se registró la altura promedio de 20 plantas, la radiación interceptada (RI), acumulación de materia seca, composición morfológica e índice de área foliar (IAF). La unidad de muestreo fue un cuadro de 0.45 m². Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS, para un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. El momento óptimo de corte para forraje se encontró en el "encañe", ya que en este estado de desarrollo es cuando se registraron los más altos rendimientos de hojas, IAF, y las más altas intercepciones luminosas. La RI, el IAF y la altura pueden ser utilizados para determinar el momento óptimo de cosecha para trigos para producir forraje.

Palabras clave: cereales, radiación interceptada, etapa fenológica, crecimiento.

ABSTRACT

The objectives of the study were to perform the fodder accumulation curves and morphological components and light interception to determine the optimal moment of cutting for green fodder of three lines and one wheat variety (*Triticum* sp.). Harvests were performed at intervals of 7 d, 43 days after sowing (DAS). In each harvest the average height of 20 plants was recorded, the intercepted radiation (IR), dry matter accumulation, morphological composition, and leaf area index (LAI). The sampling unit was a square of 0.45 m². The data were analyzed with the GLM procedure of the SAS software, for an experimental design in completely random blocks with arrangement of divided plots and three repetitions. The optimal moment of cutting for fodder was found in the "staging", since in this state of development is when the highest leaf yields were found, LAI, and the highest light interceptions. The IR, the LAI, and the height can be used to determine the optimal moment of harvesting for wheats used to produce fodder.

Keywords: cereals, intercepted radiation, phenological stage, growth.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* sp.) es la especie con mayor antigüedad sembrada por el hombre y la más cultivada en la actualidad a nivel mundial; debido a su adaptabilidad a ambientes y suelos muy diversos (Hernández-Córdova *et al.*, 2015). Se puede utilizar como un cultivo de doble propósito ya que se ha encontrado que las variedades con mejor producción de forraje, pueden presentar los mejores rendimientos de grano (Bainotti *et al.*, 2005). En países como Argentina y Uruguay el trigo forma parte de los llamados verdes de invierno donde junto con la avena (*Avena fatua*), cebada y triticale son utilizados en la alimentación de ganado de carne y leche, aportando forraje en la época donde las especies forrajeras perennes presentan los más bajos rendimientos (Pagliaricci *et al.*, 2000). Las curvas de acumulación de forraje son una herramienta útil que permiten comprender el crecimiento vegetal y seleccionar especies y variedades forrajeras (Sevilla *et al.* 2001); al ser acompañadas con los cambios en la composición morfológica, a intervalos de tiempo específi-

cos, se puede determinar que genotipos presentan el mayor aporte de hojas y la contribución de tallos, material muerto y espigas al rendimiento total. Juskiw *et al.* (2000) realizaron estudios en plantas perennes y coincidieron en que el mayor valor nutrimental de las plantas está asociado a mayor presencia de hojas éste fenómeno se presenta cuando las plantas interceptan el 95% de la radiación interceptada (RI), porque el crecimiento neto es maximizado, asimismo, sí se relaciona el 95% de RI con la altura de planta se tiene un criterio práctico para identificar momentos óptimos de corte en plantas para forraje perenne (Silva y Nascimento Jr., 2007; Da Silva y Hernández-Garay, 2010). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar las curvas de acumulación de forraje, composición morfológica e interceptación luminosa para determinar el comportamiento productivo y el momento óptimo de cosecha del forraje verde para tres líneas y una variedad de trigo (*Triticum* sp).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en condiciones de campo en el ciclo de invierno-primavera 2012-2013 (EIP1) e invierno-primavera 2013-2014 (EIP2), en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México (19° 29' LN, 98° 54' LW y 2250 m). El suelo fue migajón arenoso, con pH de 7.8, con 2.4% de materia orgánica (Ortiz, 1997). El clima del lugar es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 645 mm y 15 °C, respectivamente (García, 2004). Los datos de la temperatura del aire y precipitación pluvial se obtuvieron de la Estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo (Cuadro 1).

Se evaluaron las líneas de trigo (*Triticum* sp) V7, V13 y V16 y la variedad Nana. La siembra del EIP1 se realizó el 5 de diciembre de 2012 y la de EIP2 el 4 de diciembre de 2013; la densidad de siembra utilizada fue de 100 kg ha⁻¹. La fertilización fue 40N-40P-00K en la siembra y 40 unidades de nitrógeno al inicio del amacollamiento. Las parcelas experimentales fueron regadas cada dos semanas a capacidad de campo.

Altura promedio de las variedades evaluadas

Antes del corte, por repetición se registraron 20 alturas de plantas elegidas al azar, con una regla de 1.5 m de longitud.

Radiación interceptada (RI)

Previo al corte, se tomaron al azar cinco lecturas, de la cantidad de radiación solar interceptada por las plantas

Cuadro 1. Promedio mensual de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y número de heladas. Estación Meteorológica Universidad Autónoma Chapingo.

Mes	Temperaturas (°C)				Precipitación (mm)		Heladas (número)	
	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014	2012-2013	2013-2014
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima				
Diciembre	23.5	3.1	23.6	4.4	0	0.9	25	17
Enero	22.6	4.4	21.4	2.2	0	2.6	18	25
Febrero	26	4.4	25.6	4	2.8	2.4	15	12
Marzo	24.9	5	26.5	7.2	1.6	27.7	18	5
Abril	27.9	9.1	27.3	8.4	23	20.1	3	3
Total	-	-	-	-	27.4	53.7	79	62

dentro de cada unidad de muestreo con un ceptómetro modelo LP-80 (Decagon Devices, Inc.), a las 12:00 horas del día.

Acumulación de forraje

A partir de los 43 días después de la siembra (DDS) se recolectaron muestras del forraje a intervalos de 7 d, hasta que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica. La unidad de muestreo fue un cuadro de 0.45 m², dentro del cual se cortaron todas las plantas de trigo a una altura de 12 cm sobre el nivel del suelo. El forraje cosechado se lavó y secó hasta peso constante, en una estufa de aire forzado a 55 °C. Con el peso seco se calculó el rendimiento de forraje por hectárea (Kg MS ha⁻¹). Se identificaron los estados de desarrollo principales de los genotipos, utilizando la escala de Zadoks *et al.* (1974).

Composición morfológica del forraje cosechado

Para estimar los componentes morfológicos, se tomó una submuestra de 100 g de forraje, misma que se separó en hojas, tallos, espigas y el material muerto. Cada componente se colocó en bolsas de papel identificadas y se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante y se pesaron. Se estimó el peso seco en kg ha⁻¹ de cada componente.

Índice de Área Foliar (IAF)

Previo a determinar la materia seca de las hojas, se les midió su área foliar con un integrador modelo LI-3100 (LI-COR, inc.). El IAF se estimó con los datos de área foliar por tallo y el área de la unidad de muestreo.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados

con el procedimiento GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para Windows). Los tratamientos experimentales fueron los cuatro genotipos de trigo. La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) se utilizó para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el EIP1, la máxima acumulación de forraje registrada, para todas las variedades se encontró a los 84 DDS, con rendimientos de 4,319; 3,768; 3,427 y 1,752 kg ha⁻¹ para trigo Nana, V13, V16 y V7, respectivamente ($p \leq 0.05$), cuando Nana se encontraba en el estado de espigamiento (52, Zadocks) y V13, V16 y V7 en encañe (32-36, Zadocks). Esta fue la última fecha de muestreo debido a la muerte de las plantas causada por una helada. Mientras que para el ciclo EIP2 los valores encontrados fueron de 3,779; 3,503; 2,912 y 2,543, para la misma fecha y genotipos, mencionados; por lo que, los trigos Nana, V13 y V16 disminuyeron su rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) del EIP1 al EIP2 en 12.5%, 7% y 15%; mientras que V7 lo incrementó en 45% (Figura 1). Sin embargo, la máxima acumulación de forraje para trigo Nana se encontró a los 112 DDS con 8,414 kg MS ha⁻¹, mientras que para V13, V16, y V7 fue a los 126 DDS con 12,047, 9,290 y 9,211 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p < 0.05$).

Los genotipos de trigo Nana, V13, V16 y V7 mostraron en algunas fechas de corte, mayor rendimiento de materia seca en el EIP1 vs EIP2, a pesar de la mayor presencia de heladas (79 contra 72). Posiblemente relacionado a que éstas plantas son más resistentes a las bajas temperaturas y requieren mayor acumulación de horas frío para completar su ciclo fenológico. La línea V13 es la que presentó menor variación en rendimiento de materia seca del ciclo EIP1 al EIP2 (7%) y la máxima acumulación de forraje (12,047 kg MS ha⁻¹). Lo anterior puede deberse a

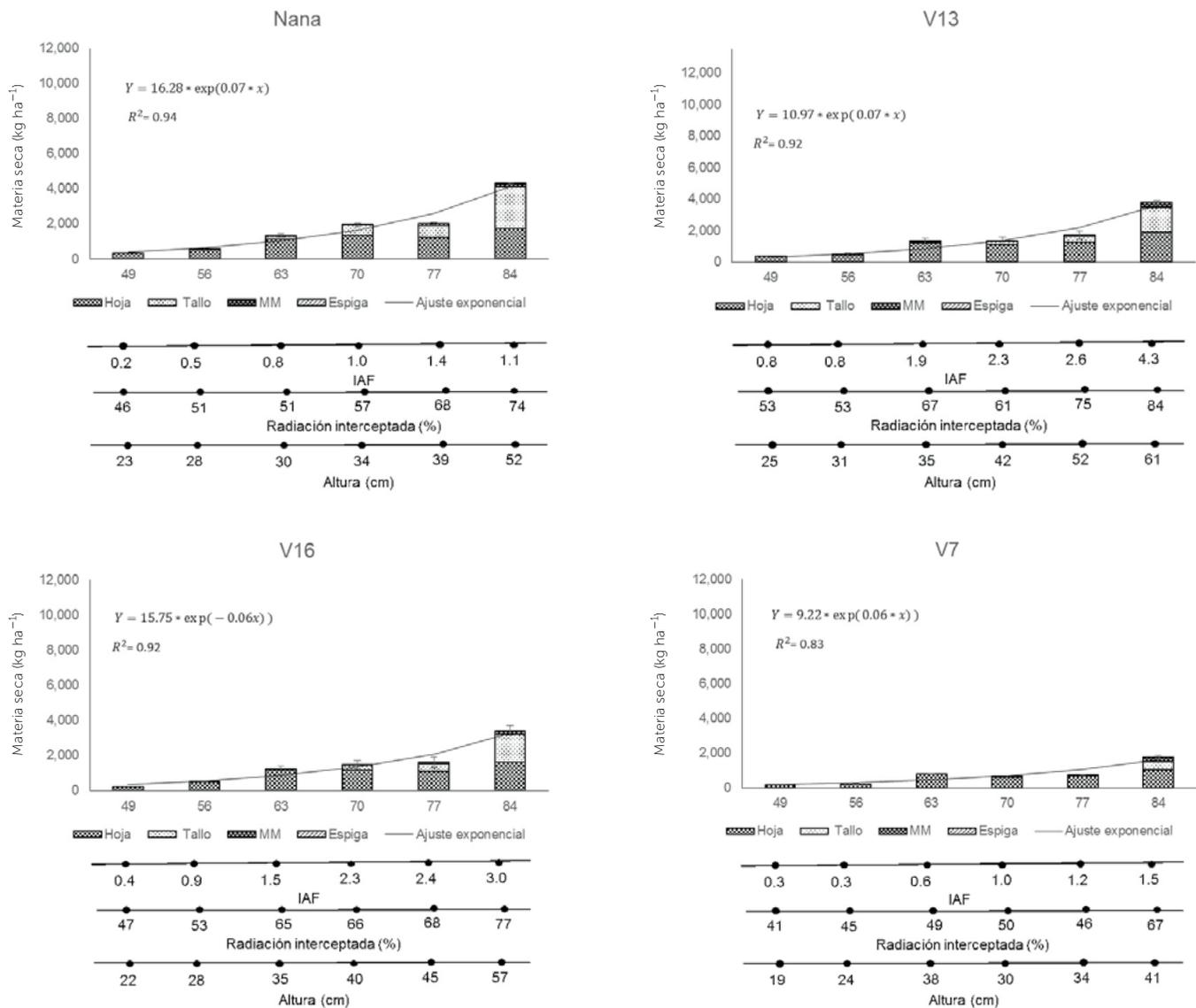


Figura 1. Acumulación de forraje total por componente morfológico, Índice de área foliar (IAF), radiación interceptada (RI) y altura de planta, de los trigos Nana, V13, V16 y V7 a diferentes estados de desarrollo en el ciclo EIP1.

que son genotipos mejor adaptados, que tienen mayor tolerancia al frío. Así mismo, los mayores rendimientos de las líneas V13, V16 y V7 están correlacionados a que son genotipos tardíos, es decir de ciclo biológico más largo en comparación con Nana. Tavella citado por (Morant *et al.*, 2007) menciona que las características más importantes que deberían poseer los trigos forrajeros son poseer un ciclo biológico más largo y estar adaptados a las siembras tempranas, que permitiría disponer de una fase vegetativa más larga para un mayor número de cortes.

Componentes morfológicos

En el EIP1, en relación a los componentes morfológicos, los más altos rendimientos de hoja en combinación con la mayor relación hoja/tallo se encontraron

entre los 63 y 77 DDS con rendimientos promedio de hoja y tallo de 1,225 y 482 kg ha⁻¹ para Nana; 1,202 y 243 kg ha⁻¹ para V13 y 1,158 y 256 kg ha⁻¹ para V16. Mientras que V7 presentó el menor rendimiento con 691 y 25.3 kg ha⁻¹ (Figura 2). En EIP2 el mayor aporte de hojas al rendimiento total y la mejor relación hoja/tallo se encontró para Nana entre los 63 y 70 DDS en el estado de encañe (35, Zadoks) con hoja y tallo de 930 y 387 kg ha⁻¹, respectivamente; para V16 fueron las mismas fechas con 880 y 243.7 kg ha⁻¹ (35, zadocks). V13 fue entre los 70 y 77 DDS con 1,755.6 y 569 kg ha⁻¹ (32, Zadocks) y V7 con 1838 y 567 kg ha⁻¹ (33, zadocks). Así mismo, se observó que en este corte no fueron dañados los puntos de crecimiento por lo que la planta podría rebrotar. Keles *et al.* (2013) al evaluar el rendimiento del rebrote en avena, centeno, trigo, cebada y

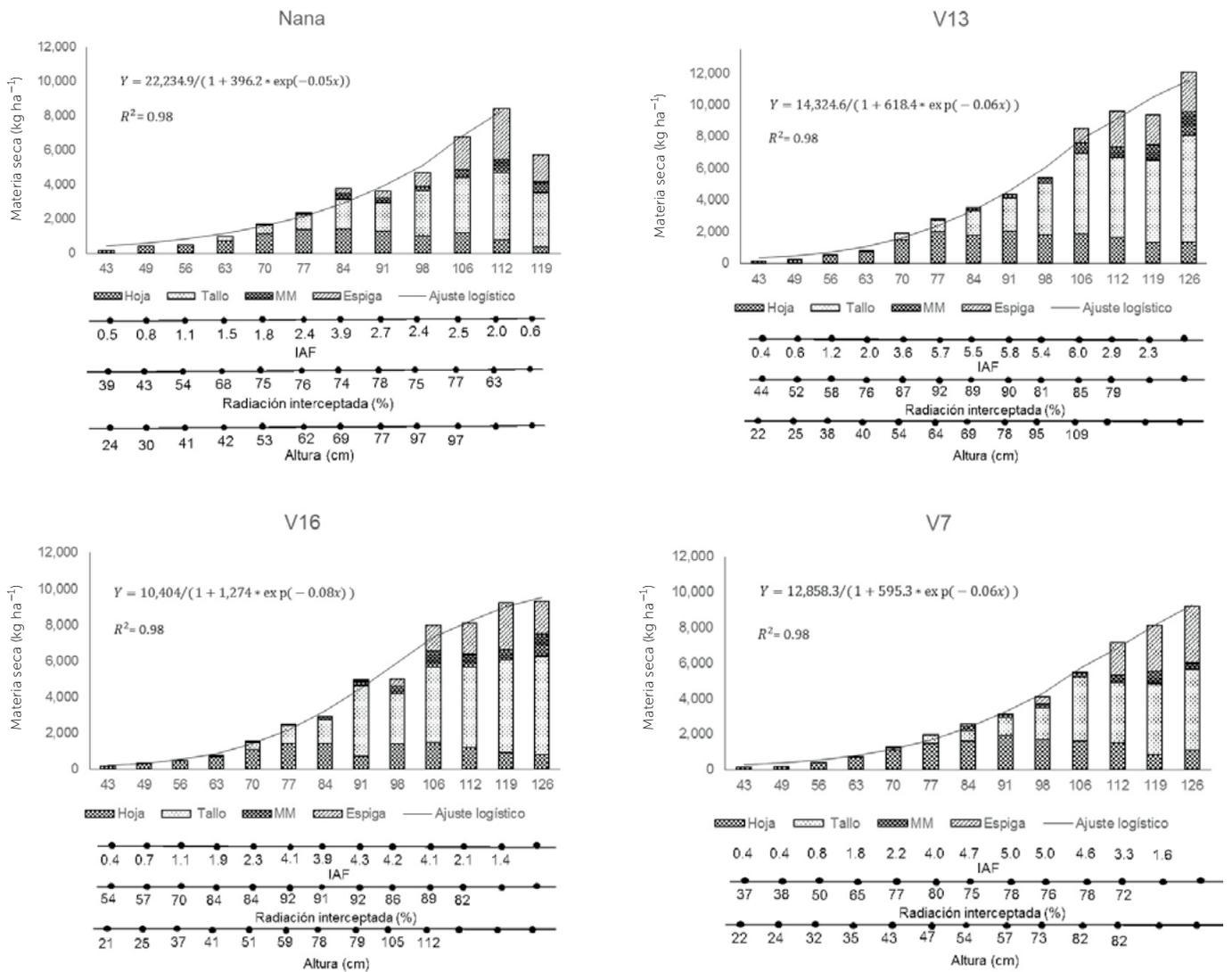


Figura 2. Acumulación de forraje total, Componentes morfológicos, Índice de área foliar (IAF), radiación interceptada (RI) y altura de planta, de los trigos Nana, V13, V16 y V7 a diferentes estados de desarrollo en el ciclo EIP2.

triticale en las etapas de amacollamiento y encañe, reportaron que los cereales de invierno pueden ser pastoreados hasta la etapa encañe, sin causar grandes reducciones en el rendimiento del rebrote y forraje total. Los componentes tallo y material muerto se incrementaron conforme avanzó la edad de las plantas, lo anterior coincide con estudios reportados en la literatura (Pérez-Amaro *et al.*, 2004; Calzada-Marín *et al.*, 2014). La disminución de hojas en los últimos muestreos puede estar relacionado con la edad de las plantas al cumplir su ciclo biológico, además de la muerte de las hojas de los estratos inferiores, porque son sombreadas por las del estrato superior (Chapman y Lemaire, 1993). Mientras que en el caso de las espigas hay un incremento por el llenado de grano que se da por la traslocación de fotosintatos, desde los tallos y las hojas provocando su senescencia y muerte (Juskiw *et al.*, 2000).

IAF, RI y altura

En el experimento EIP1, las variables IAF, RI y altura se incrementaron conforme avanzó la edad de la planta. Los máximos IAF encontrados para Nana fueron de 1.4 (77 DDS), V13 de 4.3 (84 DDS), V16 de 3.0 (84 DDS) y V7 de 1.5 (84 DDS), radiaciones interceptadas de 68, 84, 77 y 67 y alturas de 39, 61, 57 y 41 cm. Sin embargo, se encontró que para este ciclo los más altos rendimiento de hoja y las mejores relaciones hoja/tallo se observaron entre el día 63 y 77 DDS para los genotipos estudiados, y no concuerdan con los máximos índices de área foliar como se reporta para el ciclo EIP2. Lo anterior posiblemente relacionado a que se presentó mayor número de heladas (Cuadro 1).

Las variables IAF, RI y altura en el EIP2, para todos los genotipos, se incrementaron conforme avanzó la edad de

la planta, y después de alcanzar los valores más altos, para el caso de altura, esta se mantuvo estable durante las dos últimas fechas de evaluación, mientras que el IAF y la RI disminuyeron. Los máximos valores de radiación interceptada coinciden con altos valores de IAF; aunque no se encontraron radiaciones del 95% en ninguno de los genotipos evaluados. Las densidades y fechas de siembra afectan el aporte de hojas, tallos, material muerto y espigas al rendimiento total, por lo que posiblemente estas variables, aunado el daño de las bajas temperaturas a las hojas dificultaron al cultivo para alcanzar el 95% de interceptación luminosa (Juskiw *et al.*, 2000).

Los máximos índices de área foliar para V13, V16 y V7 coincidieron con las máximas radiaciones interceptadas para los cortes 77, 84 y 91 DDS. La variedad Nana presentó los más bajos IAF y radiaciones interceptadas, relacionado a que es una variedad especializada para grano, aunque presenta una mayor susceptibilidad a las heladas por ser un cultivo de primavera (Villaseñor-Mir *et al.*, 2003).

En trabajos realizados en pastos tropicales y templados (Da Silva y Hernández, 2010) se ha observado que el punto óptimo de cosecha es cuando las plantas alcanzan 95% de interceptación luminosa y está relacionado con la mayor aportación de hojas al rendimiento. Parsons *et al.* (1988) menciona que el IAF crítico es cuando el 95% de luz incidente es interceptada por el dosel, la tasa media de acumulación de forraje alcanza su máximo, es decir, el equilibrio entre los procesos de máximo crecimiento y senescencia permite mayor acumulación de forraje. Así mismo, de manera práctica se ha relacionado la RI y el IAF con la altura, permitiendo definir fechas óptimas para el corte del forraje, con buena calidad nutricional, además de permitir su rebrote. En éste trabajo en el EIP1, no se registraron las máximas radiaciones interceptadas esperadas, debido al daño del aparato fotosintético por bajas temperaturas y presencia de heladas. Además de que en trabajos posteriores es deseable evaluar densidades y fechas de siembra.

CONCLUSIONES

La variedad con mejor aptitud forrajera y mejor estabilidad en cuanto a rendimiento de un ciclo al otro fue trigo V13, mientras que trigo Nana presentó los menores rendimientos de forraje. Los genotipos de ciclo largo presentan mejor aptitud forrajera en cuanto a rendimiento de materia seca y mayor cantidad de hojas en comparación a variedades precoces. El momento óptimo de corte para forraje en el EIP2 se encontró en

encañe, ya que en este estado de desarrollo es cuando se encontraron los más altos rendimientos de hojas e IAF y hubo coincidencia con las más altas interceptaciones luminosas. La radiación interceptada, el IAF y la altura, pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte para forraje.

LITERATURA CITADA

- Bainotti C.T., Gomes D., Masiero B., Salines J., Frascina J., Bertram N., Navarro C. 2005. Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. Campaña 2005/06.
- Calzada-Marín J.M., Enriquez-Quiroz J.F., Hernández-Garay A., Ortega-Jiménez E., Mendoza-Pedroza S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5: 247-260.
- Chapman D.F., Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*, pp. 95-104.
- Da Silva S., Hernández G., 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En: *Los forrajes y su impacto en el trópico*. Velasco ME editor, Chiapas, México: UNACH.
- García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a ed. Instituto de geografía, UNAM; México pp 21.
- Hernández-Córdova N., Soto Carreño F., Plana Llerena R. 2015. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum L.*) en tres fechas de siembra. *Cultiv. Trop.* 36: 86-92.
- Juskiw P.E., Helm J.H., Salmon D.F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40: 148-158.
- Keles G., Ates S., Coskun B., Koc S. 2013. Re-growth yield and nutritive value of winter cereals, in: *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress*. pp. 15-19.
- Morant A.E., Merchán H.D., Lutz E.E. 2007. Características forrajeras de trigos doble propósito. *Phyton, B. Aires.* 76: 95-102.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de monolitos. Montecillo. Tex. Edo. de Méx. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados.
- Pagliaricci H., González S., Ohanian A., Pereyra T. 2000. Caracterización del crecimiento y la producción de cereales forrajeros invernales en Córdoba, Argentina. *Agric. Téc.* 60: 224-235.
- Pérez-Amaro J.A., Moya E.G., Quiroz J.F.E., Carrillo A.R.Q., Pérez J.P., Garay A.H. 2004. Análisis de crecimiento, Área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria híbrido, cv.*). *Tec. Pecu. Mex.* 42: 447-458.
- Parsons A.J., Penning P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science.* 43: 15-27.
- Sevilla G.A., Pasinato A., García J.M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch Latinoam Anim. Prod.* 9: 91-98.
- Silva S.C., da Nascimento Júnior D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 122-138.
- Villaseñor-Mir H.E., Espitia R.E., Huerta E.J. 2003. El Campo Experimental Valle de México, estratégico en la producción nacional de avena: Historia y aportaciones, in: *60 Años de Investigación en el Campo Experimental Valle de México*. pp. 17-30.
- Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Eucarpia Bull* 1974. 7: 42-52.

TIEMPO Y TEMPERATURA SOBRE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE PROTEÍNA EN HOJAS DE *Moringa oleifera* LAM.

TIME AND TEMPERATURE ON THE LOSS OF MOISTURE AND PROTEIN CONTENT IN *Moringa oleifera* LAM. LEAVES

Quintanilla-Medina, J.J.¹, Garay-Martínez, J.R.¹, Alvarado-Ramírez, E.R.¹, Hernández-Meléndez, J.¹, Mendoza-Pedroza, S.I.², Rojas-García, A.R.³, Joaquín-Cancino, S.^{1*}, Hernández-Garay, A.^{4†}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87149. ²Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor de correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura sobre la pérdida de humedad (PH) y el contenido de proteína cruda (PC) en hojas de *Moringa oleifera* (moringa). Se evaluaron nueve tratamientos obtenidos de la combinación de dos factores de estudio: temperatura (40, 50 y 60 °C) y tiempo (48, 60 y 72 h) de deshidratación en estufas de circulación de aire forzado. En la cuales se introdujeron nueve muestras de moringa (250 g), para posteriormente retirar tres muestras de cada estufa a las 48, 60 y 72 h. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (3×3). El tiempo y temperatura, afectaron ($p \leq 0.05$) positiva y negativamente a la PH y contenido de PC, respectivamente. Todas las combinaciones de tiempo y temperatura permitieron obtener porcentajes de humedad por debajo de 13 %, a excepción de 40 °C por 48 h. Las hojas de moringa presentaron contenidos de PC que oscilaron entre 25.6 y 31.5 %. Cuando la temperatura se incrementó de 40 a 60 °C, la PC se redujo 3.6 % ($p \leq 0.05$); mientras que, al aumentar el tiempo deshidratado de 48 a 72 h, la PC disminuyó 1.9 % ($p \leq 0.05$). Utilizar la temperatura de 40 °C y tiempo de secado de 60 y 72 h permitió conservar mayor contenido de proteína cruda (29 %) en las hojas de moringa.

Palabras clave: Proceso de deshidratación, tratamiento térmico, contenido proteico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of time and temperature on the loss of moisture (ML) and the content of raw protein (RP) in *Moringa oleifera* (moringa) leaves. Nine treatments obtained from the combination of two study factors were evaluated: temperature (40, 50 and 60 °C) and dehydration time (48, 60 and 72 h) in forced air circulation stoves. Nine samples of moringa were introduced (250 g) into these, to later withdraw three samples from each stove at 48, 60 and 72 h. The data were analyzed under a completely random design (CRD) with factorial arrangement (3×3). Time and temperature affected ($p \leq 0.05$) positively and negatively the pH and RP content, respectively. All the combinations of time and temperature allow obtaining moisture percentages under 13 %, except with 40 °C for 48 h. The moringa leaves presented RP contents that ranged between 25.6 and 31.5 %. When the temperature was increased from 40 to 60 °C, the RP decreased 3.6 % ($p \leq 0.05$), while when increasing the dehydrated time from 48 to 72 h, the RP decreased 1.9 % ($p \leq 0.05$). Using the temperature of 40 °C and drying time of 60 and 72 h allowed conserving a higher content of raw protein (29 %) in the moringa leaves.

Keywords: Dehydration process, thermal treatment, protein content.

Una vez deshidratadas las hojas, se muelen y puede obtener harina y de esta manera, prolongar la durabilidad del producto (López, 2016). Moyo *et al.* (2011) refuerzan lo anterior aseverando que, deshidratar las hojas ayuda a concentrar los nutrientes, facilita la conservación y el consumo, ya que permite utilizarla durante el periodo de escases de alimento o facilitar el traslado a lugares donde no se produce. Sin embargo, durante el proceso de deshidratación, puede ocurrir la desnaturalización de la proteína, como consecuencia de la temperatura (Bensaude *et al.*, 1990); lo cual, puede influir en la conservación del forraje. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de proteína cruda en hojas de *Moringa oleifera*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó material vegetal de moringa obtenido de una plantación establecida en la Posta Zootécnica "Ing. Herminio García González" perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), en el municipio de Güémez, Tamaulipas, México, localizado en el km 22.5 de la carretera Nacional Victoria-Monterrey (23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 m). La temperatura ambiental y precipitación pluvial promedio anual es de 22 °C y 700 mm, respectivamente (INEGI, 2015). El suelo es de textura arcillosa (11.3, 23.3 y 65.4%, arena, limo y arcilla, respectivamente), pH de 8.3, sin problemas de salinidad (RAS=0.19), y con una concentración de materia orgánica y nitrógeno de 4.2 y 0.25%, respectivamente (Garay *et al.*, 2017).

INTRODUCCIÓN

El género

Moringa (Moringaceae) agrupa a 13 especies, las cuales, *M. oleifera* y *M. stenopetala* destacan por su importancia económica (Mahmood *et al.*, 2010). Sin embargo, *M. oleifera* comúnmente llamada moringa, es la especie más conocida. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el Noreste de India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán, que ha sido ampliamente distribuido en gran parte del planeta incluyendo América Central (Pérez *et al.*, 2010). Es una planta multipropósito, utilizada principalmente en la industria cosmética, farmacológica, medicinal y sanitaria (Arenales, 1991). No obstante, debido a su alto valor nutritivo, también puede ser utilizada como un recurso forrajero (Melesse *et al.*, 2012; Alvarado *et al.*, 2017). En diversas regiones del trópico existe el interés por encontrar especies arbóreas para incluirlas en la alimentación animal. Este interés ha surgido en gran medida por la necesidad de seleccionar especies como fuente de forraje de alta calidad para períodos prolongados de sequía que tiene efectos adversos en la producción animal en zonas tropicales (Narváez y Lascano, 2004). En este sentido, la moringa es un árbol forrajero que se adapta a suelos ácidos y alcalinos (Duke, 1983). La producción de forraje puede alcanzar 21 t de MS ha⁻¹ y las hojas contienen hasta 27% de proteína cruda (Mendieta-Araica *et al.*, 2013).

La conservación de forraje es una práctica común en lugares donde se presentan sequías por períodos prolongados. En este sentido, es de vital importancia definir un método de conservación, donde se mantengan las propiedades del forraje por más tiempo. Por lo cual, se sugiere la deshidratación para reducir el contenido de humedad a un nivel que limite el crecimiento microbiano y las reacciones químicas (Cuadrado *et al.*, 2003).

Tratamientos, establecimiento y manejo del cultivo

Se evaluaron nueve tratamientos obtenidos de la combinación de dos factores de estudio: tres tiempos (48, 60 y 72 h) y tres temperaturas (40, 50 y 60 °C) de deshidratación en estufas de circulación de aire forzado. La siembra se realizó el 4 de septiembre de 2016, se utilizó semilla botánica y se depositaron dos semillas por sitio a distancias de 0.5 y 0.8 m entre plantas y surcos, respectivamente, el tamaño total del área experimental fue de 1,600 m². Se aplicó una lámina de riego de 25 mm por aspersión a los 15 días después de la siembra (dds). A los 90 días se realizó un corte de uniformidad a 25 cm sobre el nivel del suelo y a los 140 dds se fertilizó con 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Urea, AgriCenter®, México) y se aplicó un segundo riego de auxilio (25 mm). El control de malezas se realizó manualmente.

Muestreos y proceso de secado

El muestreo se realizó a los 126 días posteriores al corte de uniformidad (220 dds). Para ello, se seleccionaron 50 plantas al azar y se cortaron las ramas (rebrote) a partir de los 25 cm sobre el nivel del suelo. El material vegetal obtenido se separó en hojas (hojas compuestas) y tallos; estos últimos se desecharon, y con las hojas se generaron 27 muestras, cada una de 250 g, las cuales se pesaron en una balanza analítica (CQT 2601, ADAM®, USA), se depositaron en bolsas de polietileno transparente (Ziploc®, SC Johnson, México) de 26.8x27.3 cm, se etiquetaron y se colocaron en un recipiente con hielo (Hielera Coleman M5248A718G) para disminuir la respiración celular durante su traslado al laboratorio. Para el proceso de deshidratación, las muestras contenidas en bolsas Ziploc se trasladaron a la Central Integral de Laboratorios de la FIC (UAT) y de cada una se extrajeron las hojas y se depositaron en bolsas de papel tipo kraft de 18x35 cm. Se utilizaron tres estufas de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) programadas a 40, 50 y 60 °C. Dentro de cada una, se colocaron nueve muestras, que posteriormente se retiraron (tres muestras) a las 48, 60 y 72 h, y se pesaron nuevamente para determinar la pérdida de humedad de cada tratamiento. Después del secado, las muestras se molieron utilizando una malla con tamaño de poro de 2 mm en un molino Thomas-Wiley (3375-E15, Thomas Scientific, USA). Posteriormente, se determinó el contenido de nitrógeno con la técnica Kjeldahl (AOAC, 1990) y se multiplico por 6.25 para obtener los valores de proteína cruda (PC).

Se determinó la pérdida de humedad (PH, %), humedad residual (HR, %), materia seca (MS, %) y contenido de proteína cruda (PC, %). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (2002), en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, con arreglo factorial AxB; donde el factor A correspondió al tiempo (48, 60 y 72 h) y el factor B a la temperatura (40, 50 y 60 °C). Cuando se encontró diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Además, se aplicó el procedimiento REG (SAS, 2002), para el análisis de regresión simple de entre el tiempo de secado y la pérdida de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de humedad y humedad residual de la muestra
No se encontró diferencia estadística ($p \geq 0.05$), para el contenido de materia seca en las hojas de moringa, que en promedio fue de 21%. Se observó que, a 40 °C, independientemente del tiempo de secado, se presentó humedad residual (HR) en las hojas de moringa; y a las 48 h se registró el mayor valor (18.0%; $p \leq 0.05$), seguido de 60 y 72 h, que fueron similares (12.5%; $p \geq 0.05$; Figura 1). Cuando las hojas se sometieron a 50 °C, a 48 y 60 h, los valores de HR fueron de 14% y 9%, respectivamente. En contraste, a 60 °C en los tres tiempos de secado (48, 60 y 72 h), la pérdida de humedad fue similar, ya que se eliminó en su totalidad (Figura 1).

Con el análisis de regresión simple se observó que la pérdida de humedad incrementó al aumentar el tiempo y la temperatura (Figura 2). La dinámica de la PH fue diferente entre las temperaturas evaluadas. Cuando las muestras se sometieron a 40 °C, de 48 a 72 h, perdieron 0.25% de humedad por cada hora transcurrida. Por otra parte, cuando se expusieron a 50 °C durante el mismo

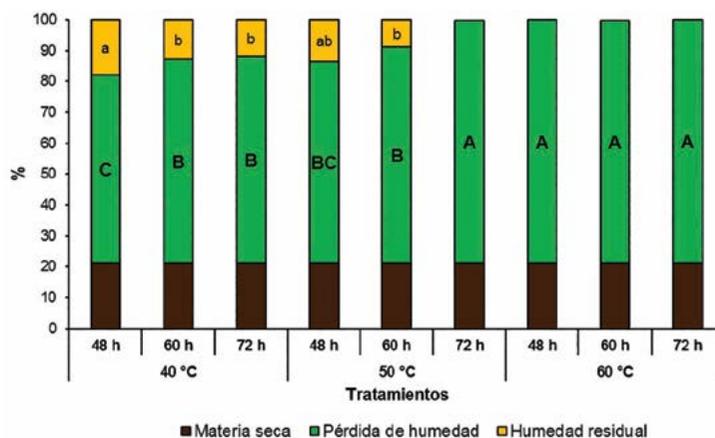


Figura 1. Contenido de materia seca y humedad (pérdida y residual) en hojas de *M. oleifera* a diferente tiempo y temperatura.

periodo de tiempo, la PH fue mayor que a los 40 °C, con 0.55 % h⁻¹. La menor tasa de PH se observó cuando las hojas se secaron a 60 °C (0.03 % h⁻¹); ya que, a partir de las 48 h se eliminó todo el contenido de humedad (Figura 2).

En un estudio realizado en hojas de moringa extendidas en charolas, López (2016) registró que a partir de las 19 h se estabiliza la pérdida de humedad y posterior a ese tiempo, las muestras perdieron 0.05 %. Sin embargo, en este estudio la estabilidad en la PH se observó a las 72 h a 50 °C y a partir de las 48 h a 60 °C. Lo anterior podría deberse a que, en este estudio, las muestras se colocaron en bolsas, lo cual retardó el tiempo en el proceso de secado; ya que la transferencia de calor se da de la superficie hacia el centro, mientras que la dinámica de la humedad interna es en sentido contrario (Tinoco y Ospina, 2010; Moraga et al., 2011).

En esta investigación se encontró que la temperatura tuvo mayor influencia en la deshidratación, que el tiempo de exposición. Esto concuerda con Pineda-Castro et al. (2009), quienes al evaluar la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*), concluyeron que la temperatura es la variable más influyente, seguida de la velocidad y humedad del aire. Así mismo, al deshidratar las hojas, la temperatura tiene efecto significativo en su colo-

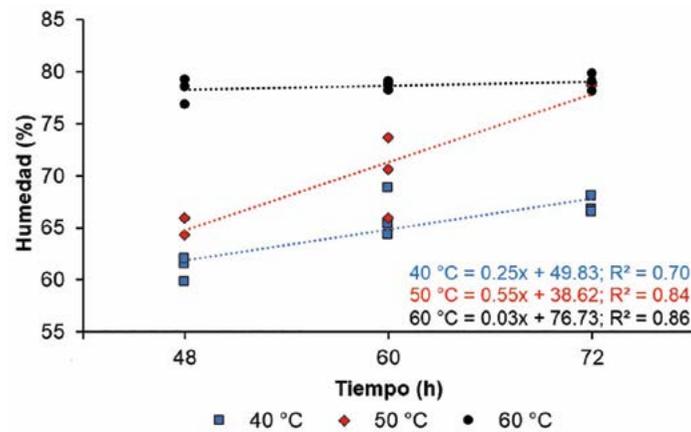


Figura 2. Pérdida de humedad en hojas de *M. oleifera* en función del tiempo y temperatura.

ración, ya que cuando es superior a 50 °C, se presentan tonalidades de amarillo a verde olivo, por lo cual, se recomienda la deshidratación entre 40 y 50 °C para mantener la coloración verde (García, 2014; López, 2016).

Se ha mencionado que, para la conservación de forraje (henificado), debe contener menos del 15% de humedad, para evitar disminución en la calidad, debido a la pérdida de nutrientes por fermentación o enmohecimiento (Cuadrado et al., 2003). En este sentido, a excepción de 40 °C por 48 h (18% de humedad), todas las combinaciones de tiempo y temperatura permitieron obtener porcentajes de humedad inferiores a lo recomendado para evitar la proliferación de hongos.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda en hojas de *M. oleifera* en función de la temperatura y tiempo de secado.

Tiempo (h)	Temperatura (°C)			Promedio
	40	50	60	
48	31.5 a	29.2 a	26.6 a	29.1 a
60	28.9 b	28.5 a	26.7 a	28.0 b
72	29.2 b	26.7 b	25.6 a	27.2 c
Promedio	29.9 A	28.2 AB	26.3 B	

Literales diferentes entre filas (a, b, c) y columnas (A, B), indican diferencia estadística significativa (Tukey; p ≤ 0.05).

Contenido de proteína (PC)

Los contenidos de PC en las hojas de moringa oscilaron entre 25.6% y 31.5%. Se observó que, al aumentar la temperatura y tiempo de secado, el contenido de PC disminuyó significativamente (p ≤ 0.05). En este sentido, cuando la temperatura se aumentó de 40 a 60 °C, el contenido

de PC se redujo 3.6%. Cuando se aumentó el tiempo de deshidratado de 48 a 72 h, la PC disminuyó 1.9%. La temperatura tuvo mayor efecto en la disminución de la PC, ya que ésta se redujo 0.18 % por cada °C que se aumentó; mientras que por cada hora que se mantuvieron las muestras en la estufa, la PC disminuyó 0.07 % (Cuadro 1).

Se ha reportado que la proteína cruda total disminuye cuando existe un calentamiento del forraje (Lemus, 2009); lo cual fue evidenciado en esta investigación, con la disminución de cinco puntos porcentuales en el contenido de PC, cuando la temperatura incrementó de 40 a 60 °C. En este sentido, al deshidratar hojas de moringa expuestas al sol (mayor temperatura) se obtienen contenidos de PC de 24.4% (Bhowmik et al., 2008); mientras que al deshidratarlas bajo sombra (menor temperatura), se obtiene valores de 30.3 % (Moyo et al., 2011).

CONCLUSIONES

El incremento de la temperatura y tiempo fueron factores deter-

minantes en la pérdida de humedad en las hojas de moringa. Las combinaciones de tiempo (48, 60, 72 h) y temperatura (40, 50 y 60 °C) utilizadas en muestras de hojas de 250 g, permitieron obtener humedad residual por debajo del 13%, a excepción de la combinación 40 °C por 48 h. Utilizar la temperatura de 40 °C y tiempo de secado de 60 y 72 h permitió conservar mayor contenido de proteína cruda.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Ramírez E. R., Joaquín-Cancino S., Estrada-Drouaillet B., Martínez-González J. C., Hernández-Meléndez J. 2018. *Moringa oleifera* Lam.: Una alternativa forrajera en la producción pecuaria en México. *Agroproductividad* 11(2): 106-110.
- Arenales B. 1991. Efecto de las suspensiones de semillas de *Moringa oleifera* Lam. sobre la coagulación de aguas turbias naturales. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos. Guatemala. 74 p.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Ed. Agricultural Chemicals. USA. 684 p.
- Bensaude O., Pinto M., Dubois M. F., Van Trung N., Morange M. 1990. Protein denaturation during heat shock and related stress. *In*: Schlesinger M. J., Santoro M. G., Garaci E. (Eds.) *Stress proteins*. Ed. Springer, Berlin, Heidelberg. USA. pp: 89-99.
- Bhowmik S., Chowdhury S. D., Kabir M. H., Ali M. A. 2008. Chemical composition of some medicinal plant products of indigenous origin. *The Ban gladesh Veterinarian* 25: 32-39.
- Cuadrado H., Mejía S., Contreras A., Romero A., García J. 2003. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la Región Caribe Colombiana. Ed. EDITORIAL SIGLO 21. Colombia. 52 p.
- Duke J. A. 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Center for new crops and plant products. Purdue University, Indiana, US. En línea: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html.
- Garay J. R., Joaquín S., Estrada B., Martínez J. C., Hernández J., Limas A. G., Ruíz S. 2017. Rendimiento de forraje de *Pennisetum ciliare* cv. H-17 a tres edades de rebrote en Güémez, Tamaulipas, México. En: Yamasaki A., Yamasaki L., Yong G., Macias G. P., León H., Pérez E. J., Sánchez J. (Eds). Ed. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH, México. pp: 470-475.
- García F. J. 2014. Evaluación de los efectos del proceso de secado sobre la calidad de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) y la Hierbabuena (*Mentha spicata*). Ed. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 104 p.
- INEGI. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2015. Ed. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 521 p.
- Lemus R. 2009. Hay storage: Dry matter losses and quality changes. Ed. Mississippi State University. EUA. 8 p.
- López M.R.L. 2016. Curvas de secado y su relación a características sensoriales, composición química y uso energético de follaje de *Moringa oleifera* Lam. Ed. Universidad Nacional Agraria-Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Nicaragua. 70 p.
- Mahmood K.T., Mugal T., Haq I. U. 2010. *Moringa oleifera*: A natural gift - A review. *Journal of Pharmaceutical Science and Research* 2: 775-781.
- Melesse A., Steingass H., Boguhn J., Schollenberger M., Rodehutschord M. 2012. Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera*. *Agroforestry Systems* 86: 505-518.
- Mendieta-Araica B., Spöndly E., Reyes-Sánchez N., Salmerón-Miranda F., Halling M. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforestry Systems* 87(1): 81-92.
- Moraga N.O., Zambra C.E., Torres P.B., Lemus-Mondaca R.A. 2011. Modelado de dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa en procesos agroalimentarios por método de volúmenes finitos. *DYNA* 78(169): 140-149.
- Moyo B., Masika P.J., Hugo A., Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology* 10(60): 12925-12933.
- Narváez N., Lascano C.E. 2004. Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Tropicales* 26:1-8.
- Pérez A., Sánchez T., Armengol N., Reyes F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33(4): 1-16.
- Pineda-Castro M.L., Chacón-Villalobos A., Cordero-Gamboa G. 2009. Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana* 20(2):275-283.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. The SAS System Release 9.0 for Windows. SAS Institute.
- Tinoco H. A., Ospina D.Y. 2010. Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista EIA*. 13:53-63.

COMPORTAMIENTO DE COMPONENTES AGRONÓMICOS Y SU PRODUCTIVIDAD EN HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.)

BEHAVIOR OF AGRONOMIC COMPONENTS AND THEIR PRODUCTIVITY IN TRILINEAR HYBRIDS OF FODDER MAIZE (*Zea mays* L.)

Rivas-Jacobo, M.A.¹, Carballo-Carballo, A.², Quero-Carrillo, A.R.², Hernández-Garay, A.^{2†}, Rojas-García, A.R.³, Mendoza-Pedroza, S.I.^{4*}

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Carretera San Luis Potosí-Matehuala Km 14.5. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. marco.rivas@uaslp.mx, ²Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km 36.5 de la Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero. ⁴Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 36.5 de la Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, México.

*Autor para correspondencia: simpedroza@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el rendimiento de semilla y sus componentes de 12 genotipos de maíz híbridos (*Zea mays* L.) de cruza simple considerando atributos forrajeros. La siembra se realizó de acuerdo a los días a floración del progenitor macho y de las 12 hembras; la relación hembra:macho fue de 8:2; se depositó una semilla cada 25 cm en surcos a 80 cm (50000 plantas ha⁻¹). Se fertilizó con 160N-60P-40K. Se midió Mazorcas por Planta (MPP), Hileras por Mazorca (HPM), Granos por Hilera (GPH), Largo de Mazorca (LMZ), Diámetro de Mazorca (DMZ), Porcentaje de Granos No Formados (PGNF), Rendimiento de Semilla (RS) y Altura de Planta (AP). Las cruza simples CL12×CL11 y CL4×CL1, presentaron valores más altos de AP, MPP y RS. Las variedades con mayor AP presentaron mayor RS y MPP, y menor PGNF; Los surcos hembra más alejados a la fuente polinizadora presentaron mayor RS y MPP. Existe alta correlación positiva entre LMZ y GPH, entre DMZ y HPM, y para GPH y el PGNF correlación negativa.

Palabras clave: Forrajes, producción de semilla, componentes del rendimiento, híbridos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the seed yield and its components of 12 genotypes of simple-cross hybrid maize (*Zea mays* L.), taking into account fodder traits. The sowing was carried out according to the days of flowering of the male parent and of the 12 females; the female:male rate was 8:2; a seed was deposited every 25 m in furrows at 80 cm (50000 plants ha⁻¹). Fertilization of 160N-60P-40K was applied. The following were measured: cobs per plant (CPP), lines per cob (LPC), grains per line (GPL), length of cob (LC), diameter of cob (DC), percentage of non-formed grains (PDFG), seed yield (SY), and plant height (PH). The simple crosses, CL12×CL11 and CL4×CL1, presented higher values of PH, CPP and SY. The varieties with higher PH presented higher SY and CPP, and lower PDFG. The female furrows furthest from the pollinizing source presented higher SY and CPP. There is a high positive correlation between LPC and GPL, between DC and LPC, and for GPL and PDFG a negative correlation.

Keywords: Fodder, seed production, components of the yield, hybrids.

INTRODUCCIÓN

EL CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) y el INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por más de 40 años han producido semillas mejoradas de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), que han sido adoptadas por agricultores en las zonas tropicales (Luna-Mena *et al.*, 2012). En total la superficie sembrada con semilla mejorada es de 2.7 millones de hectáreas de un total de 6.1 millones en la producción de temporal en México (Donnet *et al.*, 2015), por lo que se tiene conocimiento que existe necesidad de aumentar en una escala considerable la producción de semilla de maíz para que alcance a la mayoría de los agricultores de temporal (Donnet *et al.*, 2012), y de acuerdo a los datos el 44% de la superficie de temporal utiliza semilla mejorada. Dentro de las variedades utilizadas el maíz forrajero en México es muy importante en la producción de leche de bovinos, ya que éste es uno de los insumos principales para la producción. El cual tiene una demanda a sembrar de 434,161 ha con

un rendimiento de 14.9 t ha⁻¹ de forraje verde (FV) bajo temporal, y en riego 838 ha con 47.7 t ha⁻¹ de FV (SIAP, 2013), rendimientos considerados bajos, lo que hace un cultivo caro, donde influye en gran medida la variedad de maíz utilizada. Se tiene conocimiento que no se cuenta con variedades especializadas para la producción de forraje, ya que normalmente se utilizan variedades mejoradas de doble propósito o criollos que tengan porte alto. De tal forma, que al generar variedades y evaluar su producción de semillas con fines forrajeros se deben considerar caracteres que tengan influencia en mejorar el rendimiento de FV, además de considerar su calidad.

El estudio de los caracteres agronómicos del rendimiento de semilla de maíz toma importancia en la evaluación de híbridos, hembras de cruza simples y líneas endogámicas, ya que esto permite identificar a los que tienen mayor influencia en la mejor expresión del rendimiento de semilla, de tal forma que los progenitores sean seleccionados con bastante acierto en un programa de producción de semillas para un tal fin, como la producción de forraje o rendimiento de grano. Tal es, el caso de una investigación realizada por Wong *et al.* (2007) quienes observaron que para la cruza 1×16 el rendimiento dependió del número de granos por hilera y del peso de mil semillas, mientras que para la cruza 5×17 fue la longitud de mazorca y granos por hilera, en tanto que para la cruza 6×12 dependió principalmente del número de hileras por mazorca y el peso de mil semillas. La altura y distancia de las plantas es importante considerarla como Sauthier y Castaño (2004) observaron que el número promedio de granos por mazorca disminuyó a medida que aumentaba la distancia entre la fuente polinizadora y la receptora. También es de destacar que la producción de maíces forrajeros ha tomado mayor importancia por la necesidad de abaratar los costos de producción en la alimentación animal, ya que los bovinos productores de leche demandan grandes cantidades de maíz ensilado como suplemento (Bargo *et al.*, 2003). Hay pocos estudios en la formación de híbridos especializados para forraje para ofrecer al ganadero una variedad más rendidora y de mayor calidad, así como escasos o nulos en estudios de producción de semillas para los maíces forrajeros, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de semilla y su relación con los caracteres de la planta y mazorca de 12 genotipos de *Zea mays* híbridos de cruza simple considerando atributos forrajeros.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México (19° 29' N y 98° 53' O, a 2250 m de altitud). El clima es templado sub-húmedo, con verano fresco largo, lluvias en verano y precipitación promedio anual de 645 mm; temperatura media anual de 15 °C, que corresponde a una fórmula climática $Cb(w)(w)(i')$ (García, 1988). Se utilizaron como hembras 12 cruza simples con diferente precocidad, altura y estructura de planta, y una línea sobresaliente por su fenotipo ajustado a lo deseable desde el punto de vista forrajero como el progenitor masculino (Cuadro 1); materiales que pertenecen al Área de Mejoramiento y Control de la Calidad Genética del Colegio de Postgraduados; salvo CMS929001, liberada por el CIMMYT.

La siembra se realizó en un lote aislado por tiempo, entre el 17 de mayo y el 8 de junio de 2006 de acuerdo a los días a floración del macho y de cada una de las hembras (Cuadro 1); la relación hembra:macho utilizada fue de 8:2; se depositó una semilla por golpe cada 25 cm en surcos separados a 80 cm (50000 plantas ha^{-1}). Se fertilizó con una dosis de 160N-60P-00K. Se aplicó herbicida preemergente Primagram® (2 kg ha^{-1}) en dos ocasiones. Se aplicaron dos riegos ligeros para la emergencia; se suspendieron los riegos cuando se establecieron las lluvias. Se realizó escarda y aporque con tractor durante el ciclo del cultivo. El desespigue en los surcos hembras se realizó en forma manual, cuando inició la aparición de la inflorescencia masculina y previa a la liberación de polen. La cosecha se realizó cuando el grano llegó a la madurez fisiológica, considerando como indicador la aparición de la capa negra del grano de la mazorca.

Las variables estudiadas fueron: 1) mazorcas por planta (MPP), de cada surco se seleccionaron tres plantas al azar con competencia completa (24 plantas por parcela); éstas 24 mazorcas representaron la muestra para la caracterización de las mismas; 2) hileras por mazorca (HPM), se contó el número

de hileras en la parte central de la mazorca; 3) granos por hilera (GPH), se contó el número de granos que presentaba una hilera de la mazorca; 4) largo de mazorca (LMZ), con ayuda de un aditamento en forma de escuadra elaborado con madera, se midió la longitud (cm) tomando en cuenta desde la base hasta la punta de la mazorca; 5) diámetro de mazorca (DMZ); se midió el diámetro de cada mazorca en la parte central (mm) con ayuda de un vernier digital; 6) punta podrida (PP), de todas las mazorcas muestreadas en las variables anteriores, se midió el largo de la punta que presentaba pudrición y se dividió entre el largo total de la mazorca para obtener el % de pudrición. Para facilitar el análisis estadístico se asignaron valores a una escala de 1 al 5 (1=1 a 10%, 2=11 a 20%, 3=21 a 30%, 4=31 a 50% y 5≥51%); 7) rendimiento de semilla (RS), para esta variable se consideraron las 24 mazorcas de la muestra, las cuales se desgranaron eliminando la semilla de las puntas y se pesó la semilla obtenida y se hicieron conversiones con el número de plantas de cada parcela; y 8)

Cuadro 1. Programa de la siembra diferencial de cruza simple hembra y la línea macho de *Zea mays* L. Tratamientos resultantes de las cruza.

Mes	día	Sexo	Material	Genealogía	Tratamiento
Mayo	16	Macho	36 #		
Mayo	17	Hembra	6×5	CL22×CL23	GENOTIPO1
Mayo	22	Hembra	16×15	CL12×CL13	GENOTIPO2
Mayo	22	Hembra	14×13	CL13×CL1	GENOTIPO3
Mayo	22	Hembra	8×7	CL21×CL13	GENOTIPO4
Mayo	27	Hembra	Lote 1 Hembra	CL11×CL12	GENOTIPO5
Mayo	27	Hembra	Lote 2 Hembra	CL4×CL1	GENOTIPO6
Mayo	29	Hembra	26×25	AE5/F2-54-7×1920F2F46-10-3-7	GENOTIPO7
Mayo	29	Hembra	2×1	CML-241-2×1920F2F46-10-3-2	GENOTIPO8
Junio	1	Hembra	28×27	AE5/F2-54-7×(56-1×KKUA) -1-20	GENOTIPO9
Junio	8	Hembra	BA-04 2190	1112F2FHC-4-5-2×1920F2F46-10-3-2	GENOTIPO10
Junio	8	Hembra	BA-01 2143	CMS 929001	GENOTIPO11
Junio	8	Hembra	34×33	1112F2FHC-4-5-2×1920F2F46-10-3-2	GENOTIPO12

altura de planta (AP), en las tres plantas seleccionadas por surco, con ayuda de una cinta métrica se midió (cm) la altura de la planta desde la base de la espiga a la base del tallo.

Para el análisis de varianza de las variables estudiadas se utilizó el modelo estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para las variables en las que hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, se realizaron pruebas comparativas de medias, mediante Tukey al 0.05. Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa SAS Ver. 9.1 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mazorcas por planta (MPP)

En MPP hubo diferencias significativas ($P < 0.05$), siendo los genotipos 1 y 2 presentaron los valores más altos con 1.72 mazorcas por planta; siguieron los genotipos 6, 10 y 9 con 1.56, 1.55 y 1.53, respectivamente. Los genotipos que presentaron los menores valores fueron 3, 4, 11 y 12 con los valores 1.02, 1.05, 1.05 y 1.16, respectivamente (Cuadro 2). Los datos obtenidos en el presente estudio fueron menores a los mostrados por Rojas (2006) para el híbrido H-48 que presentó 2.3 mazorcas por plantas; sin embargo, fueron superiores a los de los híbridos SB-102, H-40, H-33 y al Criollo de San José Nanacamilpa, Tlaxcala, México, con 1.1, 1.1, 1.0 y 0.6, respectivamente. Rojas (2007), observó que todos los materiales presentaron en general, menor número de mazorcas por planta (rango de 1.0 a 0.7) que las de éste estudio. Los datos obtenidos muestran que los genotipos 1 y 2 pueden ser considerados en mayor grado para programas de producción de semillas de maíces forrajeros para Valles Altos, sin descartar a los genotipos 6, 9 y 10 por sus bondades cuantitativas en cuanto a número de mazorcas por planta, cualidad de alta consideración para la selección de maíces forrajeros (Bertoia, 2004); además de que la variable mazorcas por plantas muestra 0.43 de correlación positiva con el rendimiento de grano y tiene una índice de heredabilidad aceptable del 39% (Hallauer y Miranda, 1981).

Hileras por mazorca (HPM)

Se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para HPM, donde los genotipos 5, 12 y 1, presentaron los valores máximos con 18.23, 17.73 y 17.63 hileras, y con los valores menores, los genotipos 7, 8, 10 y 3 con 14.0, 14.38, 14.52 y 14.63, respectivamente (Cuadro 2). La HPM obtenido en este estudio se encuentra dentro del rango

de valores reportados por Wong *et al.* (2007), los cuales fluctuaron entre 14 a 20 para un grupo de 15 de cruza simples sobresalientes; Rojas (2007) observó valores de 16, 15, 15 y 14 hileras en los híbridos H-40, SB-102, H-48 y el Criollo de San Nicolás Panotla, Tlaxcala, México, respectivamente; así como Espinosa-Calderon *et al.* (2009) obtuvieron valores de 15 HPM en los híbridos Puma 1076 y H-48, valores menores a los observados para los tratamientos 5, 12, 1 y 2 evaluados en esta investigación, y Cervantes *et al.* (2014) obtuvo valores de 12.71, 13.42, 14.17 y 14.62 HPM de las variedades H374c, 30P16, Mestizo y Cimarrón, respectivamente; aspectos que proporcionan valor a estas variedades para su uso en programas de producción de semillas, ya que esta variable muestra 57% de índice de heredabilidad y 0.24 de correlación positiva con el rendimiento de grano (Hallauer y Miranda, 1981).

Granos por hilera (GPH)

Para la variable GPH, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$). Los genotipos 8, 10 y 6 fueron los que presentaron los valores máximos (37.22, 37.0 y 36.84, respectivamente); mientras que 3, 7 y 1 mostraron los valores menores con 30.39, 31.41 y 31.90, respectivamente (Cuadro 2).

Los valores de GPH obtenidos en esta investigación, fueron similares a los observados por Wong *et al.* (2007), con valores que variaron de 28.4 a 37.4 para un grupo de 15 cruza simples sobresalientes y que el número de granos por hilera influyó en el rendimiento de semilla, aspecto que no fue tan marcado en esta investigación. Cervantes *et al.* (2014) obtuvo valores similares de GPH con 30.42, 31.58, 31.87 y 37.84 para las variedades Mestizo, 30P16, Cimarrón y H374c, respectivamente. Mientras que Espinosa-Calderón *et al.* (2009) obtuvieron valores más bajos con 28 y 26 para los híbridos Puma 1076 y H-48, respectivamente; en cambio Rojas (2007), observó valores mucho menores para las variedades H-48 (28 granos), H-40 (25), SB-102 (24) y Criollo de San Nicolás Panotla, Tlaxcala, México (23 granos).

Largo de mazorca (LMZ)

La variable LMZ mostró diferencias significativas ($P < 0.05$), y los valores máximos correspondieron a los genotipos 10, 5, 6 y 8 con 17.97, 17.58, 17.24 y 17.16 cm de largo, respectivamente. El genotipo 11 mostró el menor valor con 14.74 cm (Cuadro 2). Los datos obtenidos fueron similares a los mostrados por Wong *et al.* (2007), quienes

mencionan que en su investigación la longitud de mazorca varió de 14.2 a 17.6 cm para un grupo de 15 cruza simples sobresalientes, indicando también que el número de granos por hilera dependió de la longitud de la mazorca, al igual que lo obtenido en esta investigación ($r=0.7184$). Espinosa-Calderón *et al.* (2009) obtuvieron valores más bajos con 14.8 y 13.8 para los híbridos Puma 1076 y H-48 y Rojas (2007) obtuvo valores de largo de mazorca de 12.3, 11.9, 11.9 y 10.0 cm para los híbridos H-40, SB-109, H-48 y el Criollo de San Nicolás Panotla, respectivamente.

Diámetro de mazorca (DMZ)

El DMZ mostró diferencias estadísticas entre genotipos ($P<0.05$), y fue el genotipo 5 quien registró el valor máximo con 51.09 mm; y el menor

valor fue para el genotipo 7 con 46.89 (Cuadro 2). Los valores del DMZ observados en el presente estudio son similares a los obtenidos por Espinosa-Calderón *et al.* (2009) quienes observaron valores de 47.0 y 46.0 mm para los híbridos Puma 1076 y H-48, respectivamente; aunque mayores a los obtenidos por Wong *et al.* (2007), quienes reportaron 43 a 48 mm para un grupo de 15 de cruza simples sobresalientes. Rojas (2007) observó diámetros de mazorca de 48, 46, 45 y 42 para los híbridos H-40, H-48, Criollo local y SB-102, respectivamente. En este sentido las variedades 5, 12, y 8 mostraron ventajas en diámetro comparados con los resultados de los híbridos comerciales, por lo que podrían considerarse en programas de producción de semillas tomando en cuenta la importancia de esta variable sobre el rendimiento de grano, al presentar una correlación positiva de 0.41 (Hallauer y Miranda, 1981).

Rendimiento de semilla (RS)

El RS mostró diferencias estadísticas ($P<0.05$), y fue el genotipo 2 el que mostró mayor valor con 251.45 g planta⁻¹, y el genotipo 7 mostró el menor valor con 118 (Cuadro 2). El rendimiento potencial de semilla para los genotipos 1 y 2 fue de 7.54 y 12.57 t ha⁻¹, respectivamente, si se considera la población de 50,000 plantas ha⁻¹. Los resultados obtenidos en éste estudio son superiores a lo obtenido por Wong *et al.* (2007), ya que lograron rendimientos de 7.9 a 9.6 t ha⁻¹ en cruza simples. Mientras que Cervantes *et al.* (2014) obtuvo valores de RS de 6.77, 7.06, 7.70 y 9.34 ha⁻¹.

Cuadro 2. Comparación de medias de caracteres agronómicos de 12 hembras cruza simples de maíz evaluadas en la producción de semilla en una relación 8:2 cruzadas con un macho de porte alto. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2006.

Carateres							
GEN	MPP	HPM	GPH	LMZ	DMZ	RS	AP
				(cm)	(mm)	(G/PL)	(cm)
1	1,72 a	17,63 ab	31,90 ef	15,26 de	46,37 cde	237,53 ab	238,41 a
2	1,72 a	16,81 bc	34,74 cd	15,85 cd	46,19 de	251,45 a	236,52 a
3	1,02 e	14,63 e	30,39 f	15,90 cd	46,77 cd	163,67 dc	167,32 cd
4	1,05 e	15,54 d	33,25 de	16,09 cd	46,19 de	150,76 de	145,30 e
5	1,27 cd	18,23 a	34,51 d	17,58 a	51,09 a	190,88 dc	173,31 c
6	1,56 ab	15,58 d	36,84 abc	17,24 ab	46,89 cd	204,71 bc	160,67 d
7	1,38 bc	14,00 e	31,41 ef	15,36 de	46,89 f	118,53 e	90,54 f
8	1,45 bc	14,38 e	37,22 a	17,16 ab	49,10 b	205,50 bc	162,22 d
9	1,53 ab	16,54 c	34,16 d	16,42 bc	46,21 de	185,54 dc	190,66 b
10	1,55 ab	14,52 e	37,00 ab	17,97 a	45,07 ef	191,86 dc	189,65 b
11	1,05 e	16,73 c	33,03 de	14,74 e	47,75 bc	171,18 dc	147,91 e
12	1,16 de	17,73 a	35,03 bcd	15,51 de	49,11 b	195,28 bc	174,21 c
Media	1,37	16,02	34,12	16,26	47,05	188,91	173,06
DMS	0,202	0,892	21,38	0,864	15,48	44,47	88,56
SIG	**	**	**	**	**	**	**

GEN=Genotipo; MPP=mazorcas por planta; HPM=hileras por mazorca; GPH=granos por hilera; LMZ=largo de mazorca; DMZ=Diámetro de mazorca; RS=rendimiento de semilla; PGNF=porcentaje de granos no formados; AP=altura de planta; DMS=diferencia mínima significativa; SIG=significancia; **=altamente significativo al 0.01%,*=Significativo al 0.05%, NS=no significativo.

En este mismo sentido, Cervantes *et al.* (1990) obtuvieron 4.18 t ha⁻¹ para la relación 4:1; cantidad inferior a los obtenidos en esta investigación. En otro estudio Tadeo-Robledo *et al.* (2007) el evaluar el rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles provenientes del CIMMYT, observaron rendimientos de semilla de 5680 y 3997 kg ha⁻¹, valores menores a los obtenidos en ésta investigación. Virgen-Vargas *et al.* (2016), reportaron valores de 1.9 t, lo que pone de manifiesto la búsqueda de mejores alternativas y técnicas para mejorar la producción de semillas de maíz en México.

Altura de planta (AP)

La AP mostró diferencias significativas (Cuadro 2), los genotipos 1 y 2 tuvieron los valores máximos con 238.41 y 236.52 cm, respectivamente y el genotipo 7 presentó el menor valor con 90.54 cm. Al respecto Rojas (2006) encontró valores menores en Criollo de San José Nanacamilpa, Tlaxcala (292.5), H-33 (270.0) y H-40 (243.8) y mayores a los de los híbridos SB-102 (230.0) y H-48 (221.3). Rojas (2007) reporta los mismos genotipos en la localidad de San Nicolás Panotla, Tlaxcala, y encontró que los híbridos H-48, H-40, SB-102 y el Criollo local (217, 210, 194 y 196, respectivamente) mostraron menores alturas. Cruz-Lázaro *et al.* (2007) observaron valores desde 180 a 251 cm en 28 híbridos de crusa simple provenientes del CIMMYT, que fueron sembradas en Torreón, Coahuila para evaluar su potencial forrajero; aspectos que ponen de manifiesto que estos materiales presentan dicha característica sobresaliente para ser considerados en programas de producción de semillas de maíces forrajeros para Valles Altos.

En el Cuadro 3 muestra que existe correlación positiva estrecha entre el largo de la mazorca y granos por hilera ($r=0.7184$). Para los caracteres diámetro de mazorca con hileras por mazorca existe una correlación positiva ($r=0.4503$), al igual que para rendimiento de semilla con mazorcas por planta ($r=0.3512$) y para altura con mazorcas por planta ($r=0.3160$). Lo que hace que estos caracteres sean considerados para seleccionar variedades para la producción de semilla de variedades de maíces forrajeros.

Las correlaciones obtenidas entre LMZ y GPH; DMZ y HPM; RS y MPP; y ALTURA y MPP en esta investigación fueron mucho mayores a las observadas por Cervantes *et al.* (2014) con valores de $r=0.05$, $-r=0.005$, $r=0.07$, $-r=0.19$, respectivamente. Las correlaciones observadas entre algunos caracteres sólo corroboran que al tener una mayor longitud de la mazorca se esperaría tener mayor número de granos en las hileras de la misma, al igual que con un mayor diámetro se esperaría mayor número de hileras; de igual forma, a mayor número de granos por hilera presupone una mazorca completa, llena de granos, por lo que el porcentaje de granos no formados disminuye, y tiende a ser cero, lo que es ventajoso para el productor de semilla y esperar mayores rendimientos y utilidades.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación en 10 caracteres de 12 genotipos de *Zea mays* L., forrajero. Montecillo, Texcoco, México.

	MPP	HPM	GPH	DMZ	LMZ
MPP	1.0000	-0.0227	0.0644	-0.2352	0.0084
HPM	-0.0227	1.0000	0.0064	0.4503	-0.0304
GPH	0.0644	0.0064	1.0000	0.2889	0.7184
DMZ	-0.2352	0.4503	0.2889	1.0000	0.3493
LMZ	0.0084	-0.0304	0.7184	0.3493	1.0000
RS	0.3512	0.1283	0.2992	0.1793	0.2550
ALTURA	0.3160	0.2865	0.1390	0.1127	0.1095

MPP=mazorcas por planta; HPM=hileras por mazorca; GPH=granos por hilera; DMZ=Diámetro de mazorca; LMZ=largo de mazorca; RS=rendimiento de semilla; AP=altura de planta.

CONCLUSIONES

Las cruza simples CL12×CL11 y CL4×CL1 presentaron los valores más altos de, altura de planta, número de mazorcas por planta y rendimiento de semilla. Las variedades que presentaron la mayor altura rindieron más semilla, presentaron mayor número de mazorcas, por una correlación positiva considerable entre ambas. Existe alta correlación positiva entre largo de la mazorca y número de granos por hilera, entre diámetro de la mazorca e hileras por mazorca.

LITERATURA CITADA

- Bargo F., Muller L. D., Kolver E. S., Delahoy J.E. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1-42.
- Bertoia L. M. 2004. Algunos Conceptos sobre ensilaje. Consideraciones generales sobre maíces para silaje y su cultivo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. En línea <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX3.htm>. Consultado en marzo de 2010.

- Cervantes G. F. J., Espinosa-Calderón. A., Ortega A. J. 1990. Productividad de semilla en base a diferente relación hembra:macho en los híbridos de maíz H-34 y H-137. En: Kato Y., T. A., Livera M., M. y Gonzáles H., V. A. XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih. 3 al 7 de septiembre. Pp. 373.
- Cervantes O. F., Gasca O. M. T., Andrio E. E., Mendoza E. M., Guevara A. L. P., Vázquez M. F., Rodríguez H. S. 2014. Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*. 2(1):9-16.
- De la Cruz-Lazáro E., Rodríguez-Herrera S. A., Estrada-Botello M. A., Mendoza-Palacios J. D., Brito-Manzano N. P. 2007. Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y Ciencia*. 21:19-26.
- Donnet L., Hellin J., Riis-Jacobsen J. 2012. Linking Agricultural Research with the Agribusiness Community from a Pro-Poor Perspective. *International Food and Agribusiness Management Review*. Volume 15 Special Issue A: 99-103.
- Donnet L., López D., Domínguez C. 2015. El mercado de semillas de maíz en México. En: Rodríguez-Hernández R. y L. Donnet [eds]. Caracterización de la demanda de semillas mejoradas de maíz en tres agro-ambientes de Producción de Temporal en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. Libro técnico No. 20. Pp 13-36.
- Espinosa-Calderón A., Tadeo-Robledo M., Sierra-Macias M., Turrent-Fernández A., Valdivia-Bernal R., Zamudio-González B. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androesteril y fértil en México. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2):211-216.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1981. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University Press/Ames. 468 p.
- Luna-Mena B. M., Hinojosa-Rodríguez M. A., Ayala-Garay O. A., Castillo-González F., Mejía-Contreras J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:1-7.
- Rojas M. I. 2006. Informe Técnico: Evaluación Agronómica del maíz SB-102 en Tlaxcala. INIFAP. Campo Experimental Tlaxcala. 7 p.
- Rojas M. I. 2007. Informe Técnico: Evaluación Agronómica de la variedad de maíz SB-102 de la empresa Semillas Berentsen S.A. de C.V. en Tlaxcala. INIFAP. Campo Experimental Tlaxcala. 12 p.
- Sauthier M. A. y Castaño F. D. 2004. Dispersión del Polen en un cultivo de maíz. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, noviembre. Vol. XV, Núm. 029. 229-246 pp.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Producción Agrícola. Resumen nacional por cultivo. Avance de siembras y cosechas. Consultado el 2 de mayo de 2018 de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do.
- Tadeo-Robledo M., Espinosa C. A., Beck D., Torres J. L. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androestériles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México*. 33(2):175-180.
- Virgen-Vargas J., Zepeda-Bautista R., Avila-Perches M. A., Espinoza-Calderón A., Arellano-Vázquez J. L., Gámez-Vázquez J. L. 2016. Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos México. *Agronomía Mesoamericana*. 27(1):191-206.
- Wong R. R., Gutiérrez R. E., Palomo G. A., Rodríguez H. S., Córdova O. H., Espinoza B. A., Lozano G. J. J. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30(2):181-189.

PRODUCTIVIDAD DE OVEJAS CRIOLLAS BAJO PASTOREO EXTENSIVO SUPLEMENTADAS ENERGÉTICAMENTE EN ÉPOCA CRÍTICA

PRODUCTIVITY OF CREOLE SHEEP UNDER EXTENSIVE GRAZING SUPPLEMENTED ENERGETICALLY IN A CRITICAL SEASON

Rivas-Jacobo, M.A.¹, Santillán-Cortina, E.¹, Herrera-Corredor, C.A.¹, Villarreal-González, J.A.^{2*}, Hernández-Garay, A.^{3†}, Romero-Davila, A.⁴, Joaquín-Cancino, S.⁵.

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Carretera San Luis Potosí-Matehuala Km 14.5. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. marco.rivas@uaslp.mx; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tecamachalco, Puebla; ³Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km 36.5 de la Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, México. ⁴Universidad Autónoma del Estado de México. ⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*Autor para correspondencia: villagon@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la productividad de ovejas con la suplementación estratégica con maíz molido (*Zea mays* L.) o glicerina antes y durante el empadre y último tercio de gestación, así como la disponibilidad de forraje en Ignacio Allende, Mexquitic de Carmona, S. L. P. (101° 07' O y 22° 16' N, 2020 m de altitud). 18 ovejas criollas encastadas con Rambouillet y Suffolt (45.6 kg) se asignaron a tres tratamientos; T1 (pastizal nativo), T2 (Pastizal nativo+Maíz molido), T3 (Pastizal nativo+Glicerina). El suplemento se ofreció al encierro nocturno, 15 días antes y 15 días durante el empadre y los últimos 40 días de gestación. Las variables fueron Peso vivo al empadre (PVE) y al parto (PVP); Condición corporal al empadre (CCE) y al parto (CCP); Ganancia de peso de hembras (GPH) y Peso al nacimiento del cordero (PN), y Disponibilidad de materia seca (DMS). Se utilizó un diseño completo al azar y prueba de Tukey al 0.05. El PVE fue el mayor para el T2 (61.54 kg). La CCE fue mayor para el T2 (3.5). Para el PVP el T2 presentó el mayor valor (66.30 kg). En la GPH el T3 mostró el mayor valor (5.66 kg) y el de menor GPH fue para el T1 (-1.07 kg). La disponibilidad de materia seca fue mayor para el invierno (1,176.2 kg MS ha⁻¹); el mejor aporte nutritivo fue en primavera con PC 18.3% y EB de 4.96 Mcal kg⁻¹.

Palabra clave: Suplementación, pastizal nativo, corderos, productividad, glicerina.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo. 2018. pp: 100-106.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

ABSTRACT

The productivity of sheep was evaluated with the strategic supplementation with ground maize (*Zea mays* L.) or glycerin before and during mating and the last third of gestation, as well as the availability of fodder in Ignacio Allende, Mexquitic de Carmona, S. L. P. (101° 07' W and 22° 16' N, 2020 m of altitude). Eighteen (18) Creole sheep thoroughbred with Rambouillet and Suffolt (45.6 kg) were assigned to three treatments: T1 (native pasture), T2 (native pasture+ground maize), T3 (native pasture+glycerin). The supplement was offered during nighttime confinement, 15 days before and 15 days during mating and the last 40 days of gestation. The variables were live weight at mating (LWM) and at birth (LWB); body condition when mating (BCM) and at birth (BCB); female weight gain (FWG) and weight of lamb at birth (WB); and dry matter availability (DMA). A completely random design and Tukey test at 0.05 were used. The LWM was higher for the T2 (61.54 kg). The BCM was higher for T2 (3.5). For the LWB, T2 presented the highest value (66.30 kg). In the FWG, T3 showed the highest value (5.66 kg) and the lowest FWG was for T1 (-1.07 kg). The availability of dry matter was higher for winter (1,176.2 kg MS ha⁻¹); the best nutritional contribution was in spring with RP 18.3% and EB of 4.96 Mcal kg⁻¹.

Keywords: Supplementation, native pasture, lambs, productivity, glycerin.

gestación (Elmes *et al.*, 2004; Annet *et al.*, 2008) para obtener un efecto deseable sobre los parámetros reproductivos y productivos en las ovejas bajo un sistema de producción extensivo (Nielsen *et al.*, 2015; Nottle *et al.*, 1998) y con ello la supervivencia del cordero y mayores ganancias para el productor. El objetivo fue determinar el efecto de la suplementación energética estratégica con maíz molido (*Zea mays* L.) o glicerina antes y durante el empadre, y en el último tercio de gestación, sobre el peso vivo, condición corporal y ganancia de peso de las hembras, y peso al nacimiento de corderos, así como la disponibilidad de forraje y calidad en los pastizales en diferentes estaciones del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el ejido Ignacio Allende, municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí (101° 07' O y 22° 16' N, y altitud de 2020 m). Su clima es seco estepario, con lluvias en verano, la precipitación pluvial anual es de 360.6 mm. La temperatura media anual es de 17.2 °C y con una mínima de 8.5 °C (García, 1988).

Animales y tratamientos

Se utilizaron 18 ovejas criollas encastadas con rambouillet y Suffolk en pastoreo extensivo, con un peso en promedio de 45.6 kg ±9.6, multíparas, las cuales se distribuyeron al azar a los tratamientos, con 6 ovejas (n=6) quedando de la siguiente manera: I) T1, pastizal nativo y grupo testigo; II) T2, Pastizal nativo más suplementación con maíz molido y III) T3, Pastizal nativo más suplementación con glicerina al 99.7%.

Manejo del alimento y animales, y ofrecimiento del suplemento

Los suplementos se ofrecieron

INTRODUCCIÓN

En México la mayoría de los ovinos pertenecen a pequeños productores, los cuales se desarrollan en un esquema de sistema de producción extensivo, que consiste en un manejo de pastoreo con acceso solo a la vegetación nativa no mejorada y sin suplementación nutricional (Lucero *et al.*, 2011; Partida *et al.*, 2013; Fitz *et al.*, 2009); recursos forrajeros nativos que cambian su calidad y cantidad en energía y proteína a lo largo del año, y generalmente no alcanzan a cubrir los requisitos de mantenimiento del ovino (Ben y Nefzaoui, 2003). Se ha comprobado que diversos factores nutricionales tienen influencia en los procesos reproductivos y productivos de la oveja (Acero, 2007), es por ello que la suplementación es una estrategia benéfica para mejorar el desempeño reproductivo de las hembras, cuyo objetivo es la aportación de nutrientes necesarios para elevar la fertilidad, siendo la mejor forma de incrementar el potencial reproductivo de las hembras en las etapas más críticas (David *et al.*, 2012) en las que se requieren más nutrientes, tales como el pre empadre y último tercio de gestación (Martin y Kadowa, 2006). La alimentación suplementaria de ovejas en pastoreo en condiciones extensivas, debe realizarse durante un periodo breve y procurar que sea lo más económico para el productor (Nottle *et al.*, 1998). Para llevar a cabo la formulación de suplementos nutricionales para ovejas en pastoreo es necesario evaluar la composición nutrimental del forraje disponible en varias temporadas del año, la selectividad durante el pastoreo y la condición del mismo, además de evaluar el estado y la etapa de producción de la oveja, por lo que las ovejas en producción se deben suplementar antes y durante el empadre (NRC, 1985; Fitz *et al.*, 2009; Al *et al.*, 1999; Fierro *et al.*, 2014), además, durante el último mes de

cuando los animales se encerraban por la noche, durante 15 días antes y 15 días durante el empadre y 40 días en el último tercio de gestación. Se consideró que una oveja adulta de 50 kg de peso vivo, en mantenimiento, su consumo de materia seca es de 1.0 kg MS, con 2.0 Mcal de energía metabolizable (EM); y en las últimas cuatro semanas gestación con un feto, consume 1.6 kg de materia seca con 3.4 Mcal (NRC, 1985). Se aplicó un periodo de adaptación de 4 d, donde se les ofreció el suplemento a los animales de los T2 y T3 de forma gradual, de tal forma que el primer día se ofreció ¼ de la ración del suplemento, el segundo y tercer día ½, y el cuarto día ¾, y finalmente el 100% por día (300 g día oveja⁻¹ del T2 y 334 g día oveja⁻¹ del T3).

Manejo sanitario y vacunas

Al inicio del experimento se desparasitaron las ovejas con ivermectina (Bimectin[®] 1%, laboratorio Bimeda) a dosis de 0.2 mg kg⁻¹ por vía subcutánea y closantel (Closantil[®] oral 5%, laboratorio Chinoín) a dosis de 10 mg kg⁻¹ por vía oral y se aplicaron vitaminas ADE (Vigantol[®] ADE) a dosis de 3 ml 50 kg⁻¹ por vía intramuscular.

Manejo reproductivo

A finales de julio e inicio de agosto se colocaron dispositivos intra-vaginales con progesterona CIDR, marca Zoetis a las 18 ovejas tratadas, para la sincronización de estros, con una diferencia de 6-7 días de desfase para los T2 y T3. Se les retiró al día nueve después de su colocación. La monta se dio con el semental raza Hampshire a las 12 horas de haber retirado los CIDR; el macho duro 4 d con las ovejas en cada tratamiento sincronizado. Los nacimientos se presentaron por las tardes y por las noches en los corrales. Se atendió inmediatamente al recién nacido, se desinfectó el ombligo con solución desinfectante a base de yodo, se pesó con báscula electrónica marca Torrey[®] de recibo móvil, modelo FS-250/500, con capacidad de 250x0.05 kg y se registró el peso de las ovejas al parto y la condición corporal.

Muestreo de las áreas de pastoreo

En la primavera se realizó el primer muestreo de la disponibilidad de materia seca, donde el pastoreo comprendió parcelas de cultivo aprovechando los residuos de cosecha, y al inicio de las lluvias se aprovechó el retoño y crecimiento

de plantas nativas, así como de malezas, mezquite, huizache, maguey, nopal, palma samandoca. Para finales de verano e inicios de otoño se dio el segundo muestreo de disponibilidad de materia seca, donde el ganado se pastoreó en los pastizales comunales, y en menor porcentaje en parcelas que no se cultivaron, pero que contenían maleza (Jehuite) y pastos nativos que son los más preferidos por los animales, además de vainas de mezquite y huizache. A finales de otoño y principios del invierno se dio el tercer muestreo de disponibilidad de materia seca, donde el ganado subsistió entre el terreno comunal y las parcelas no cultivadas, donde predominan plantas de menor palatabilidad y el retoño escaso de maleza y la presencia de pastos nativos maduros. La metodología que se empleó para el muestreo fue mediante el uso del cuadrante de 50x50 cm (0.25 m²), donde se tomaron cinco muestras al azar en un recorrido en Zic Zac. Las muestras se colocaron en bolsas de papel estraza y se identificaron botánicamente, posteriormente se colocaron en una estufa de aire forzado a 55 °C, durante 72 h hasta alcanzar un peso contante. Se pesaron con

Cuadro 1. Contenido de los suplementos utilizados en ovejas en pastoreo de pastizales antes y durante el empadre.

	Ingrediente	Ofrecido			Aporte de nutrientes/ingrediente	
		MS (kg)	PC (g kg ⁻¹ MS)	EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	PC (g kg ⁻¹ MS)	EM (Mcal kg ⁻¹)
T2	Rastrojo de maíz blanco	0.010	60	2.18	0.60	0.02
	Maíz blanco molido	0.290	88	2.88	25.52	0.84
	Total	0.300			26.12 gPC animal ⁻¹	0.86 Mcal animal ⁻¹
T3	Rastrojo de maíz blanco	0.170	60	2.18	10.2	0.37
	Harina de soya	0.034	430	2.77	14.62	0.09
	Glicerina	0.130	0	3.70	0	0.48
	Total	0.334			24.82 gPC animal ⁻¹	0.94 Mcal animal ⁻¹

Cuadro 2. Contenido de los suplementos utilizados en ovejas en pastoreo de pastizales en el último tercio de gestación.

	Ingrediente	Ofrecido MS (kg)	Aporte de nutrientes/ingrediente		Aporte de nutrientes/ración	
			PC (g kg ⁻¹ MS)	EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	PC (g kg ⁻¹ MS)	EM (Mcal kg ⁻¹)
T2	Rastrojo de maíz blanco	0.50	60	2.18	30.0	1.09
	Maíz blanco molido	0.45	88	2.88	39.6	1.30
	Harina de soya	0.05	430	2.77	21.5	0.14
	Total	1.00			91.1 gPC animal ⁻¹	2.53 Mcal animal ⁻¹
T3	Rastrojo de maíz blanco	0.70	60	2.18	42.0	1.53
	Harina de soya	0.125	430	2.77	53.6	0.35
	Glicerina	0.175	0	3.7	0	0.65
	Total	1			95.6 gPC animal ⁻¹	2.53 Mcal animal ⁻¹

una balanza de precisión compacta marca Precisa, modelo BJ 2100D, con capacidad máxima de 2100 g y $d=0.1$ g, para calcular el porcentaje de materia seca. A las muestras se les determinó la proteína bruta mediante el método micro kjeldahl y la energía bruta mediante la bomba calorimétrica.

Los corrales para alojar a las ovejas fueron de 8.4 m^2 (1.4 m^2 oveja⁻¹) y para el semental fue de 2 m^2 . Los animales se sacaron a pastar de 12:00 a 18:00 y por la noche se encerraban donde se les ofreció el suplemento.

Variables evaluadas

Peso vivo al empadre (PVE, kg): Las hembras se pesaron con báscula electrónica marca Torrey® de recibo móvil, modelo FS-250/500, con capacidad de 250×0.05 kg, en el último día de la suplementación del empadre.

Condición corporal al empadre (CCE): se realizó mediante la palpación en las ovejas a tratar sobre las apófisis espinosas y transversas de la columna vertebral, al momento del empadre. Registrándose de la siguiente manera, según Russel *et al.* (1969): condición 1, emaciación; condición 2, delgado; condición 3, bueno; condición 4, gordo y condición 5, obeso.

Peso vivo al parto (PVP, kg): las hembras se pesaron con báscula electrónica marca Torrey® de recibo móvil, modelo FS-250/500, con capacidad de 250×0.05 kg, posteriormente al parto.

Condición corporal al parto (CCP): se realizó mediante la palpación en las ovejas a tratar sobre las apófisis

espinosas y transversas de la columna vertebral, posteriormente de haber parido. Registrándose de la siguiente manera, según Russel *et al.* (1969): condición 1 hasta la condición 5, obeso.

Ganancia de peso de hembras (GPH, kg): Esta variable se calculó restando el peso vivo de las hembras al empadre al peso vivo de las hembras al parto.

Peso al nacimiento del cordero (PN, kg): se realizó inmediatamente al ser expulsado y lamido por la madre sin haber consumido calostro, con báscula electrónica marca Torrey® de recibo móvil, modelo FS-250/500, con capacidad de 250×0.05 kg.

Disponibilidad de materia seca (DMS, kg ha⁻¹): Esta variable se midió utilizando las muestras medidas en las áreas de pastoreo con el cuadrante de 0.5×0.5 m, y que posteriormente fueron secadas en una estufa de aire forzado.

Proteína cruda (PC, %): Se determinó mediante la metodología de micro kjeldahl.

Energía bruta (EB, cal g⁻¹): Se determinó mediante la bomba calorimétrica.

Diseño experimental y análisis de datos

Se empleó el diseño completo al azar con el mismo número de repeticiones y para las variables en las que hubo diferencias estadísticas significativas se realizó la comparación de medias con test Tukey, $\alpha=0.05$. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS, Ver. 9.0 (SAS, 2007).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso vivo al parto

El PVP mostró diferencias significativas (Cuadro 3), donde el suplemento con maíz molido presentó el mayor valor con 66.30 kg. El PVP en esta investigación mostró una media de 52.86 kg, valor mayor a los reportados por Freitas de Melo *et al.* (2015), que fueron de 50.4±0.2 kg en ovejas Corriedale, alimentadas con una dieta base de pastos nativo en pastoreo y una suplementación desde 40 días antes de la inseminación hasta el día 124 de gestación, en cambio fueron mucho mayores a los registrados por Rueda y De Combellas (1999), al obtener 29.0±5.90 kg en ovejas criollas, sin ofrecer suplementación en los últimos días de gestación, pero menores a los observados por McWilliam *et al.* (2005) que fueron de 57.5 kg, en ovejas Romney marsh suplementadas a finales de verano/otoño con 1.3 kg día⁻¹ con hojas de Sauce (*Salix* sp.) y álamo (*Populus* sp.) durante el apareamiento y 87 días antes del parto, con una dieta base consistente en pastos inducidos de ryegrass y trébol blanco; y mucho menores a los reportados por Nottle *et al.* (1998), que fueron de 67±0.80 kg en ovejas de la raza Merino suplementadas con altramuces en las últimas ocho semanas pre parto.

Ganancia de peso de hembras

Para GPH hubo diferencias significativas (Cuadro 3); en el cual las hembras suplementadas con glicerina mostraron los mayores valores con 5.66 kg para Glicerina y 4.76 kg para maíz, mientras el valor fue de -1.07 kg para el testigo; lo que denota, que las hembras que fueron suplementadas ganaron peso, mientras las que no, perdieron peso, lo que perjudicará a las hembras en su retorno al celo y próximo ciclo repro-

ductivo. Estos valores fueron superiores a los observados por Freitas de Melo *et al.* (2015), quienes observaron un valor de 2.0 kg en ovejas de la raza Corriedale; y mucho mayores a Rafiq *et al.* (2007) quienes obtuvieron un valor de -4.9 kg en ovejas Lohi antes del parto suplementadas estratégicamente con bloques multinutricionales a base de melaza y urea; sin embargo, los valores fueron inferiores a los observados por McWilliam *et al.* (2005), quienes reportan GPH al parto de 7.5 kg en ovejas de raza Romney Mars.

Condición corporal al parto

La CCP mostró diferencias significativas (Cuadro 3), donde la mayor CCP fue de 3.5 para los tratamientos con suplemento, lo que significa que las hembras mejoraron su conformación corporal mediante las reservas de tejido adiposo en las últimas semanas de gestación, por efecto de la suplementación. En la estación de invierno se observaron los pesos más bajos de las ovejas sin suplementar (testigo) y se registró menor disponibilidad de materia seca de 381.4 ton MS ha⁻¹ y una PC (%) de 7.87 y de EB (Mcal kg⁻¹) de 4.1 (Cuadro 4). Sin embargo, los valores de CCP fueron superiores que los reportados por Fthenakis *et al.* (2012) y Freitas de Melo *et al.* (2015), que emplearon la suplementación en el último tercio de gestación, encontrado condiciones corporales al parto de 2 a 2.7; y similarmente mejores a lo reportado por McWilliam *et al.* (2005), con condiciones corporales al parto de 2.7±0.06; pero con valores semejante a los reportados por Nielsen *et al.* (2015), el cual suplementaron cuatro semanas antes del parto en Noruega, alcanzando una condición corporal al parto de 3.32 a 3.17.

Peso al nacimiento del cordero

El PNC no mostró diferencias significativas (Cuadro 3) entre los tratamientos, con una media de 4.8 kg por cordero; valores altos debido que las hembras en esa etapa tienen a remover reservas corporales para la alimentación de su cría, por lo que se puede inferir que esas hembras al remover más reservas perdieron peso tal y como se muestra en la variable GPH que mostró un valor de -1.07 kg. Este peso al nacimiento fue semejante a los reportados por Freitas de Melo *et al.* (2015), quienes reportaron pesos al nacimiento de los corderos de 4.8±0.2 kg; y ligeramente semejantes a los registrados por Nottle *et al.* (1998), quienes observaron pesos al nacimiento de corderos de 4.87±0.09 kg al Sur de Australia, pero superiores a los de Rueda y De Combellas (1999), que reportaron PN de corderos de 3.10±0.52 kg, sin ofrecer su-

Cuadro 3 Comparación de medias de las variables PVP, GPH y CCP de las ovejas suplementadas con maíz (T2) o glicerina (T3) y PNC en el ejido Ignacio Allende de Mexquitic de Carmona, S.L.P. 2016.

	PVP (kg)	GPH (kg)	CCP	PNC (kg)
T1 (Testigo)	44.98 ^b	-1.07 ^b	3.00 ^b	4.65 ^a
T2 (Maíz blanco molido)	66.30 ^a	4.76 ^a	3.50 ^a	4.89 ^a
T3 (Glicerina)	47.30 ^b	5.66 ^a	3.50 ^a	4.86 ^a
Media	52.86	3.11	3.33	4.80
DMS	6.16	5.39	0	1.22

a, b* Letras diferentes por columna hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$); PVP=Peso vivo al parto de la oveja, CCP=Condición corporal al parto de la oveja, GPH=Ganancia de peso de la hembra, PNC=Peso al nacimiento del cordero, DMS=diferencia mínima significativa.

plementación en los últimos días de gestación en ovejas criollas; de igual forma fueron mejores a los reportados por Titi y Obeidat (2008), con valores de 4.28 ± 0.37 kg en ovejas Awassi; y mucho mayores a los observados por Lucero *et al.* (2011), obteniendo valores de PN de 2.74 ± 0.74 kg en ovejas de primer parto suplementadas con grano de sorgo 47%, harina de soya 9%, paja de estrella 35%, melaza 7%, urea 1% y minerales 1%. Pero menores a los observados por McWilliam *et al.* (2005), con pesos al nacimiento de 5.5 a 6.2 kg en ovejas de la raza Romney.

Disponibilidad de materia seca y calidad nutritiva

La DMS mostró diferencias significativas entre las épocas de muestreo (Cuadro 4), donde se observa que la mejor disponibilidad se obtuvo en la época de temporadas invierno y otoño con $1,176.2$ kg MS ha^{-1} y 647.7 kg MS ha^{-1} , respectivamente.

Estos resultados pudieron deberse a que en la temporada invernal predominaban los arbustos, malezas maduras con flores caídas, pastos maduros con espiga y vainas secas de huizache (*Acacia* sp.), identificándose principalmente nueve tipos de malezas, pastos y arbustos nativos que consumen las ovejas en dicha temporada y de acuerdo al muestreo que se realizó para rendimiento de materia seca, se separaron las especies identificadas y para la temporada de invierno los pastos predominantes fueron *Bouteloua* spp. (26.4%), *Parthenium* sp. (22.6%), *Salsola* sp. (21.7%), *Amaranthus* sp. (21.6%); en cuanto a la calidad nutritiva, la masa de forraje mostró un valor de PC 7.9% y de EB 4.1 Mcal kg^{-1} (Cuadro 4). Las especies predominantes para la época de otoño fueron *Rhynchelytrum* sp. (66.2%), *Verbena* sp. (10.3%), *Simsia* sp. (9.5%) y *Adenophyllum* sp. 6.1%.

CONCLUSIONES

El empleo de glicerina o maíz molido como suplemento en etapas críticas de la producción en ovejas es factible, ya que logran mejorar el peso de las hembras al parto, la condición corporal y la ganancia de peso de la hembra, por lo que se esperaría un mejor

comportamiento reproductivo y productivo de las hembras. La disponibilidad de forraje está condicionada por la estación del año y su calidad variará, pero en primavera y otoño su calidad permitirá cubrir por sí sola los requerimientos del animal, siempre y cuando se racione de acuerdo a su disponibilidad. No hubo un efecto bien marcado en peso al nacimiento del cordero, que es una variable a mejorar, por lo que se sugiere realizar más estudios al respecto, además para observar el efecto en otros parámetros productivos y reproductivos consecutivos del ciclo reproductivo de la hembra.

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable disponibilidad de materia seca del forraje nativo, porcentaje de especies forrajeras presentes en el pastizal, energía bruta y proteína cruda en tres estaciones del año. Ignacio Allende, Mexquitic de Carmona, S.L.P., 2016.

Estación del año	Disponibilidad de MS ha^{-1}	Especies predominantes	Energía Bruta* (Mcal kg^{-1})	Proteína Bruta (%)
Primavera	381.4 ^b	<i>Bouteloua</i> sp. 26.4 % <i>Parthenium</i> sp. 22.6 % <i>Salsola</i> sp. 21.7 % <i>Amaranthus</i> sp. 21.6 % Otras 7.7 %	4.1	13
Otoño	647.7 ^b	<i>Rhynchelytrum</i> sp. 66.2 % <i>Verbena</i> sp. 10.3 % <i>Simsia</i> sp. 9.5 % <i>Adenophyllum</i> sp. 6.1 % Otras 7.9 %	4.0	11.6
Invierno	1176.2 ^a	<i>Bouteloua</i> sp. 28.6 % <i>Salsola</i> sp. 14.9 % <i>Pennisetum</i> sp. 14.9 % <i>Buddleja</i> sp. 14.9 % <i>Brassica</i> sp. 14.9 %	4.1	7.9

a, b* Letras diferentes por columna hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

LITERATURA CITADA

- Acero R. A. 2007. Evaluación de dos estrategias de Alimentación en Ganado Caprino: Vigorización Energética (Flushing) en Hembras Reproductoras. Tesis. Maestría en Ciencias. Universidad de Puerto Rico.
- Al H. A. H, Salman A. D., Abadul-Kareem T. 1999. Influence of protein supplementation on reproductive traits of Awassi sheep grazing cereal stubble. *Small Ruminant Research*; 34. Pp. 33-40.
- Annet R. W., Carson A., Dawson L. 2008. Effects of digestible undegradable protein (DUP) supply and fish oil supplementation of ewes during late pregnancy on colostrum production and lamb output. *Animal Feed Science and Technology*, 146. Pp. 270-288.
- Ben S. H., Nefzaoui A. 2003. Review, Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Ruminant Research*; 49. Pp. 275-288.
- David D. B., Poli C., Azevedo E., Fernandez M., Carvalho P., Jochims F. 2012. Potential response to supplementation of ewe lambs grazing natural pastures over winter. *Small Ruminant Research*; 105. Pp. 22-28.
- Elmes M., Tew P., Cheng Z., Kirkup S., Abayasekara D., Calder P., Hanson M., Claire-Wathes D., Burdge G. 2004. The effect of dietary supplementation with linoleic acid to late gestation



- ewes on the fatty acid composition of maternal and fetal plasma and tissues and the synthetic capacity of the placenta for 2-series prostaglandins. *Biochimica et Biophysica acta*. 1686. Pp. 139-147.
- Fierro S., Gil J., Viñoles C., Soca F., Banchemo G., Olivera-Muzante J. 2014. Protein supplementation during a short-interval prostaglandin-based protocol for timed AI in sheep. *Animal Reproduction Science*. 149. Pp. 158-162.
- Fitz G., De Santiago-Miramontes M., Scaramuzzi R. J., Malpaux B., Delgadillo J. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Animal Reproduction Science*. 116. Pp. 85-94.
- Freitas de Melo A., Ungerfeld R., José-Hötzel M., José-Abud M., Alvarez-Oxiley A., Orihuela A., Pablo-Damian J., Pérez-Clariget R. 2015. Mother-young Behaviours at lambing in grazing ewes: Effects of lamb sex and food restriction in pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science*. 168. Pp. 31-36.
- Fthenakis G., Arsenos G., Brozos C., Fragkou I., Giadinis N., Giannenas I., Mavrogianni V., Padadopoulos E., Valasi I. 2012. Health management of ewes during pregnancy. *Animal Reproduction Science*. 130. Pp. 198-212.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- Lucero M.H., Briones-Encinia F., Lucero-Magaña F., Hernández-Meléndez J., Castillo-Rodríguez S., Martínez-González J. 2011. Estrategias para incrementar la producción de carne de ovino de pelo en la Huasteca Potosina, México. *Rev. Zootecnia Tropical*. 29 (3). Pp. 255-260.
- Martin G.B., Kadowa H. 2006. "Clean, Green and Ethical" Animal Production. Case Study: Reproductive Efficiency in Small Ruminants. *Journal of Reproduction and Development*, Vol. 52, No. 1.
- McWilliam E., Barry T., López-Villalobos N., Cameron P., Kemp P. 2005. Effects of willow (*Salix*) versus poplar (*Populus*) supplementation on the reproductive performance of ewes grazing low quality drought pasture during mating. *Animal Feed Science And Technology*. 119. Pp. 69-86.
- National Research Council, NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6a Edition. Washington, D.C. EUA. Pp. 29, 30, 45, 46, 47, 52.
- Nielsen M., Nadeau E., Markussen B., Helander C., Eknæs M., Nørgaard P. 2015. Relationship between energy intake and chewing index of diets fed to pregnant ewes. *Small Ruminant Research*. 130. Pp. 108-116.
- Nottle M. B., Kleemann D., Hocking V., Grosser T., Seamark R. 1998. Development of a nutritional strategy for increasing lamb survival in Merino ewes mated in late spring/early summer. *Animal Reproduction Science*. 52. Pp. 213-219.
- Partida P.J., Braña-Varela D., Jiménez-Severiano H., Ríos-Rincón F., Buendía-Rodríguez G. 2013. Producción de carne ovina. Libro técnico No. 5. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Pp. 6-18.
- Rafiq M., Mumtaz S., Akhtar N., Khan M. 2007. Effect of strategic supplementation with multi-nutrient urea molasses blocks on body weight and body condition score of Lohi sheep owned by tenants of Pakistan. *Small Ruminant Research*. 70. Pp.200-2008.
- Rueda E., de Combellas J. 1999. Evaluación de la suplementación con bloques multinutricionales en un sistema de producción ovina, ovejas en lactancia. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*. 16. Venezuela. Pp. 79-88.
- Russel A.J., Doney R. G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*. 72. Pp. 451-454.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2007. The SAS® System for Windows® (Ver. 9). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.



TAMAÑO DE SEMILLA EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE *Dactylis glomerata* L. Y *Lolium perenne* L.

SEED SIZE IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Dactylis glomerata* L. AND *Lolium perenne* L.

Mendoza-Pedroza S.I.¹, Garay-Martínez J.R.², Rojas-García A.R.³, Joaquín-Torres B.M.⁴, Cruz-Hernández A.⁵, Ramírez-Reynoso O.³, Joaquín-Cancino S.^{2*}, Hernández-Garay, A.^{6†}

¹Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. ²Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria, Edificio Centro de Gestión del Conocimiento, Cuarto Piso. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C. P. 87120. ⁴Licenciatura en Zootecnia, Universidad del Papaloapan. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero. ⁵División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ⁶Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor de correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar dos tamaños de semilla en la calidad fisiológica de pasto ballico y ovillo (*Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L.). Los tratamientos fueron dos tamaños de semilla (grande:SG y chica:SC). Las variables fueron: emergencia (EM), plántulas anormales (PA), semillas no germinadas (SNG), establecimiento (ES), viabilidad (VI), velocidad de emergencia (VE), altura de plántula (AP) y longitud de radícula (LR). Se utilizó un DCA con 4 repeticiones. Se observó que, independientemente del tamaño, la EM fue mayor ($p \leq 0.05$) en ballico, en comparación con ovillo, debido a que éste presentó el mayor ($p \leq 0.05$) porcentaje de PA y SNG. La EM en ballico fue 14 % mayor ($p \leq 0.05$) en la SG; mientras que, en ovillo no existió diferencia ($p \geq 0.05$). Dentro de especies, a mayor tamaño de semilla, la AP fue mayor ($p \leq 0.05$). Se observaron valores mayores ($p \leq 0.05$) en LR con la SG de ballico, mientras que en ovillo fue inversa. En ballico, el ES, VI y VE fue mayor ($p \leq 0.05$) que ovillo. Para las mismas variables, solo en ballico se presentaron valores mayores en la SG; mientras que, en ovillo no existió diferencia ($p \leq 0.05$). El éxito en el establecimiento de ballico dependerá del tamaño de semilla utilizada (grande); mientras que, en ovillo, el tamaño no sería un parámetro de apoyo para garantizar un establecimiento adecuado. La especie forrajera y tamaño de semilla influyeron en el vigor de las plántulas

Palabras clave: tamaño de semilla, vigor, establecimiento.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate two seed sizes in the physiological quality of orchard grass and perennial ryegrass (*Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L.). The treatments were two sizes of seed (large:LS and small:SS). The variables were: emergence (EM), abnormal seedlings (AS), non-germinated seeds (NGS), establishment (ES), viability (VI), speed of emergence (SE), seedling height (SH), and root length (RL). A CRD with 4 repetitions were used. It was observed that, regardless of the size, the EM was higher in perennial ryegrass ($p \leq 0.05$), compared to orchard grass, due to it presenting the highest ($p \leq 0.05$) percentage of AS and NGS. The EM in perennial ryegrass was 14 % higher ($p \leq 0.05$) in LS; meanwhile, in orchard grass there was no difference ($p \geq 0.05$). Within species, the higher the size of



Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo. 2018. pp: 107-112.

Recibido: abril, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

the seed, the SH was higher ($p \leq 0.05$). Higher values were observed ($p \leq 0.05$) in RL with the LS of perennial ryegrass, while in orchard grass it was inverse. In perennial ryegrass, the ES, VI and SE were higher ($p \leq 0.05$) than in orchard grass. For the same variables, only in perennial ryegrass higher values were presented in the LS; meanwhile, in orchard grass there was no difference ($p \leq 0.05$). The success in the establishment of perennial ryegrass will depend on the size of the seed used (large), while in orchard grass the size would not be a supporting parameter to ensure an adequate establishment. The fodder species and seed size influenced the vigor of the seedlings.

Keywords: seed size, vigor, establishment.

INTRODUCCIÓN

El Pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.) (Poaceae), por su alto rendimiento y calidad nutritiva (Hannaway *et al.*, 1999) es una de las especies forrajeras más cultivadas mundialmente. En México, junto con Ballico Perenne (*Lolium perenne* L.) son especies forrajeras muy utilizadas en las zonas templadas, áridas y semiáridas, para la producción de leche, y en menor escala, para la engorda de ganado bovino y ovino (Hannaway *et al.*, 1999; Velasco-Zebadúa *et al.*, 2001). Sin embargo, uno de los aspectos más importantes en la producción de cualquier especie forrajera es el establecimiento ya que puede significar el éxito o fracaso de la empresa agropecuaria (Franco *et al.*, 2007). El establecimiento se define como el periodo comprendido entre la siembra y el desarrollo de la plántula, cuando la planta ha desarrollado un sistema radicular que le permita sobrevivir a los efectos críticos del medio (Lawrence y Dyck, 1990). Comprende cuatro fases: siembra, germinación, emergencia y crecimiento, en donde cualquier evento extremo que ocurra durante alguna de estas fases, perjudica el establecimiento (Albarrán, 2005). La germinación es la fase más importante y se le considera como el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración; a su vez, comprende tres fases: Imbibición de agua, elongación y división celular y diferenciación de células y tejidos (Matilla, 2008). Sin embargo, para que se pueda presentar la germinación de la semilla es necesario considerar los factores intrínsecos (factores de la semilla) y los factores extrínsecos (factores del medio), en donde la falla de alguno, afecta directamente en la cantidad de semillas germinadas e incluso, al fracaso del establecimiento. Algunos de los factores que afectan la germinación son la preparación del suelo, profundidad de siembra y las condiciones ambientales, principalmente oxígeno, temperatura y humedad (Vleeshouwers *et al.*, 1995; Albarrán, 2005). El máximo número de plántulas emergidas y establecidas en campo está relacionado con el número de semillas sembradas por unidad de área y a la viabilidad y pureza de la semilla (Mullen, 2003); además, dependerá de la especie, material utilizado (semilla cruda o cariósides), prácticas agronómicas (tapado y apisonado) y condiciones ambientales, principalmente de precipitación y temperatura (Quero-Carrillo *et al.*, 2016).

La calidad de la semilla producida en cultivos es importante por diversos aspectos. El volumen de producción y la calidad de la semilla de un cultivo,

y están relacionados con la calidad inicial de la semilla utilizada (Mullen, 2003). La calidad fisiológica se refiere a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Basra, 1998). Al respecto, Faiguenbaum y Romero (1991) señalan que la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma. Perry (1980) menciona que semillas grandes producen plantas más vigorosas en comparación a las semillas pequeñas dentro de la misma especie. Otros autores (Shieh y McDonald, 1982; Kelly, 1988) reportan que la calidad fisiológica no depende del tamaño de semilla. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar dos tamaños de semilla en la calidad fisiológica de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovillo (*Dactylis glomerata* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante en abril de 2011 en el laboratorio de Semillas del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N, 98° 54' O y 2250 m de altitud). El clima del lugar es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre) y temperatura media anual de 15,2°C (García, 2004). El suelo es un Typic ustipsamments de textura franco arenoso, ligeramente alcalino con pH 7-8, con 2,4% de materia orgánica (Ortiz, 1997).

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron dos tratamientos, los cuales consistieron en dos tamaños de semilla (grande y chica) de las

especies forrajeras *Lolium perenne* L. y *Dactylis glomerata* L. Para clasificar carióspsides por tamaño, se separó con ayuda de tamices de diferente calibre. Los tratamientos se distribuyeron al azar siguiendo los principios de un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones.

Establecimiento de germinadores en microtúnel

La siembra se realizó el 10 de abril de 2011, en almácigos tipo cama de siembra de 4.9 m de largo por 2.1 m de ancho y 24 cm de alto, y como sustrato, se utilizó arena de río, sin esterilización y tamizada. Se utilizaron pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) y ballico perenne (*Lolium perenne*) y se sembraron 100 semillas de cada especie en hileras, con una separación de 10 cm entre ellas, a 2 cm de profundidad. Se cubrió con razedores de madera de 2 cm para obtener la profundidad deseada. Posteriormente, al momento de la siembra se regó y después cada tercer día para mantener húmedo el sustrato. El semillero se cubrió con un invernadero móvil tipo "túnel", con estructura metálica y cubierta de polietileno. Al día 17 después de la siembra (muestreo destructivo), se extrajeron las plántulas teniendo un total de cuatro repeticiones por cada tratamiento y especie, con un total de 16 hileras.

Variables evaluadas

Emergencia, plantas anormales y semillas no germinadas

El porcentaje de emergencia se midió cuando se mantuvo estable, lo cual coincidió a los 17 días después de la siembra. Para ello, se consideraron a las plántulas normales como aquellas que presentaron estructu-

ras esenciales para producir plantas normales bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura. Las plántulas anormales se consideraron todas las plántulas que no se pueden clasificar como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales (coleoptilo y radícula), que les impide su desarrollo normal cuando crecen en suelo preparado y bajo condiciones favorables de agua, luz y temperatura. Las semillas no germinadas, fueron todas aquellas semillas que no germinaron por ser semillas duras, latentes o muertas (ISTA, 1996).

Establecimiento, Viabilidad y Velocidad de emergencia

Para determinar el establecimiento (%), se realizó el conteo de plántulas normales al final (día 17 después de la siembra), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Establecimiento} = \left(\frac{\text{No. de plántulas normales al final de la prueba}}{\text{No. de semillas sembradas}} \right) * 100$$

Para determinar la viabilidad (%), se realizó el conteo de plántulas normales y anormales al final (día 21 después de la siembra), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Viabilidad} = \left(\frac{\text{No. de plántulas normales} + \text{No. de plántulas anormales}}{\text{No. de semillas sembradas}} \right) * 100$$

Para la velocidad de emergencia (%), se realizaron conteos diarios a partir de que emergió el primer coleóptilo hasta que se obtuvo un número constante de ellos. Esta variable se calculó con base a la expresión propuesta por Maguire (Copeland y McDonald, 1995).

$$\text{Velocidad de emergencia} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{N_i} \right)$$

En donde X_i es el número de plántulas emergidas por día y N_i el número de días después de la siembra.

Altura de plántula y longitud de radícula

La altura de planta se midió (cm), transcurridos 17 días después de la siembra, se seleccionaron 10 plántulas al azar en cada repetición y se midió con una regla graduada de 30 cm a partir del suelo y hasta el meristemo apical de la plántula. Para la LR (cm), las mismas plántulas medidas anteriormente se retiraron del sustrato y se midió desde el cuello hasta la punta de la radícula. Los datos obtenidos en cada variable se organizaron por especie y dentro de ella por tamaño de semilla (grande y chica) y se analizaron mediante el procedimiento estadístico PROC GLM de SAS (SAS, 2002), en un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Cuando se encontró diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$)



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1, muestra el porcentaje de emergencia (plántulas normales), plántulas anormales y semillas no germinadas. Independientemente del tamaño de semilla, el mayor porcentaje de emergencia se obtuvo en *Lolium perenne* y el menor, con *Dactylis glomerata*, teniendo esta última el mayor porcentaje de plántulas anormales y semillas no germinadas ($p \leq 0.05$). Al comparar la semilla grande contra la chica en *Lolium perenne*, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la emergencia, donde el mayor valor se presentó en la semilla grande con 94% en promedio, 14% superior con respecto a la semilla chica. Estos resultados se pueden atribuir a que existe mayor cantidad de reservas que ayudan a que se obtengan mayores beneficios con respecto a la germinación y

emergencia (González y Mendoza, 1994). No obstante, no existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$) para *Dactylis glomerata*, atribuido, probablemente a que el peso de 100 semillas fue similar entre ambas, a pesar de que se separó por tamaño de semilla. Por otro lado, *Dactylis glomerata* con semilla chica presentó el mayor número de plántulas anormales y el menor, lo registró *Lolium perenne* para semilla grande ($p \leq 0.05$), como respuesta al mayor vigor de la semilla (Cuadro 1).

En un estudio de clasificación de carióspsides por tamaño en dos gramíneas nativas y dos introducidas, Hernández-Guzmán *et al.* (2015)

encontraron valores de germinación superiores al 80% en las gramíneas nativas (Banderita y Navajita) y 55 y 28% en Rhodes y Buffel, respectivamente (poáceas introducidas). Lo anterior indica que, independientemente del tamaño de semilla, la especie forrajera influye en el porcentaje de germinación y emergencia, como se observó en el presente estudio. Perry (1980) menciona que semillas grandes producen plantas más vigorosas en comparación a las semillas pequeñas dentro de la misma especie. En otro estudio, se encontró que la germinación se incrementó acorde al mayor tamaño de la carióspside en pasto Banderita y Navajita a pesar de haber sido sometidas a un tiempo de estrés (envejecimiento acelerado). En pasto buffel y Rhodes, sucedió algo similar, a diferencia de que estas especies no fueron sometidas a estrés (Quero-Carrillo *et al.*, 2017).

En el Cuadro 1, se presenta la morfología de plántulas de *L. perenne* y *D. glomerata* a partir de dos tamaños de semilla. Se observó una relación directa entre el tamaño de semilla con respecto a la altura, ya que a mayor tamaño de semilla la altura fue mayor ($p \leq 0.05$) dentro de las especies. Independientemente del tamaño de semilla, *L. perenne* presentó los mayores valores de altura de plántula, parámetro que es muy variable y que está influenciado por factores genéticos y ambientales (Molina *et al.*, 1992). La velocidad de germinación y desarrollo del área subcoleoptilar, la cual contiene el meristemo generador de raíces adventicias, garantizaran la supervivencia de plantas adultas (Moreno-Gómez *et al.*, 2012); sin embargo, lotes de bajo vigor, implican menor porcentaje de plantas en campo (Wang *et al.*, 2004), como es el caso del lote de pasto ovillo con semilla pequeña.

Con respecto a la longitud de raíz, se observó que los valores mayores se encontraron con la semilla grande de *L. perenne*; sin embargo, de forma inversa lo presentó *D. glomerata* ya que en semilla chica existió mayor longitud de raíz con respecto a la semilla grande, lo que, probablemente, se le puede atribuir como mecanismo de sobrevivencia de la planta (Popinigis, 1985). En este sentido, la longitud de raíz es una característica importante para la supervivencia de pastos debido a que, en las zonas áridas, por ejemplo, se presenta un rápido desecamiento de la superficie del suelo, lo cual representa una desventaja para la supervivencia de plántulas (Álvarez-Holguín *et al.*, 2017). También, una raíz con mayor longitud podría representar una ventaja en lugares donde los

Cuadro 1. Calidad fisiológica de la semilla y morfología de plántulas en *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* a partir de dos tamaños de semilla.

Variable	<i>Lolium perenne</i>			<i>Dactylis glomerata</i>		
	Tamaño		Promedio	Tamaño		Promedio
	grande	chica		grande	chica	
Emergencia (%)	94.3 a	79.3 b	86.8 A	75.3 a	69.5 a	72.4 B
Plántulas anormales (%)	1.3 a	2.5 a	1.9 B	4.8 b	8.8 a	6.8 A
Semillas no germinadas (%)	4.5 a	18.3 b	11.4 B	20.0 a	21.8 a	20.9 A
Altura de plántula (cm)	18.3 a	13.4 b	15.8 A	6.9 a	5.0 b	5.9 B
Longitud de raíz (cm)	9.4 a	5.6 b	7.5 A	4.6 b	6.1 a	5.4 B

Promedios con letra distinta entre columnas, dentro de cada especie (a, b) y entre especies (A, B) indican diferencia estadística significativa (Tukey; $p \leq 0.05$).

eventos de lluvia son escasos, ya que esto permite aprovechar mejor el agua a una mayor profundidad (Busso y Bolletta 2007, Ervin *et al.*, 2009). Para la variable de establecimiento (Cuadro 2), la tendencia

fue muy marcada en *L. perenne* con respecto al tamaño de semilla, ya que se logró mayor establecimiento con semilla grande; sin embargo, esa característica no fue muy importante en *D. glomerata* ya que no existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tamaños de semilla.

La viabilidad fue diferente ($p \leq 0.05$) únicamente para la semilla grande de *L. perenne* con respecto a las demás, ya que, a pesar de los menores porcentajes de establecimiento en *D. glomerata*, se encontró mayor número de plántulas anormales. La velocidad de emergencia fue diferente ($p \leq 0.05$) en *L. perenne*, ya que se observó que, a mayor tamaño de semilla, se establecieron con mayor velocidad las plántulas; sin embargo, esta variable no fue afectada por el tamaño de semilla en *D. glomerata*. Además del tamaño de semilla, existen otros factores que influyen en la calidad fisiológica de la semilla, en términos de germinación y emergencia. Al respecto, Joaquín *et al.* (2016) mencionan que la germinación de las semillas se puede deber a varios factores, tales como especie forrajera, momento de cosecha, periodo de almacenamiento, condiciones climáticas ocurridas durante el proceso de producción y metodología utilizada en su determinación.

Por otro lado, las prácticas de tapado y apisonado de semillas después de la siembra resultaran en mayor cantidad de plántulas emergidas, así como mayor diámetro de corona, lo que es importante para acumular sustancias de reserva que ayuden a sobrevivir las épocas de invierno y a rebrotar en las primeras lluvias (Quero-Carrillo *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

El éxito en el establecimiento de *Lolium perenne* dependerá en gran medida del tamaño de semilla utilizada, ya que se obtienen mejores resultados con semilla grande; sin embargo, depende de más factores.

Cuadro 2. Establecimiento, viabilidad y velocidad de emergencia en *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* a partir de dos tamaños de semilla.

Variable	<i>Lolium perenne</i>			<i>Dactylis glomerata</i>		
	Tamaño		Promedio	Tamaño		Promedio
	grande	chica		grande	chica	
Establecimiento (%)	94.3 a	79.3 b	86.8 A	75.3 a	69.5 a	72.4 B
Viabilidad (%)	95.5 a	81.8 b	88.6 A	80.0 a	78.3 a	79.1 B
Velocidad de emergencia	13.5 a	10.3 b	11.9 A	7.0 a	6.8 a	6.9 B

Promedios con letra distinta entre columnas, dentro de cada especie (a, b) y entre especies (A, B) indican diferencia estadística significativa (Tukey; $p \leq 0.05$).

En *Dactylis glomerata* el tamaño de semilla no sería un parámetro de apoyo para garantizar un establecimiento adecuado. La especie forrajera y tamaño de semilla influyeron en el vigor de las plántulas.

LITERATURA CITADA

- Albarrán E.J. 2005. Limitaciones y alternativas de la siembra de semilla sexual de gramíneas forrajeras. IX Seminario Manejo y utilización de Pastos y Forrajes en sistemas de producción animal. 31:70-80.
- Álvarez-Holguín A., Morales-Nieto C. R., Corrales-Lerma R., Melgoza-Castillo A., Méndez-Zamora G. 2017. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 4(10):161-168.
- Basra A.S. 1998. Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. Seed Science Research 8:303-305.
- Busso C.A., Bolletta A. I. 2007. Perennial grasses of different successional stages under various soil water inputs: Do they differ in root length density? Interciencia 32(3):206-212.
- Copeland L.O., McDonald M.B. 1995. Principles of seed science and technology. Ed. Chapman and Hall. USA. 409 p.
- Ervin E.H., La-Branche A., Zhang X. 2009. Kentucky bluegrass and creeping bentgrass responses to foliar application of glycinebetaine at three replacement levels. International Turfgrass Society 11:755-763.
- Faiguenbaum M.H., Romero A. L. 1991. Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.). Ciencia e Investigación Agraria 18(3):111-117.
- Franco L.H., David Calero D., Durán C. V. 2007. Manual de establecimiento de pasturas. Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 27 p.
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (ed).
- Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González Y., Mendoza F. 1994. Comportamiento de la germinación y la viabilidad en semillas de *Panicum maximum* CIH-3 durante el almacenamiento. Pastos y Forrajes 17(2):131-135.
- Hannaway D., Fransen S., Cropper J., Teel M., Chaney M., Griggs T., Halse R., Hart J., Cheeke P., Hansen D., Klinger R., Lane W. 1999. Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). Ed. Oregon State University. USA. 17 p.
- Hernández-Guzmán F. J., Quero-Carrillo A. R., Pérez-Rodríguez P., Velázquez-Martínez M., García-de los Santos G. 2015. Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en



- respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(7):1519-1532.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules of seed testing. *Seed Science and Technology*. 24 Supplement. 243 p.
- Joaquín S., Joaquín B.M., Rojas A.R., Estrada B., Hernández J., Limas A.G. 2016. Evaluación de la fecha de cosecha en el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha*. *Interciencia* 41(9): 616-621.
- Kelly A.F. 1988. Seed production of agricultural crops. Ed. Longman Scientific and Technical-John Wiley and Sons. USA. 227 p.
- Lawrence T., Dyck F. B. 1990. A comparison of two furrow opener-depth control assemblies for seeding forage grasses. *Journal of Range Management* 43:82-83.
- Matilla A.J. 2008. Desarrollo y germinación de las semillas. En: Azcón-Bieto J., Talón M. (eds). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Ed. McGraw Hill. España. pp:537-558.
- Molina M. J., Lisakowski I. Paulo Z. E. 1992. Pruebas de emergencia de maíz y su relación con la emergencia en campo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 15:10-21.
- Moreno-Gómez B., García-Moya E., Rascón-Cruz Q., Aguado-Santacruz G. A. 2012. Crecimiento y establecimiento de plántulas de *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths y *Eragrostis curvula* var. conferta Stapf bajo un régimen simulado de lluvia. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:299-308.
- Mullen R. E. 2003. *Crop Science, Principles and Practice*. Ed. Iowa State University. USA. 352 p.
- Ortiz S.C. 1997. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de Suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 17 p.
- Perry D.A. 1980. Deterioration of barley seed and its effects on field performance. In: Hebblethwaite (ed.). *Seed production*. Ed. Butterworths. England. pp:327-337.
- Popinigis F. 1985. *Fisiología da semente*. Ed. AGILPAN, Brasil. 289 p.
- Quero-Carrillo A. R., Hernández-Guzmán F. J., Pérez-Rodríguez P., Pool D., Landa-Salgado P., Nieto-Aquino R. 2017. Germinación y emergencia diaria de cariósides y diásporas de pastos nativos e introducidos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 40(1):35-44.
- Quero-Carrillo A. R., Hernández-Guzmán F. J., Velázquez-Martínez M., Gámez-Vázquez H. G., Landa-Salgado P., Aguilar-López P. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariósides. *Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales* 4(1):29-37.
- SAS. 2002. *SAS User's Guide: Statistics* (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Shieh W.J., McDonald M. B. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Science and Technology* 10:307-313.
- Velasco-Zebadúa M. E., Hernández-Garay A., González Hernández V. A., Pérez-Pérez J., Vaquera-Huerta H., Galvis S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactyloctenium aegyptium* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1):1-14.
- Vleeshouwers L.M., Bouwmeester H. J., Karsen C. M. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology* 83:1031-1037.
- Wang Y.R., Yu L., Nan Z. B., Liu Y. L. 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Science* 44(2):535-541.



ESTACIONALIDAD DE LA ALIMENTACIÓN BAJO PASTOREO EN LA CRÍA OVINA: ESTUDIO DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

DIET SEASONALITY WITH GRAZING IN SHEEP BREEDING: STUDY OF A PRODUCTION UNIT

Améndola-Massiotti, R.D.^{1*}, Rojas-López, O.¹, Tórtora-Pérez, J.L.², Burgueño-Ferreira J.A.³, Huerta-Bravo, M.¹, Hernández-Garay, A.^{4†}

¹Programa de Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Edo México, México CP56230. ²FES Cuautitlán, UNAM, Carretera Cuautitlán Teoloyucan Km 2.5, San Sebastian Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, CDMX. ³CIMMYT, Km. 45, Carretera México-Veracruz, El Batán, Texcoco, Edo. de México, México CP 56130 México. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor de correspondencia: r_amendola@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo fue estimar variaciones estacionales en la alimentación de ovejas de cría en pastoreo de praderas irrigadas de clima templado. El estudio se realizó en un rancho ubicado en Huamantla, Tlaxcala, México con riego en clima templado subhúmedo. El rebaño contó con 1,500 ovejas cuya alimentación se basó en pastoreo rotacional diurno en 52 ha de praderas de *Medicago sativa* con *Dactylis glomerata* y diferentes residuos agrícolas del rancho, ofrecidos durante el encierro vespertino y nocturno. Entre agosto 2010 y septiembre 2011 catorcenalmente se tomaron muestras de forraje ofrecido y residual para estimar el forraje aparentemente consumido. Asimismo, se registraron áreas pastoreadas y se tomaron muestras de pastoreo simulado y suplementos para estimar el consumo individual de energía metabolizable (EM). Cada 28 días se pesaron 70.5 ± 1.9 ovejas y se determinó la condición corporal. Se calcularon medias y error estándar de las variables. Durante invierno las masas de forraje ofrecido y el consumo de forraje fueron menores, con consecuencias negativas para el peso vivo y la condición corporal; como en esa estación ocurren la mayoría de los partos, el desequilibrio en alimentación debió afectar la eficiencia productiva del rancho.

Palabras clave: Consumo, energía metabolizable, peso vivo, condición corporal.

ABSTRACT

The objective was estimating seasonal variations in the diet of breeding sheep with grazing in irrigated pastures of temperature climate. The study was carried out in a ranch located in Huamantla, Tlaxcala, México, with irrigation in sub-humid temperature climate. The flock had 1,500 sheep whose diet was based on diurnal rotational grazing in 52 ha of *Medicago sativa* grasslands with *Dactylis glomerata* and different agricultural residues from the ranch, offered during the daytime and nighttime confinement. Between August 2010 and September 2011, every fortnight samples were taken of offered and residual fodder to estimate the fodder apparently consumed. Likewise, grazed areas were recorded and samples of simulated grazing and supplements were taken to estimate the individual consumption of metabolizable energy (ME). Every 28 days, 70.5 ± 1.9 sheep were weighed and the body condition was defined. Means and standard error of the variables were calculated. During winter the mass of fodder offered and fodder consumption was lower, with negative consequences for live weight and the body condition; since most of the births took place in that season, the imbalance in feeding must have affected the productive efficiency of the ranch.

Keywords: Consumption, metabolizable energy, live weight, body condition.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un rancho ubicado en Huamantla, Tlaxcala, México (19° 20' 238" N, O 97° 50' 997" y 2420 m de altitud) con clima templado subhúmedo de lluvias en verano, temperatura media anual 13 °C, con mínimas de -4 °C y máximas de 28 °C, la precipitación pluvial anual es 650 mm (García, 1988). El rancho cuenta con 250 ha en las que se practica un sistema agrícola-ganadero; su producción pecuaria consiste en la producción de corderos, reemplazos y sementales de la raza Columbia, en tanto que su producción agrícola se compone de cultivos de hortalizas varias (coliflor, brócoli, maíz blanco, cilantro, calabaza, zanahoria y tomate). El rebaño consistió en aproximadamente 1,500 ovejas alimentadas básicamente con pastoreo diurno (regularmente entre 7:30 y 16:00) en 52 ha de praderas irrigadas de alfalfa (*Medicago sativa*) con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) de uno a cinco años de edad y oferta *ad libitum* de agua y sales minerales. Las ovejas se manejaron divididas en tres grupos: i) ovejas gestantes y lactantes, ii) ovejas en empadre y iii) ovejas de reemplazo. Con uso de cerco eléctrico se les ofreció áreas frescas de praderas en tres ocasiones durante las horas de pastoreo. Durante el encierro vespertino y nocturno, las ovejas recibieron alimentación suplementaria con heno de pradera o diferentes residuos agrícolas (rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), rastrojo de avena (*Avena sativa* L.), zanahoria (*Daucus carota*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) producidos en el rancho. Con el fin de estimar el consumo aparente de forraje, entre agosto de 2010 y septiembre de 2011, con frecuencia catorcenal se tomaron muestras de forraje de forraje ofrecido y residual (Lantinga

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México presenta una estructura estratificada entre la cría, generalmente extensiva y la finalización intensiva en corral con elevado uso de concentrado (Partida *et al.*, 2013); el atraso de los sistemas de cría ha frenado el crecimiento del sector (Améndola *et al.*, 2006). Las praderas manejadas en pastoreo constituyen una opción que permite implementar sistemas intensivos de cría ovina con bajo costo (Partida *et al.*, 2013); sin embargo, dado que los rumiantes en sistemas pastoriles obtienen la mayoría de sus nutrientes de forraje del pastoreo, pueden ocurrir dificultades ante desequilibrios entre oferta y demanda de forraje, particularmente durante las épocas de menor crecimiento de las praderas (Miller y Thompson, 2005). En estas condiciones es necesario disponer de estimaciones de consumo de materia seca (MS) y energía metabolizable (EM) a través del año, con el fin de identificar periodos críticos y diseñar alternativas de manejo adecuadas tal como lo indica Farquharson (2009). Para ello, el conocimiento de las tasas de crecimiento de las praderas y requerimientos de los animales permite elaborar estrategias de alimentación anuales que equilibren oferta y demanda de alimento, utilizando otros recursos forrajeros o variando la carga animal (Curnow *et al.*, 2011). La información sobre sistemas de producción intensiva de cría ovina en pastoreo de praderas irrigadas de clima templado es escasa en México, por lo que el objetivo del estudio fue llevar a cabo registro de variables en una unidad de producción de cría ovina, con el fin de generar indicadores de la variación estacional en la alimentación, que sirvan de base para la elaboración de estrategias de manejo.

et al., 2004). La unidad de muestreo fue un rectángulo de 0.5×1.0 m, en cada área pastoreada se tomaron seis (praderas de un año) u ocho (praderas de tres o más años) muestras a ras de suelo; esas muestras se secaron durante 48 h a 100 °C en horno con circulación forzada de aire. Para estimar el contenido energético del forraje consumido, con pastoreo simulado (Bonnet et al., 2011) se tomaron muestras compuestas en cada área pastoreada. Asimismo, se tomaron muestras de alimento suplementario ofrecido y residual para su análisis en laboratorio. Las muestras de pastoreo simulado y alimento suplementario se secaron durante 72 h a 59 °C en horno con circulación forzada de aire, se molieron en molino Wiley® con malla de 1 mm y se analizaron para estimar contenido de fibra detergente ácido (FDA) por la técnica de bolsas de filtro descrita por Ferreira y Mertens (2007) con un equipo ANKOM 200 Fiber Analyzer (Macedon NY, USA). El contenido de energía metabolizable (EM) se estimó por medio de la Ecuación 1 derivada de información sobre contenidos de FDA y EM de forrajes reportados por NRC (2001).

$$EM, (\text{Mcal kg}^{-1} \text{ MS}) = 3.2534 - (0.0308 \times \% \text{ FDA}) \quad (1)$$

Cada 14 días se usó un GPS (Garmin GPS MAP® 76 Cx) para registrar las áreas de pastoreo. Los registros de áreas pastoreadas, número de animales, forraje consumido, suplemento consumido y los respectivos contenidos de EM se emplearon para estimar consumo de materia seca (MS) por ha y por oveja, consumo de EM en praderas y suplementos y proporción de EM aportada por el forraje consumido en praderas. Para registrar el peso vivo (PV) de los animales, se eligieron al azar 80 ovejas mismas que se pesaron cada 28 días con una báscula electrónica True Test® con precisión de 1 kg y una báscula de reloj con precisión de 05



Figura 1. Abundancia de forraje durante el verano en praderas irrigadas pastoreadas por borregos.

kg Feralpa® (se verificó la similitud de resultados con ambos instrumentos). Para evitar que el pesaje fuese muy estresante, no se pesaron las 80 ovejas en cada ocasión, en promedio se pesaron 70.5±1.9 ovejas; en esas mismas ovejas se estimó la condición corporal (CC) con una escala de 1 a 5, mediante la técnica propuesta por Russel (1984). Se calcularon esta-

dísticas descriptivas (media y error estándar) de los resultados experimentales según James et al. (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las masas de forraje ofrecido fueron en promedio 48% menores durante los meses de invierno que en primavera y verano (Figuras 1 y 2, Cuadro 1), debido a que las tasas de crecimiento de este tipo de praderas durante otoño e invierno son aproximadamente 50% más bajas que en primavera y verano (Améndola et al., 2006). Las masas de forraje residual también se redujeron en aproximadamente 50% en esos meses. Como consecuencia de ambas reducciones, el consumo de forraje por unidad de área durante esos tres meses (1157 kg MS ha⁻¹) fue 47% menor que el que se estimó durante los demás meses del año (Cuadro 1). Con base en el análisis de variables que controlan el consumo reseñado por Cosgrove y Edwards (2007), la reducción de las masas de forraje ofrecido y residual representaron severas restricciones al consumo individual de forraje.

Durante el período de menor disponibilidad de forraje, el suministro de alimento suplementario aumentó y entre noviembre y abril el aporte proporcional del forraje de praderas a la ingesta de EM fue 16% menor que en los demás meses (Cuadro 1). Sin embargo, el aumento de suplementación no compensó la reducción en consumo en praderas lo cual, de acuerdo con lo indicado por Curnow et al.



Figura 2. Escasez de forraje durante el invierno en praderas irrigadas pastoreadas por borregos.

Cuadro 1. Medias y errores estándar (entre paréntesis) de masas de forraje ofrecido y residual, forraje consumido y aporte proporcional del forraje consumido en praderas al consumo total de energía, en una finca comercial ubicada en Tlaxcala, México.

	Masas de forraje (kg MS ha ⁻¹)			Aporte proporcional del forraje de praderas al consumo de EM
	Ofrecido	Residual	Consumido	
Agosto	3857 (203)	976 (118)	2881 (173)	
Septiembre	3667 (357)	1126 (296)	2541 (275)	94% (1.1%)
Octubre	3035 (130)	564 (86)	2471 (200)	87% (1.8%)
Noviembre	3866 (369)	905 (211)	2962 (187)	81% (3.3%)
Diciembre	2113 (298)	362 (142)	1752 (236)	80% (1.7%)
Enero	1671 (321)	264 (114)	1408 (229)	72% (5.3%)
Febrero	1733 (190)	222 (46)	1511 (183)	77% (5.2%)
Marzo	3907 (422)	333 (127)	3575 (381)	77% (4.7%)
Abril	3137 (359)	521 (121)	2616 (420)	77% (4.9%)
Mayo	3087 (356)	203 (48)	2884 (346)	88% (2.3%)
Junio	3478 (365)	429 (50)	3050 (361)	97% (1.1%)
Julio	4037 (386)	710 (93)	3335 (347)	94% (1.9%)

(2011) tuvo impactos negativos sobre PV y CC (Cuadro 2) (Figura 3).

En este rancho durante esos meses de menor disponibilidad de forraje se concentra el mayor número de partos, tal como ocurre en la mayoría de los sistemas de cría ovina del altiplano mexicano Arroyo (2013). La coincidencia de deficiencias de alimentación con los momentos de mayor demanda nutrimental de las ovejas debió afectar negativamente el desempeño productivo de la finca. Esta concentración de partos está condicionada

no solo por características raciales sino también por el manejo reproductivo. Lucas *et al.* (2009) concluyeron que es posible realizar empadres en marzo, con lo que se cambiaría la época de mayor demanda de nutrientes de las borregas y con ello evitar, al menos parcialmente, el desequilibrio en alimentación. Un problema adicional que se presentó en el período que se realizó el estudio, fue el de desbalance en edades de las praderas, con una alta proporción de praderas de quinto año y ausencia de praderas de segundo año. Tal como lo reportaron Jiménez *et al.* (2018), también en este estudio la productividad de las praderas descendió con su edad (Figura 4). Améndola (2002) indicó que este problema de falta de persistencia, así como el de menor tasa de crecimiento invernal de las praderas, puede solucionarse al organizar una rotación de las praderas con cultivos forrajeros de invierno y maíz para ensilar.

Cuadro 2. Medias y errores estándar (entre paréntesis) de peso vivo (kg) y condición corporal (escala de 1 a 5) de ovejas Columbia en pastoreo de praderas templadas en una finca comercial ubicada en Tlaxcala, México.

	Peso vivo	Condición corporal
Septiembre	72.0 (1.8)	2.9 (0.32)
Octubre	73.2 (1.8)	2.9 (0.35)
Noviembre	69.2 (1.4)	2.6 (0.25)
Diciembre	66.1 (1.5)	2.3 (0.27)
Enero	65.1 (1.4)	2.2 (0.25)
Febrero	65.1 (1.4)	2.3 (0.23)
Marzo	67.6 (1.3)	2.5 (0.28)
Abril	66.9 (1.3)	2.6 (0.31)
Mayo	68.3 (1.2)	2.7 (0.30)
Junio	74.2 (1.3)	3.3 (0.45)
Julio	76.6 (1.3)	3.5 (0.40)
Agosto	80.5 (1.2)	3.8 (0.34)
Septiembre	76.9 (1.3)	3.5 (0.35)
Octubre	72.7 (1.6)	3.0 (0.35)

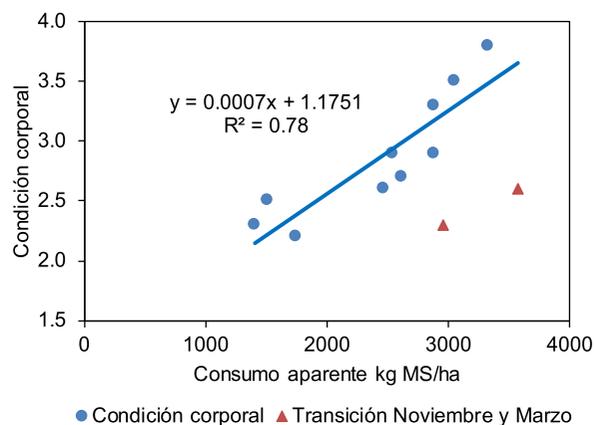


Figura 3. Relación entre el consumo aparente y la condición corporal de borregas en pastoreo de praderas irrigadas.

Es posible diseñar una estrategia basada tanto en la distribución de la oferta forraje (edad de praderas y rotación forrajera), como en la de la demanda de nutrientes (fecha de empadre), con el objetivo de reducir los periodos críticos en la nutrición del rebaño; tal como lo definen Curnow *et al.* (2011) se puede emplear una guía con metas de condición corporal que permita intervenir rápidamente en situaciones no previstas por esta estrategia.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de forraje y el consumo en las praderas se redujo en los meses de invierno, lo que estuvo relacionado con pérdidas de peso vivo y condición corporal de las borregas. Dado que en esos meses ocurrieron la mayor cantidad de partos ese desequilibrio es negativo para el desempeño productivo del rancho. El desequilibrio en la rotación manifestado por la falta de praderas de segundo año y el alto número de praderas de quinto año contribuyó a la crisis forrajera. En la literatura existen evidencias de métodos que permiten solucionar ese tipo de crisis.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al ingeniero Lorenzo Yano Bretón el apoyo recibido para la realización de este trabajo, asimismo se extiende el agradecimiento al personal administrativo y de campo del rancho; también, expresan su agradecimiento a CONACYT por la beca otorgada al segundo autor para realizar estudios de maestría.

LITERATURA CITADA

- Amendola R.D. 2002. A dairy system based on forages and grazing in temperate México. PhD thesis, Wageningen Universiteit, The Netherlands. 269 p. Disponible en <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1641132> consultada el 3 de marzo de 2018.
- Améndola R., Castillo E., Martínez P.A. 2006. Country Pasture/Forage Resource Profiles. México. FAO, Roma, CD-ROM.
- Arroyo J. 2011. Revisión. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 829-845.
- Bonnet O., Hagenah N., Hebbelmann L., Meuret, M., Shrader A.M. 2011. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores?, *Rangeland Ecology and Management*, 64, 366-374.
- Cosgrove, G.P., Edwards G.R. 2007. Control of grazing intake. In: *Pasture and Supplements for Grazing Animals*. Rattray, P.V., Brookes I.M., and Nicol, A.M. (Eds.). New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication No. 14. Hamilton, New Zealand, 61-80.
- Curnow M., Oldham C. M., Behrendt R., Gordon D. J., Hyder M. W., Rose I. J., Whale J. W., Young J. M., Thompson A. N. 2011. Successful adoption of new guidelines for the nutritional

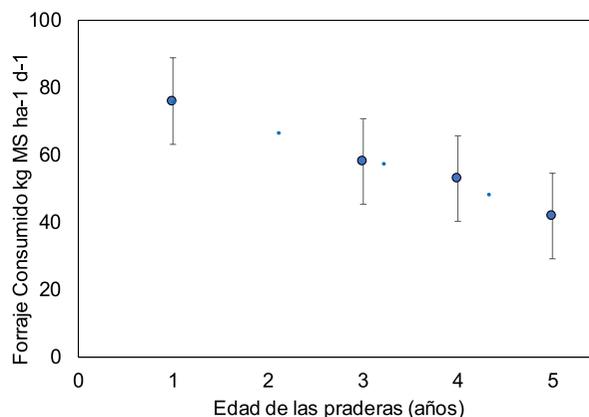


Figura 4. Evolución de la productividad de las praderas con la edad. Las barras verticales indican \pm error estándar.

management of ewes is dependent on the development of appropriate tools and information. *Animal Production Science*, 51: 851-856

- Farquharson B. 2009. A whole farm approach to planned animal health and production for sheep clients in Australia. *Small Ruminant Research* 86: 26-29.
- Ferreira G., Mertens D.R. 2007. Measuring detergent fibre and insoluble protein in corn silage using crucibles or filter bags, *Animal Feed Science and Technology*, 133, 335-340.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4a. ed., Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 217 p.
- James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. 2013. *An Introduction to Statistical Learning. With applications in R*. Springer Science+Business Media New York. 426 p.
- Jiménez-Rosales J. D., Améndola-Massiotti R. D., Burgueño-Ferreira J. A., Ramírez-Valverde R., Topete-Pelayo P., Huerta-Bravo M. 2018. Herbage intake of dairy cows in mixed sequential grazing with breeding ewes as followers. *Trop Anim Health Prod*, 50:531-536.
- Lantinga E. A., Neuteboom J. H., Meijis J.A.C. 2004. Sward methods. In: P. Penning (Ed.) *Herbage Intake Handbook*. 2a Ed. The British Grassland Society. UK. pp: 23-52.
- Lucas de T.J., Zarco L.A.Q., González E.P., Tórtora J. P., Vásquez C.P. 2009. Evaluación biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos de raza Columbia en producción intensiva. *Vet. Mex* 40. *Vet. Méx.*, 40: 105-122.
- Miller S.M., Thompson R. P. 2005. Seasonal patterns of diet composition, herbage intake and digestibility identify limitations to performance of weaner sheep grazing native pasture in the Falkland Islands. *Grass and Forage Science*, 60: 356-366
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. National Academy Press, Washington, D. C. 381 p.
- Partida de la P.J.A.D., Varela B., Jiménez H.S., Ríos F.G.R., Buendía G.R. 2013. *Producción de Carne Ovina*. CENID-INIFAP, México D. F. 107 p.
- Russel A. 1984. Body condition scoring of sheep. In *Practice* 6: 91-93.

EL PASTO GATTON (*Panicum maximum* cv. gatton panic) UNA ALTERNATIVA PARA EL NOROESTE DEL CHACO, ARGENTINA

GATTON GRASS (*Panicum maximum* cv. gatton panic):
AN ALTERNATIVE FOR NORTHEAST OF CHACO, ARGENTINA

Schnellmann, L.P.¹, Verdoljak, J.J.O.², Bernardis, A.¹, Martínez-González, J.C.^{3*},
Castillo-Rodríguez S.P.³, Joaquín-Cancino, S.³

¹Universidad Nacional del Nordeste-Facultad de Ciencias Veterinarias. ²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Estación Experimental Agropecuaria Corrientes. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87149.

*Autor de correspondencia: jmartinez@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El pasto Gatton (*Panicum maximum* cv. gatton panic) es un cultivar que se seleccionó por ser perenne, de crecimiento erecto, desarrollando grandes macollas. Resultados de varias pruebas de adaptación han mostrado buen crecimiento del cv. Gatton panic desde el nivel del mar hasta los 1800 m, en trópico húmedo con altas precipitaciones, y en condiciones subhúmedas con cinco a seis meses secos y precipitaciones anuales mayores a 500 mm. El objetivo de este escrito fue dar a conocer el potencial que tiene el pasto Gatton en el noreste del Chaco, Argentina como fuente de forraje, registrando entre sus mejores ventajas, que la producción de forraje oscila entre 7.5 a 10.5 t de MS ha⁻¹ año⁻¹, donde un 20% de este rendimiento puede producirse durante el período seco. La calidad forrajera del cv. Gatton Panic es alta comparada con otras gramíneas tropicales. Se han reportado valores de PC entre 6 y 11% y digestibilidad *in vitro* de la materia seca entre 55 y 70%.

Palabras clave: Forrajes, alimento animal, Poaceas.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018, pp. 118-123.

Recibido: febrero, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

ABSTRACT

Gatton grass (*Panicum maximum* cv. gatton panic) is a cultivar that was selected for being perennial, of erect growth, which develops large clusters. Results from several adaptation tests have shown good growth of cv. Gatton panic from sea level and up to 1800 m, in humid tropics with high precipitations, and in sub-humid conditions with five to six dry months and annual precipitations higher than 500 mm. The objective of this study was to communicate the potential that Gatton grass has in the northeast of the Chaco region, Argentina, as a source of fodder. Among its best advantages, it shows that fodder production ranges from 7.5 to 10.5 t of DM ha⁻¹ year⁻¹, where 20 % of this yield can be produced during the dry period. The fodder quality of cv. Gatton panic is high compared to other tropical grasses. Values of RP between 6 and 11 % have been reported and *in vitro* digestibility of the dry matter between 55 and 70 %.

Keywords: Fodder, animal diet, Poaceae.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera, se desarrolla en pastoreo extensivo como principal recurso alimenticio, sobre especies nativas y naturalizadas (Szott *et al.*, 2000; Lobo, 2004; Pirela, 2005; Ricci, 2007; Martínez-González *et al.*, 2017), la cual está dada principalmente por pastizales naturales, compuestos por abras, espartillares y cañadas. Estos tienen una producción muy variable dependiendo de la zona y la época del año, mostrando fuerte crecimiento en primavera verano disminuyendo en el otoño y el invierno. En la asignación de potreros predomina el sistema continuo, con lo cual la hacienda sobre pastorea algunas especies y sub pastorea otras, esto ocasiona problemas de erosión, pérdida de capacidad productiva de

biomasa, lo que conlleva al incremento de pasturas degradadas (Botero, 1998; Pomarela y Stenfield, 2000; CATIE, 2002). Lo anterior disminuye aún más el rendimiento de los pastizales, sobre todo en aquellas épocas de baja incidencia de precipitación, y por consiguiente baja recuperación del pastizal. A partir de la década de los años ochenta, la agricultura empezó a tener mayor importancia y rentabilidad, lo que trasladó la ganadería a zonas marginales edáficamente (De León y Boetto, 2004), de tal forma que ambientes con suelos de escasa o excesiva humedad, salinos o alcalinos, con fuertes variaciones de lluvias, son valorados actualmente con otra perspectiva para la producción animal. Además, se fue intensificando el sistema de producción lo cual provocó que se elevara la carga animal por unidad de superficie, esto derivó en la necesidad de incrementar la receptividad de los potreros (Ustarroz y De León, 2004). Todo esto obligó al productor ganadero a realizar la búsqueda e implantación de pasturas cultivadas que se adaptaran a estas zonas más complejas, y que contenga atributos deseados como, persistencia, alta productividad, resistencia al pastoreo, mayor calidad, tolerancia a condiciones de sequía, a las heladas y a la salinidad, entre otros y en normas de manejo que aseguren una pastura altamente productiva (Skerman *et al.*, 1991; Pérez, 2005). A su vez en el centro y norte del país se incorporaron pasturas implantadas, las cuales tienen la capacidad de producir mayor cantidad de biomasa y mantener la calidad forrajera por más tiempo que los pastizales naturales, característica que permite intensificar la ganadería (De León y Boetto, 2004). Por lo anterior, el objetivo de este escrito es dar a conocer el potencial que tiene el pasto Gatton (*Panicum maximum* cv. gatton panic)

en el noreste del Chaco, Argentina, partiendo de una mini revisión.

MATERIALES Y MÉTODOS

La provincia del Chaco, forma parte de la denominada Región Chaqueña la cual se extiende a través de varias provincias argentinas (Figura 1), además abarca extensas superficies de Paraguay, Bolivia y Brasil (Galmarni y Raffo, 1964).

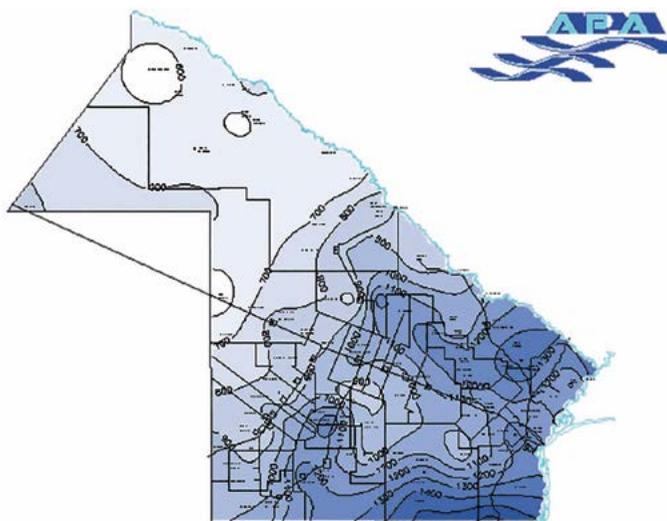


Figura 1. Mapa de isohietas de la provincia del Chaco, Argentina (APA, 2017).

Dentro de Argentina, el Chaco se encuentra en la región Nordeste del país, limita con las provincias de Formosa al Norte, al Este con Corrientes, al Sur con Santa Fe y al Oeste con Salta y Santiago del Estero. El aspecto de la vegetación natural de un lugar, como su aptitud agrícola o ganadera, depende no solo de la cantidad de lluvia anual, sino también y de manera muy marcada de las épocas del año en que ocurren (De Fina y Revelo, 1985). Las precipitaciones disminuyen en forma gradual de Este a Oeste, desde la confluencia Paraná-Paraguay, donde se llega a un máximo de 1300 mm, hasta el extremo Nor-Oeste en Taco pozo con algo menos de 500 mm (Ledesma y Zurita, 1995). En lo que respecta al relieve, el Chaco es sinónimo de llanura, con pendiente general de Noroeste a Sureste. El área referida a la localidad de Juan José Castelli, se encuentra dentro de las áreas geomorfológicas Sáenz Peña e Impenetrable, siendo la primera surcada por numerosos paleocauces de rumbo Noroeste-Sureste; mientras que la segunda es una extensa llanura interfluvial fósil, plana puesta en evidencia por los antiguos causes anastomosados por la poca pendiente (Alberto y Bruniard, 1987). Los valores de las temperaturas medias anuales que se registraron en la zona son de 21.4 °C, mientras que las mínimas medias fueron de 15.3 °C y las máximas medias fueron de 29.2 °C (Galmarini y Raffo, 1964). La vegetación es predominantemente monte, con abras y espartillares intercalados dentro del mismo. Estando compuestos estos últimos por pasturas naturales de diversas calidades.

Los Forrajes

La familia botánica de los pastos (Poaceae) agrupa muchas especies tanto silvestres como cultivados, los cuales tienen la capacidad de producir altos volúmenes de materia seca, pero con un cambio rápido de su valor nutritivo, a medida que se endurecen las cañas y avanza su ciclo (Tomé, 1983). Dentro de esta familia, el género *Panicum* es uno de los más difundidos en el Noreste de Argentina, son originarias de Rodhesia, región del África Oriental, hoy Zimbabwe (Alcántara y Bufarah, 1986). Pertenecen a la tribu Paniceae, que cuenta con unos 81 géneros y más de 1,460 especies. Se distribuyen en una amplia gama del mundo, desde los 40° S a 50° de latitud norte. Aronovich (1995) estimó que las Poáceas (antes gramíneas) de este género, ocupan una superficie de más de seis millones de hectáreas en Brasil (Teixeira y Borges, 2005). Casado y Cavalieri (2015) mencionaron que la especie más utilizada en la región es el Gatton Panic (*Panicum máximum* cv. Gatton panic), además de Grama Rhodes (*Chloris gayana*), que por su plasticidad

es muy benéfica para la zona. La *Brachiaria (Brachiaria brizantha)*, por su alto valor nutritivo es muy deseada por los productores aunque es muy sensible a la falta de agua. Mientras que el Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*), es ideal para zonas con períodos prolongados de sequía. Además, se debe evaluar en el comportamiento productivo y calidad de manera controlada y con esto determinar si es una opción para la ganadería en la región tropical (Sosa et al., 2008; Rojas-Hernández et al., 2011).

Las especies forrajeras tropicales

Como ocurre en todas las forrajeras tropicales, estas especies concentran la mayor parte de producción de MS durante los períodos de lluvias (Van Soest, 1994; Herrera-Ojeda et al., 2018). Es decir que el 80% del crecimiento ocurre entre los meses de octubre a marzo (180 d), siendo escasa a nula su producción cuando la temperatura y humedad desciende en los restantes meses del año (Holgado, 1999). Las diferentes etapas fenológicas por las que atraviesa una planta se pueden agrupar en cuatro categorías primarias: vegetativa, elongación, reproductiva y madurez (Moore y Moser, 1995). El avance de las etapas fenológicas determina la disminución de la digestibilidad de las pasturas, hecho que se acentúa durante el desarrollo reproductivo debido a la reducción en el macollaje, la relación hoja:tallo (H:T) y un aumento de la concentración de los carbohidratos estructurales (Pearson e Ison, 1994). A medida que la edad de la pastura avanza, se observa un incremento de biomasa vegetal, en detrimento de la calidad nutritiva del forraje. Esto ocurre por la producción de la parte estructural de la planta, incremento de fibras no digestibles en la pared celular, ligninas y aumento del porcentaje de madera en el tallo, lo que además provoca que sea de baja palatabilidad para el ganado (De León y Boetto, 2004).

En este sentido las especies templadas difieren de las subtropicales ya que las primeras tienen un período vegetativo bien definido y prolongado, mientras que las otras presentan un corto tiempo de rebrote y rápidamente de forma continua, comienzan a formar los tallos. El crecimiento de la pastura, será modificado por el pastoreo al que se exponga, en cuanto al momento de utilización y carga animal (De León y Boetto, 2004). La producción forrajera lograda es función de la interacción de factores climáticos (lluvias, temperatura y luminosidad), factores edáficos (características físicas, químicas y biológicas de los suelos) y antrópicos (técnicas de implantación y manejo de las pasturas) (Reichart, 1983). Por lo tanto, resultados de trabajos de investigación y

experimentación obtenidos bajo determinadas condiciones y características de un lugar no pueden generalizarse y extenderse a otros sin previo análisis y consideraciones de las particularidades de los factores de producción que intervienen (Reichart, 1983).

Panicum máximum se adecua a climas tropicales y subtropicales húmedos, prospera bien desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altitud, crece en diferentes tipos de suelos, siempre y cuando estén bien drenados, se adapta a suelos ligeramente ácidos a básicos (Ph 5 a 8) y la fertilidad del suelo de media a alta (Valdés y Abastida, 1993). Respecto a los requisitos de pluviosidad puede ser dividida en variedades que son procedentes de áreas con altas precipitaciones, como por ejemplo Colonial, Hamil, Tanzania-1 (>1,300 mm) o Tobiata y Centenario (>1000 mm); y los procedentes de áreas con precipitaciones más bajas (<1000 mm) como por ejemplo Gatton panic y Green panic (Glatzle, 1999). El Gatton (*Panicum máximum* cv gatton panic) proviene de Zimbawe y fue seleccionado en ensayos entre 1956 y 1964 en Queensland, Australia. El mismo tiene un crecimiento vigoroso y un alto potencial de auto siembra (Glatzle, 1999). Es una planta perenne, cespitosa, erguida que puede formar densas cepas o macollos (hasta de un metro de diámetro), presenta un sistema radicular fibroso y profundo, sus tallos alcanzan una altura entre 0.6 y 1.5 m, sus hojas son lineares y tienen entre 0.15 y 0.50 m de largo y hasta 2 cm de ancho. La inflorescencia es una panícula laxa de hasta 0.20 m de longitud (Renolfi y Pérez, 1988). Su semilla es pequeña, existiendo 1400 semillas g^{-1} (Skerman y RIVERS, 1990).

Panicum máximum cv gatton panic es una especie apomictica, es decir que produce semillas sin fecundación anterior, por ello, el cultivar Gatton panic no produce cruzamientos con otros cultivares y se mantiene estable (Glatzle, 1999). Es resistente a sequías, no tolera heladas invernales, pero rebrota con las primeras lluvias en primavera. Otra característica sobresaliente de Gatton panic, es la tolerancia que tiene al sombreado de árboles, por lo cual es empleado en el establecimiento de sistemas silvopastoriles (Renolfi y Pérez, 1988; Casado y Cavalieri, 2015). Algunos autores como Verdecia *et al.* (2009) encontraron que los mayores rendimientos de materia seca (MS) para *Panicum máximum* cv. Mombaza y Uganda se produjo a la edad de 75 días. Similares resultados son señalados por Souza *et al.* (2007) quienes registraron incrementos de altura lineal y producción de MS de Tanzania con el aumento de los intervalos de corte. Sin embargo, la proporción hoja-tallos (H:T) disminuyó a partir de los 30 días, incrementándose el porcentaje de tallos a partir de esa edad (Andrade-Teixeira *et al.*, 2005). En estudios similares, Valenciaga *et al.* (2009) encontraron que la concentración de MS en *P. purpureum* cv. CUBA CT-115 aumentó con la edad de rebrote, en detrimento del tenor de proteína. Asimismo, Castro *et al.* (2007) encontraron en *Brachiaria brizantha* cv. Marandú resultados similares.

El resultado de cosechas frecuentes de forraje, causa un efecto inmediato en la cantidad de luz interceptada, también en las reservas de carbohidratos y en el crecimiento de la raíz (Beltrán-López *et al.*, 2005). En este proceso hay un cambio en la economía del carbono y nitrógeno,

en función del área foliar removida y capacidad fotosintética del tejido foliar remanente, hasta que el área fotosintéticamente activa se llegue a restaurar hay movilización de las reservas de N_2 , hasta que el suministro de C se normaliza y se restablece la capacidad de absorción de N_2 (Lemaire, 2001). La altura de corte está asociada con la cantidad de follaje y yemas remanentes, las que tienen un efecto directo sobre el rebrote (Martínez-Méndez *et al.*, 2008). Autores como Beltrán-López *et al.* (2005) registraron que el mayor crecimiento y rendimiento foliar en pasto Buffel se dio al cortarlo a los 10 cm de altura. Se han realizado trabajos en distintas partes del país, dado la amplitud y plasticidad que tiene esta especie para producir en diversos ambientes, los resultados que se han obtenido son tan distintos de una zona a otra que nos vemos en la necesidad de conocer un poco más de las capacidades productivas de esta pastura, dado la importancia que adquirió en lo que respecta a la superficie implantada.

Se estima que en la provincia del Chaco hay más de 320000 ha según el Sistema de Información Territorial del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (SIT-INTA), de las cuales recién se empezaron a tomar datos preliminares para la zona oeste de la provincia en el año 2011, más precisamente en el Departamento Almirante Brown, con rendimientos de 10500 kg MS ha^{-1} año $^{-1}$ (Viccini *et al.*, 2011), y en cuyos resultados se observan grandes oscilaciones en cuanto a lo referido a rendimiento acumulado de MS.

Por ejemplo, en Santiago del Estero se publicaron rendimientos de 8500 kg MS ha^{-1} (Cornacchione y Reineri, 2008), otro como Pérez

(2005) en Tucumán obtuvo rendimientos de 7500 kg MS ha⁻¹. En consecuencia, se considera pertinente realizar las mediciones en el área del departamento General Güemes.

CONCLUSIONES

El pasto Gaton (*Panicum maximum* cv gaton panic) es una gramínea resistente al pastoreo intensivo, de rápido crecimiento y mayor producción de semilla, en comparación con las especies nativas; características que la hacen valiosa como forrajera en la provincia del Chaco, Argentina.

LITERATURA CITADA

- Alberto J. A., Bruniard E. 1987. Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo I. Geográfica, Revista del Instituto de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste. Resistencia – Chaco. Argentina.
- Alcántara P. B., Bufarah G. 1986. Plantas Forrageiras: gamíneas & leguminosas. 3ra edición. Edit. Nobel. Sau Paulo, Brasil. 150 p.
- Andrade-Teixeira F., Vieira-Pires A. J., Mattos-Veloso C. 2005. Intensidade de pastejo sobre a produção, qualidade e perdas em *Panicum máximum*. REDVET VI(10): Disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101005.html>
- APA (Administración Provincial del Agua). 2017. Mapa de isohietas de la provincia del Chaco. Disponible: www.chaco.gov.ar/apa/temasapa/eb/isohieta%202000-2001.html
- Aronovich S. O. 1995. Capim colônia e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: introdução e evolução do uso no Brasil. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem, 12. Piracicaba. Anais, Piracicaba: FEALQ. p. 1-20.
- Beltrán-López S., Hernández-Garay A., García-Moya E., Pérez-Pérez J., Kohashi-Shibata J., Herrera-Haro J. G., Quero-Carrillo A. R., González-Muñoz 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 39:137-147. Disponible: <http://www.colpos.mx/agrociencia/Bimestral/2005/mar-abr/art-2.pdf>
- Botero J. A. 1998. Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema de doble propósito en el trópico húmedo. Tesis M. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. p. 99.
- Casado M. V., Cavalieri J. M. 2015. Reconocimiento de especies forrajeras (Gaton panic). Disponible: <https://inta.gov.ar/documentos/reconocimiento-de-especies-forrajeras-gaton-panic>
- Castro G. H. F., Graça D. S., Gonçalves L. C., Mauricio R. M., Rodriguez N. M., Borges I., Tomich T. R. 2007. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. marandu colhida em diferentes idades ao corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 59:1538-1544. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000600029>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2002. Multi-stakeholder participatory development of sustainable land use alternatives for degraded pasture lands in Central America. Turrialba, Costa Rica.
- Cornacchione M., Reineri S. 2008. ¿Cuánto produce el Gaton panic? INTA Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/120-gaton-panic.pdf
- De Fina A. L., Revelo A. C. 1985. Climatología y fenología agrícola. 4ª Edición. EUDEBA S. E. M. Buenos Aires, Argentina.
- De León M., Boetto C. 2004. Informe Técnico N| 6. 2ª Jornada Ampliando la Frontera Ganadera. INTA Manfredi.
- Galmarini A. G., Raffo del Campo J. M. 1964. Rasgos fundamentales que caracterizan el clima de la Región Chaqueña. pp. 5-44.
- Glatzle A. 1999. Compendio para el Manejo de Pasturas en el Chaco. Editorial El Lector. Paraguay. p. 42.
- Herrera-Ojeda J. B., Parra-Bracamonte G. M., Herrera-Camacho J., López-Villalobos N., Magaña-Monforte J. G., Martínez-González J. C., Lobit P., Vázquez-Armijo J. F. 2018. Información climáticas asociada a estaciones productivas para el ajuste de modelos estadísticos de sistemas bovinos bajo condiciones extensivas. Archivos de Zootecnia 67(257):21-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.21071/az.v67i257>
- Holgado F. D. 1999. Desarrollo Rural del NOA-INTA. Disponible: http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/13-invernada_sobre_la_base_de_pasturas_tropicales.htm
- Ledesma L. L., Zurita J. J. 1995. Los suelos de la Provincia del Chaco. Convenio Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Gobierno de la Provincia del Chaco, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant population in grazed swards. Proc. XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brasil. pp.11-25. Disponible: <http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/2001/tema1-1.pdf>
- Lobo M. V. 2004. Alternativas forrajeras para el trópico sub-húmedo de Costa Rica. In: Memoria de Seminario de ganadería bovina: Carne-Leche. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Costa Rica (INTA).
- Martínez-González J. C., Castillo-Rodríguez S. P., Villalobos-Cortés A., Hernández-Meléndez J. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. Ciencia Agropecuaria 26(1):132-152. <http://www.idiap.gob.pa/?wpdmdl=3163>
- Martínez-Méndez D., Hernández-Garay A., Enríquez-Quiros J. F., Pérez-Pérez J., González-Muñoz S. S., Herrera-Haro J. G. 2008. Producción de forraje y componentes del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de defoliación. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 46: 427-438. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200809250536.pdf>
- Moore K. J., Moser L. E. 1995. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. Crop Science 35:37-43.
- Pearson C. J., Ison R. L. 1994. Nutrición mineral. In: Agronomía de los sistemas pastoriles. Primera Edición. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 61-76.
- Pérez H. E. 2005. Características de las especies forrajeras adaptadas a las condiciones del NO del país. Trabajo presentado en Forrajes 2005, Córdoba. Technidea. Disponible: <http://www.inta.gov.ar/leales/info/pdf/caforra.pdf>
- Pirela M. F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. En: González-Stagnaro, C., Soto-Bellos, E. (Eds.). Manual de ganadería doble

- propósito. Fundación GIRARZ. Maracaibo, Impreso en Ediciones Astro Data S. A. pp. 176-182.
- Pomarela C., Stendfield H. 2000. Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales. Nuestra Tierra. San José. Costa Rica. 334 p.
- Reichart M. 1983. Suelos, pastoreos, pasturas y conservación de forrajes. En: Helman, M. Ganadería Tropical. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. pp. 45-48.
- Renolfi R. F., Pérez H. E. 1988. Forrajeras cultivadas. En: Desmorte y habilitación de tierras en la región chaqueña semiárida. FAO. Santiago, Chile. pp. 201-231.
- Ricci H. R. 2007. Producción Primaria de cuatro gramíneas tropicales perennes cultivadas, en la llanura deprimida de Tucumán. Impresiones Biglia. Argentina. p. 29.
- Rojas-Hernández, S., J. Olivares-Pérez, R. Jiménez-Guillén, I. Gutiérrez-Segura y F. Avilés-Nova. 2011. Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico. Avances en Investigación Agropecuaria 15:3-8.
- Skerman P. J., Cameron D. C., Riveros F. 1991. Gramíneas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección de la FAO: Producción y Protección Vegetal N° 2. Roma, Italia. Pp.707.
- Skerman P. J., Riveros F. 1990. Tropical grasses. FAO Plant Production and Protection Series, N° 23. Roma, Italia.
- Sosa E., Cabrera E., Pérez D., Ortega L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. Técnica Pecuaria en México 46:413-426.
- Souza M. R. F. de, Pinto J. C., Oliveira I. P. de, Muniz J. A., Rocha G. P., Antônio Ricardo Evangelista A. R. 2007. Produção de forragem do capim-tanzânia sob intervalos de corte e doses de potássio. Ciência e agrotecnologia, Lavras 31(5):1532-1536.
- Szott L., Ibrahim M., Beer J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. Informe Técnico N°313 CATIE. Costa Rica. p. 71.
- Teixeira D. A. B., Borges I. 2005. Effect of increasing level of whole cottonseed on intake and apparent digestibility of fiber fraction of *Brachiaria decumbens* hay in sheep. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária y Zootecnia 57(2):229-233.
- Tomé G. A. 1983. Ganadería Tropical. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. Pp. 49-56.
- Ustaroz E., De León M. 2004. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. Informe Técnico n° 7. pp. 1-32.
- Valdés M., Abastida I. 1993. Agroforestería y conservación de suelo. Sistema silvopastoriles. Manual técnico # 5. Segualepeque, Honduras. p. 123.
- Valenciaga D., Chongo B., Herrera R. S., Torres V., Oramas A., Cairo J. C., Herrera M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* cv. CUBA CT-115. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43:73-79. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1930/193015398013.pdf>
- Van Soest P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2ª edición. Cornell University Press, Ithaca, NY. p. 476.
- Verdecia D. M., Ramírez J. L., Leonard I., García F. 2009. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v Mombasa y Uganda) en la provincia Granma. REDVET 10(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050509.html>
- Viccini R., Chiossone J., Ondo Misi S. 2011. Cartilla Producción de materia seca de gatton panic en el Departamento Almirante Brown en diferentes sistemas de manejo.



GLICEROL UNA ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

GLYCEROL, AN ALTERNATIVE FOR RUMINANT DIETS

Hidalgo-Hernández, U.¹, Ortega-Cerrilla, M.E.^{1*}, Herrera-Haro, J.G.¹, Ramírez-Mella, M.², Zetina-Córdoba, P.³

¹Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P 56230. ²CONACYT-Colegio de Postgraduados. Campus Campeche. Carretera Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche. C. P. 24450.

³Unidad académica de Biotecnología y Agroindustrial, Universidad Politécnica de Huatusco. Col. Centro, Huatusco, Veracruz. C.P 94100.

*Autor de correspondencia: meoc@colpos.mx

RESUMEN

La búsqueda de alternativas en la nutrición animal ha generado el interés de utilizar subproductos agrícolas e industriales, tales como el glicerol, subproducto de la producción de biodiesel. El glicerol puede ser usado en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de energía, lo que permite sustituirlo por granos en la ración. En este trabajo se revisan diferentes investigaciones en las que se ha proporcionado glicerol en la dieta de ovinos y bovinos, y los resultados obtenidos.

Palabras clave: Biodiesel, ovinos, bovinos.

ABSTRACT

The search for alternatives in animal nutrition has generated interest in using agricultural and industrial byproducts, such as glycerol, byproduct of biodiesel production. Glycerol can be used in ruminant diets due to its high energy content, which allows it to substitute grains in the ration. In this study we revise different pieces of research where glycerol has been supplied in the diet of ovine and bovine livestock, and the results obtained.

Keywords: Biodiesel, ovines, bovines.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018, pp: 124-129.

Recibido: abril, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.



INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alternativas que sustituyan al petróleo ha generado un incremento en la industria de la producción de biodiesel durante los últimos años, evitando de esta manera impactos perjudiciales en el ambiente. El biodiesel es el resultado de la transesterificación de ácidos grasos (vegetales y animales) con un alcohol (metanol, etanol), obteniendo como subproducto de su producción al glicerol (Yang *et al.*, 2012). El glicerol crudo o glicerina, contiene propiedades físicas y químicas que varían de acuerdo a su grado de pureza (Ayoub *et al.*, 2012). Este puede ser usado para alimentación animal, debido a su aporte energético (2,20 Mcal kg⁻¹ MS), principalmente en dietas para rumiantes. El glicerol es un compuesto gluconeogénico, que se fermenta en una alta proporción en el rumen y produce propionato (Roger *et al.*, 1992; Bergner *et al.*, 1995; Kijora *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2011). Aunque el glicerol fue reconocido en el 2006 como seguro por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), para su uso en concentrados destinados para la alimentación animal existe una limitante para su uso, el contenido de metanol, ya que concentraciones mayores al 0.5% pueden hacer que este sea tóxico para los rumiantes (Drackley, 2008). La presente revisión tiene como objetivo mostrar algunos de los resultados obtenidos al utilizar glicerol en dietas para rumiantes.

Producción de biodiesel

La utilización de aceites vegetales como combustibles está documentada desde los años 1896 y 1908 cuando Henry Ford construyó el "Quadricycle" y el "Model T", ambos automóviles funcionaban con etanol, aceite de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) y de soya (*Glycine max* L.) (Álvarez-Maciel, 2009; Fuel-Testers, 2009). Rudolph Diesel en 1900 exhibió en París un motor que funcionó con aceite de cacahuate (Radish, 2004; Agarwal, 2007). Sin embargo, fue hasta 1973 que el biodiesel se desarrolló de forma significativa, a raíz de la primera crisis petrolera la cual afectó países como Brasil, Estados Unidos, Nicaragua y otros que dependen de la importación de este combustible (Foidl *et al.*, 1996; Álvarez-Maciel, 2009). En 1982 en Austria y Alemania se realizaron las primeras pruebas técnicas con combustible vegetal y en 1985, en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de biodiesel a partir de semillas de canola. Dentro de los países pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles, se encuentran Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos,

Francia, Italia, Malasia y Suecia (Korbitz, 1999). México es considerado dentro de los 10 países con mayor producción y exportación de petróleo en el mundo; sin embargo, en los últimos años ha presentado un declive en la producción del crudo, por lo que se deben buscar fuentes alternativas de energía. En México, en el 2008 entró en vigor la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, la cual es la base para la producción y comercialización de los mismos, fomentando la investigación, desarrollo e innovación tecnológica y la integración de los sectores públicos, privados y sociales (SENER, 2009). En este sentido la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) desde el 2013 ha impulsado la producción de biocombustibles como una alternativa sustentable mediante cultivos específicos (*Elaeis guineensis* Jacq., *Jatropha curcas*, *Ricinus communis* L. y *Saccharum* spp.), en beneficio del sector energético y de los productores del país, con la inversión para el establecimiento y/o mantenimiento de 7,939 ha de cultivo, además de la apertura de siete plantas de biocombustibles, generando una producción de 42.2 millones de litros anuales (SAGARPA, 2017). El término "biodiesel" se utiliza para describir el combustible compuesto por ésteres alquílicos, resultado de la transesterificación de ácidos grasos de fuentes vegetales y animales con un alcohol (Thompson y He, 2006; Donkin y Doane, 2007; Zuleta *et al.*, 2007). Como se mencionó anteriormente, el método más común para la obtención del biodiesel, es la transesterificación de triglicéridos, utilizando un alcohol (metanol, etanol, propanol o butanol) en presencia de un catalizador como hidróxido de sodio o potasio, carbonatos o alcóxidos, el cual presenta propiedades físicas muy parecidas al petróleo (Zuleta *et al.*, 2007; Salamatina *et al.*, 2010). Como subproducto de la producción de biodiesel se genera glicerol, el que se separa por centrifugación o gravedad. La producción de biodiesel utiliza una proporción molar 6:1 de alcohol y aceite, el cual es removido durante la fase de producción de este biocombustible por evaporación, para ser reutilizado posteriormente, constituyendo la producción de glicerol o glicerina cruda aproximadamente el 10% del total de la producción de biodiesel (Dasari *et al.*, 2005; Karinen y Krause, 2006; Melero *et al.*, 2012).

Se considera que aproximadamente se producen 0.92 kg de glicerol crudo por cada 10 L de biodiesel producido. En el Cuadro 1 se muestran algunas propiedades físico-químicas del glicerol (Lide, 2006).

Cuadro 1. Propiedades físicoquímicas del glicerol a 20 °C.

Sinónimos	Glicerina 1,2,3-Propanotriol 1,2,3-Trihidroxipropano		
PROPIEDADES			
Aspecto	Líquido viscoso, higroscópico, incoloro e inodoro.		
Formula química	C ₃ H ₈ O ₃	Calorías	4,32 kcal g ⁻¹
Masa molecular	92,1 g mol ⁻¹	Punto de ebullición	290 °C
Densidad relativa (agua=1):	1,26	Punto de fusión	18 °C

Adaptado de Lide, 2006.

El glicerol resultante de la fabricación del biodiesel (glicerina bruta vegetal) contiene alrededor de 20% de impurezas (Mota *et al.*, 2009). Las principales impurezas presentes son catalizador, alcohol, ácidos grasos, sales y agua. El tipo de impurezas depende del tipo de oleaginosas y de la catálisis empleada en la producción de biodiesel. Por lo tanto, el glicerol bruto tiene pocas aplicaciones directas. La purificación del glicerol bruto se puede realizar mediante destilación a presión reducida, obteniendo un producto transparente. Una solución económica para la purificación del subproducto combina electrodiálisis (membranas) y nano filtros, con lo que se obtiene un líquido transparente con bajo contenido de sales. El glicerol parcialmente purificado, a su vez, puede ser purificado cada vez más a través de resinas de intercambio iónico para obtener glicerol con más del 99.5% de pureza (Pagliaro *et al.*, 2008). El glicerol se ha empleado como ingrediente en alimentos para consumo humano, en la industria farmacéutica, se ha sido utilizado industrialmente para la producción de polímeros sintéticos, cosméticos y productos de cuidado personal. Se puede modificar para producir mono y diglicéridos, que son importantes agentes emulsionantes. En bebidas como agente espesante y usado en la alimentación humana con propiedades humectantes (SDA, 1990). También es posible utilizarlo en alimentos para animales, ya que mejora el texturizado y las características físicas de alimentos en polvo, además de poder agregarlo como parte de la ración (Zuleta *et al.*, 2007; Ayoub *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2012).

Metabolismo del glicerol en rumiantes

Cuando se suministra glicerol este llega al rumen donde tiene tres posibles destinos, fermentación o absorción en el rumen, o continuar por el tubo digestivo sin ser atacado por los microorganismos ruminales (Krehbiel, 2008). Al ser fermentado en el rumen se producen principalmente ácidos grasos volátiles. Las bacterias lipolíticas, así como *Selenomonas ruminantium* y *Selonomonas*

dextrinosolvens son los grupos de mayor participación en la fermentación del glicerol, produciendo además metabolitos diferentes a los tres principales ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), tales como, succínico, láctico, CO₂ y CH₄ (Hobson y Mann 1961; Czerkawski y Breckenridge, 1972; Trabue *et al.*, 2007; Krehbiel, 2008; Abo *et al.*, 2010).

En las primeras investigaciones sobre la fermentación del glicerol por los microorganismos ruminales, se reportó que éste es fermentado a ácido propiónico, principalmente (Wright, 1969). Bergner *et al.* (1995) al utilizar glicerol marcado con carbono 14 reportaron que la mayor parte del glicerol fue convertido a propionato. De Frain *et al.* (2004), encontraron un aumento en la concentración de propionato, cuando se suplementaron 430 y 860 g día⁻¹ de glicerol en vacas lecheras, resultados similares a los observados por Wang *et al.* (2009), quienes suplementaron novillos con 100, 200 y 300 g d⁻¹ de glicerol y encontraron un incremento en la proporción molar de propionato en el rumen, comparado con la dieta testigo sin glicerol. Lee *et al.* (2011) proporcionaron 200 g de glicerol a novillos canulados en el rumen alimentados con una dieta a base de alfalfa y ensilaje de maíz con 20% de glicerol, posteriormente utilizaron el contenido ruminal de estos animales para realizar cultivos *in vitro*, encontrando una disminución en la relación acetato:propionato, debido a una mayor producción de propionato con disminución en la producción de acetato.

En los rumiantes el glicerol tiene como destino metabólico la gluconeogénesis. Cuando existe un exceso de glicerol, este puede ser absorbido tanto por la mucosa ruminal como por la intestinal, siendo una fuente gluconeogénica directa para el rumiante. Esto también sucede con el glicerol endógeno (por lipólisis de las grasas de reserva), el cual ingresa al proceso de gluconeogénesis, previa transformación en glicerol trifosfato catalizada por la enzima gliceroquinasa, convirtiéndose en glicerol. El glicerol también puede contribuir a la fermentación microbiana, el que es utilizado como fuente de energía, siendo el propionato el principal producto de su fermentación (Garton *et al.*, 1961; Bergner *et al.*, 1995; Kijora *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 2009a; Lee *et al.*, 2011). Hasta ahora, las investigaciones han reportado que el glicerol, una vez que entra al rumen sufre una rápida fermentación; sin embargo, ha sido difícil establecer una relación entre

el glicerol fermentado en rumen, y el que se absorbe directamente (Bergner et al., 1995; Drackley, 2008).

Uso del glicerol en la alimentación de rumiantes

En 2006 el glicerol fue reconocido como seguro por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), para su uso en concentrados destinados a la alimentación animal. El glicerol se ha empleado para alimentación animal (Karinen y Krause, 2006; Duane et al., 2007; Posada y Cardona, 2010; Ayoub et al., 2012), y se ha incluido para mejorar las características de calidad y durabilidad de los alimentos peletizados, en diferentes condiciones de almacenamiento (Südekum et al., 2008). En rumiantes modifica la relación acetato:propionato aumentando este último (Drouillard, 2008). Por lo que el glicerol puede sustituir parcialmente los ingredientes a base de almidón en la dieta, ya que se convierte en propionato en el rumen y actúa como precursor de la síntesis de glucosa hepática. Como consecuencia se tiene un incremento en el marmoleado y calidad de la carne, debido a que la glucosa se usa como fuente de carbono para la síntesis de ácidos grasos (Schoonmaker et al., 2004). Debido a esto, el glicerol puede utilizarse como fuente de energía en dietas para rumiantes, ya que tiene un valor energético promedio de $2.20 \text{ Mcal kg}^{-1} \text{ MS}$. Sin embargo, el potencial nutricional del glicerol, depende de factores como el tipo de dieta base a la que se incorpore, el nivel de inclusión en las misma y el grado de pureza que contenga el glicerol (mayor pureza: baja concentración de metanol y sales). A mayor pureza, mayor será el aporte energético, siendo similar al maíz (2.7 Mcal kg^{-1}) (Drackley, 2008).

La contribución de minerales por parte del glicerol se debe considerar al formular dietas para rumiantes. Investigaciones realizadas por Thompson y He (2006), en las cuales se caracterizaron glicerinas provenientes de aceites de canola (granos de colza: *Brassica napus* L.), soya (*Glycine max* L.), entre otros, mostraron que el glicerol crudo puede contener en promedio hasta 2.73% de minerales, o principalmente sodio y potasio. Resultados similares se encontraron en las investigaciones realizadas por Asad et al. (2008) los cuales reportaron un contenido de minerales de 2-3% (principalmente sodio y potasio), en la glicerina cruda proveniente del aceite de girasol (*Helianthus annuus* L.). Con relación al contenido de ácidos grasos en la glicerina cruda, Thompson y He (2006) y Kerr et al. (2007) reportan que existe una gran variabilidad, dependiendo del tipo de fuente vegetal de la cual proviene y del grado de pureza de la misma,

encontrándose valores que van desde 0.29 hasta 7.17% para el glicerol proveniente del aceite de soya y de 8.88 a 11.68% para el glicerol procedente del aceite de colza y canola (tratados comercialmente de forma indistinta a su origen vegetal), respectivamente. Así mismo, las investigaciones realizadas por Yong et al. (2001), reportaron un promedio de 6.6% de ácidos grasos, contenidos en el aceite de palma de 2.7-10.7%.

Glicerol en la alimentación de bovinos

Ferraro et al. (2009), mencionan que el glicerol se ha utilizado como fuente de energía para prevenir la cetosis en ganado lechero y como suplemento en la alimentación en ganado de carne, leche y doble propósito (Roger 1992, Parsons et al., 2009). Ogborn (2006) evaluó el uso de glicerol con 80% de pureza, en vacas Holstein, proporcionándolo en un 3.3% de la materia seca de la dieta (504 g d^{-1}), la que contenía ensilaje de maíz (*Zea mays* L.) con alfalfa (*Medicago sativa* L.) más concentrado de maíz. Los resultados indicaron que el glicerol disminuyó el consumo de materia seca; sin embargo, no se mostraron diferencias significativas en la producción o composición de la leche. Elam et al. (2008) observaron una reducción lineal en el consumo de materia seca en vaquillas alimentadas con 0, 7.5 y 15% de glicerol crudo y la eficiencia de conversión se mantuvo sin cambios. Además, observaron que a medida que se incrementaban los niveles de glicerol crudo, se presentó una menor deposición de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus dorsi*. En novillos Nelore de $565 \pm 45 \text{ kg}^{-1}$ de peso vivo, estabulados consumiendo ensilaje de sorgo (*Sorghum* sp.), grano de maíz, harina de soya y diferentes inclusiones de glicerol (0 a 12%), se obtuvieron ganancias diarias de peso de 1.2 kg d^{-1} , encontrando que la inclusión del 12% de glicerol no influyó en el consumo de materia seca, digestibilidad de nutrientes y síntesis de proteína microbiana, por lo que el glicerol con bajos niveles de metanol (<1.0%) puede remplazar hasta en un 12% al maíz (Castañeda et al., 2014). Existen reportes que indican que el pH ruminal disminuye cuando se incorpora glicerol a la dieta de vacas lecheras, sin que se tengan diferencias en la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) (De Frain et al., 2004), pudiendo reducirse la digestibilidad de la fibra al disminuir el pH (Calsamiglia y Ferret, 2002).

Glicerol en la alimentación de ovinos

En trabajos realizados con ovinos, se han reportado cambios en el consumo de alimento cuando se adiciona glicerol crudo. Lage et al. (2010) encontraron



diferencias ($P < 0.05$) en algunas variables productivas al sustituir maíz por glicerol en la dieta (0, 3, 6, 9 y 12%) de ovinos en engorda y determinaron que la diferencia en el consumo de materia seca fue consecuencia del elevado contenido de metanol (6%) en el glicerol, lo que indica que el glicerol bruto con altos niveles de metanol puede provocar rechazo del alimento y en consecuencia reducir el consumo de materia seca. A diferencia de lo reportado por Gunn *et al.* (2010) quienes agregaron glicerol en diferentes niveles en la ración de ovinos (0, 15, 30 y 45%), sin encontrar diferencias significativas en las variables productivas. En relación al efecto del glicerol en la digestibilidad del alimento, Wang *et al.* (2009b) señalan que la administración de glicerol tiene relación directa con la tasa de digestión de la materia seca y fibra neutro detergente, al contrario de lo que mencionan Shin *et al.* (2012), quienes indican que la digestibilidad de la materia seca no se ve afectada; sin embargo, la de la fibra disminuye.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en la literatura son variables, lo que puede deberse al tipo de dieta al que se incorpore el glicerol, si está compuesta principalmente por granos o forrajes, el nivel de inclusión de glicerol en la dieta y al grado de pureza del glicerol que se utilice. Por lo cual es necesario realizar más investigaciones, para que este subproducto sea utilizado en forma óptima por los rumiantes y sea redituable económicamente para el productor.

LITERATURA CITADA

- Abo El-Nor S., AbuGhazaleh A. A., Potu R. B., Hastings D., Khatta M. S. A. 2010. Effects of differing levels of glycerol on rumen fermentation and bacteria. *Anim. Feed Sci. Technol.* 162: 99-105
- Agarwal A.K. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) Applications as fuels for internal combustion engines. *Progress Energy Combustion Sci.* 33(3):233-271.
- Álvarez-Maciel C. 2009. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa.* Núm. 359, julio-agosto 2009, pp. 63-89. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>.
- Asad U R., Saman W. R. G., Nomura N., Sato S., Matsumura M. 2008. Pretreatment and utilization of raw glycerol from sunflower oil biodiesel for growth and 1, 3-propanediol production by *Clostridium butyricum*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 83:1072-1080
- Ayoub M., Abdullah A. Z. 2012. Critical review on the current scenario and significance of crude glycerol resulting from biodiesel industry towards more sustainable renewable energy industry. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 16: 2671-2686.
- Bergner H., Kijora, C., Ceresnakova, Z. Szakacs, J., 1995. *In vitro* unter suchungen zum glycerin um satz durch pansen mikroorganismen. *Arch. Anim. Nutr.* 48:245-256.
- Calsamiglia S., Ferret A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII Curso de especialización FEDNA. pp. 97-115. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/metabolicas/metabolicas_bovinos/27-acidosis_meteorismo.pdf.
- Castañeda S. R., Antonio F. B., Teixeira S., Osmari M. 2014. Evaluación de la inclusión de glicerina cruda en la dieta de ganado de carne: la digestibilidad de nutrientes aparente y la síntesis de proteína microbiana. *Zootecnia Trop.* 32:(2):109-117.
- Czerkawski J.W., Breckenridge G. 1972. Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. *Br. J. Nutr.* 27:131-146.
- Dasari M.A., Kiatsimkul P.P., Sutterlin W.R., Suppes G.J. 2005. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Appl. Catal. Gen.* 281:225-231.
- De Frain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Jardon P.W. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: effect on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 87: 4195-4206.
- Donkin S.S., Doane P. 2007. Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. Tri State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, IN. The Ohio State University, Columbus. p. 97-104.
- Drackley K. 2008. Opportunities for glycerol use in dairy diets. From: Four-State Dairy Nutrition and Management Conference. Dubuque, Iowa. p. 113- 118.
- Drouillard J.S. 2008. Glycerin as a feed for ruminants: using glycerin in high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 86 (E (Suppl. 2):392.
- Duane T., Johnson D.T., Taconi K.A. 2007. The glycerin glut: options for the value-added conversion of crude glycerol resulting from biodiesel production. *Environ. Progress.* 2(4):338-348.
- Elam N.A., Eng K.S., Bechtel B., Harris J.M., Crocker, R. 2008. Glycerol from biodiesel production: considerations for feedlot diets. Proceedings of the Southwest Nutrition Conference. 21 February 2008. Tempe, AZ, USA. p. 2-6.
- FDA. Food And Drug Administration. 2006. Code of Federal Regulations. Food and drug administration department of health and human services - sudchapter e- animal drugs, feeds and related products. 21:582-1320.
- Ferraro S.M., Mendoza G. D., Miranda L. A., Gutiérrez C. G. 2009. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154:112-118.
- Foidl N., Foidl, G., Sánchez, M., Mittelbach, M., Hackel, S. 1996. *Jatropha curcas* L. as a Source for the Production of Biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology.* 58:77-82.
- Fuel-Testers 2009. Ethanol Fuel History. Disponible en: http://www.fueltesters.com/ethanol_fuel_history.html.
- Garton G.A., Lough A. K., Vioque E. 1961. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *J. Gen. Microbiol.* 25:215-225.
- Gunn P.J., Schultz A. F., Van Emon M. L., Neary M. K., Lemenager R. P., Rusk C. P., Lake S. L. 2010. Effects of elevated crude glycerin concentrations on feedlot performance, carcass characteristics, and serum metabolite and hormone concentrations in finishing ewe and wether lambs. *PAS* 26: 298 – 306.
- Hobson P N., Mann S.O. 1961. The isolation of glycerol fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of sheep. *J Gen. Microb.* 25: 227-240.

- Karinen R.S., Krause A.O.I. 2006. New biocomponents from glycerol. *Appl. Catalysis* 306:128-133.
- Kerr B.J., Dozier W.A., Bregendahl K. 2007. Nutritional value of crude glycerine for nonruminants. *In: Proc. 23rd Carolina Swine Nutrition Conference*, Raleigh, NC: p.6-18
- Kijora C., Bergner H., Gotz K. P., Bartelt J., Szakacs J., Sommer A. 1998. Research note: investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Arch. Tierernahr* 51:341-348.
- Korbitz W. 1999. Biodiesel production in Europe and North America, an encouraging prospect. *Renewable Energy*. 16(1-4):1078-83.
- Krehbiel C.R. 2008. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *J. Anim. Sci.* 86(E-Suppl 2):392 (Abstr.)
- Lage J. F., Paulino P.V.R., Pereira L.G.R., Valadares Filh S. C., Oliveira A. S., Detmann E., Souza N. K. P., Lima J. C. M. 2010. Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agrop. Bras.* 45:(9)1012-1020.
- Lebzien P., K. Aulrich. 1993. Zum Einfluss von Glycerin auf die Rohrnährstoffverdaulichkeit und einige Pansenparameter bei Milchkühen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 37:361-364.
- Lee S. Y., Lee S. M., Cho Y. B., Kam D. K., Lee S. C., Kim C. H., Seo S. 2011. Glycerol as a feed supplement for ruminants: *In vitro* fermentation characteristics and methane production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167:269-274.
- Lide D.R. 2006. *Handbook of Chemistry and Physics*. 87th ed. Taylor and Francis Group: Boca Raton.
- Melero J.A., Vicente G., Paniagua M., Morales G., Muñoz P. 2012. Etherification of biodiesel-derived glycerol with ethanol for fuel formulation over sulfonic modified catalysts. *Bioresour. Technol.* 103:142-151.
- Mota C.J.A., da Silva C.X.A., Goncalves V.L.C. 2009. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir de glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova* 32(3):639-648.
- Ogborn K.L. 2006. Effects of method of delivery of glycerol on performance and metabolism of dairy cows during the transition period. Thesis Degree of Master of Science. New York City, USA. Cornell University.
- Pagliaro M., Rossi M. 2008. *The Future of Glycerol - New Usages for a Versatile Raw Material*, RSC Publishing: Cambridge.
- Parsons G.L., Shelor M.K., Drouillard J.S. 2009. Performance and Carcass Traits of Finishing Heifers Fed Crude Glycerin. *J. Anim. Sci.* 87:653-57.
- Posada J.A., Cardona C.A. 2010. Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. *Ing. Univ. Bogotá (Colombia)* 14 (1) 9-27.
- Radish A. 2004. Biodiesel performance, costs and use. Energy Information Administration. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biodiesel>.
- Roger V., Fonty G., André C., Gouet P. 1992. Effects of glycerol on the growth, adhesion, and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. *Current Microb.* 25:197-201.
- SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. Impulsa SAGARPA producción de Biocombustibles en México. Disponible en http://sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0057_11.aspx.
- Salamatinia B., Mootabadi H., Bhatia S., Abdullah, A.Z. 2010. Optimization of ultrasonic-assisted heterogeneous biodiesel production from palm oil: A response surface methodology approach. *Fuel Processing Technol.* 91:441-448.
- Schoonmaker J.P., Fluharty F.L., Loerch S.C. 2004. Effect of source and amount of energy and rate of growth in the growing phase on adipocyte cellularity and lipogenic enzyme activity in the intramuscular and subcutaneous fat depots of Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 82(1), 137-148.
- SDA. Soap and Detergent Association. 1990. *Glycerine: An Overview*. The Soap and Detergent Association, Glycerine and Olechemical Division. New York, USA. Disponible en http://www.aciscience.org/docs/Glycerine_an_overview.pdf.
- SENER. Secretaria de Energia. 2009. Programa de introducción de bioenergéticos. México: Gobierno Federal.
- Shin J. H., Wang D., Kim S. C., Adesogan A. T., Staples C. R. 2012. Effects of feeding crude glycerol on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *J. Dairy Sci.* 95: 4006-4016.
- Südekum K., Schröder A., Fiebelkorn S., Schwer R., Thalmann A. 2008. Quality characteristics of pelleted compound feeds under varying storage conditions as influenced by purity and concentration of glycerol from biodiesel production. *J. Anim. Feed Sci.* 17:120-136.
- Thompson J.C., He B. 2006. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Appl. Eng. Agri.* 22(2):261-265.
- Trabue S., Scoggin K., Tjandrakusuma S., Rasmussen M., Rminal fermentation of propylene glycol and glycerol. *J. Agric. Food Chem.* 55:7043-7051.
- Wang C., Liu Q., Yang W. Z., Huo W. J., Dong K. H., Huang Y. X., Yang X. M., He D. C. 2009a. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151:12-20.
- Wang C., Liu Q., Yang W. Z., Huo W. J., Yang W. Z., Dong K. H., Huang Y. X., Guo G. 2009b. Effects of glycerol on rumen fermentation, urinary excretion of purine derivatives and feed digestibility in steers. *Livestock Sci.* 121: 15-20.
- Wright D.E. 1969. Fermentation of glycerol by rumen microorganisms. *N.Z. J. Agric. Res.* 12:281-286.
- Yang F., Milford A. H., Runcang, S. 2012. Value-added uses for crude glycerol—a byproduct of biodiesel production. *Biotechnol. Biofuels*: 5:1-10.
- Yong K.C., Ooi T.L., Dzulkefly K., Wan Yunus W.M.Z., Hazimah A.H. 2001. Characterization of glycerol residue from a palm kernel oil methyl ester plant. *J. Oil Palm Res.* 13 (2): 1-6.
- Zuleta E., Bonet J., Díaz L., Bastidas, M. 2007. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite crudo de palma africana (*Elais guineensis*) con etanol. *Energética* 38:47-53.

NOTA: IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN EL MANEJO SUSTENTABLE DE PASTOS TROPICALES

López-Collado, C.J.¹, De Dios-León, G.E.^{2*}, Guerrero-Peña, A.³, Ortega-Jiménez, E.¹,
Alonso-López, A.¹, Bolaños-Aguilar, E.D.⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. ²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz. ³Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo.

*Autor de correspondencia: dedios.gloria@colpos.mx

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina que se desarrolla en las regiones tropicales basan su alimentación con pastos y forrajes por ser la fuente más económica y disponible (Cruz *et al.*, 2017); estos presentan las limitantes que son de producción estacional, dependiente de la época climática (seca, lluvias y nortes) y que presentan bajo valor nutritivo, sobre todo en el contenido de proteína cruda, lo que afecta la producción de carne y leche. Los efectos de estas limitantes pueden disminuirse a través de la fertilización mineral, la cual reestablece los nutrimentos esenciales que fueron removidos por el animal durante el pastoreo o corte (Borges *et al.*, 2012). Los elementos más importantes en cualquier sistema de producción son el nitrógeno, el fósforo y el potasio; los cuales bien aplicados, manifiestan un efecto importante sobre el rendimiento y valor nutritivo de los pastos y forrajes y elevan la fertilidad del suelo (Kádár y Ragályi, 2012).

A través de diversos experimentos se ha comprobado el efecto benéfico de la aplicación de fertilizantes; Apráez *et al.* (2007), Arshad *et al.* (2010), Silveira *et al.* (2013), Cerdas y Vallejos (2013) y De Dios *et al.* (2017) observaron un incremento promedio del $47 \pm 7\%$ en el rendimiento de biomasa seca en diferentes pastos tropicales con aplicación de fertilizante mineral comparado con pastos no fertilizados. Arshad *et al.* (2010), Jiménez *et al.* (2010), Cerdas (2015), De Dios *et al.* (2017) encontraron un aumento promedio del $42 \pm 3\%$ en la proteína cruda en pastos fertilizados, comparado en tratamientos testigo.

En un experimento realizado por De Dios *et al.* (2017) en Tabasco, México con la finalidad de estudiar el efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en los pastos *Brachiaria humidicola* y *Pennisetum purpureum*, en el rendimiento de biomasa seca, proteína cruda, altura de planta, índice de cosecha, entre otras variables, encontraron efecto de los nutrientes aplicados y se observaron incrementos en la producción de biomasa del 37 y 21% respectivamente para pasto Humidícola y Taiwán, con respecto a un tratamiento testigo (sin fertilización) (Figura 1).

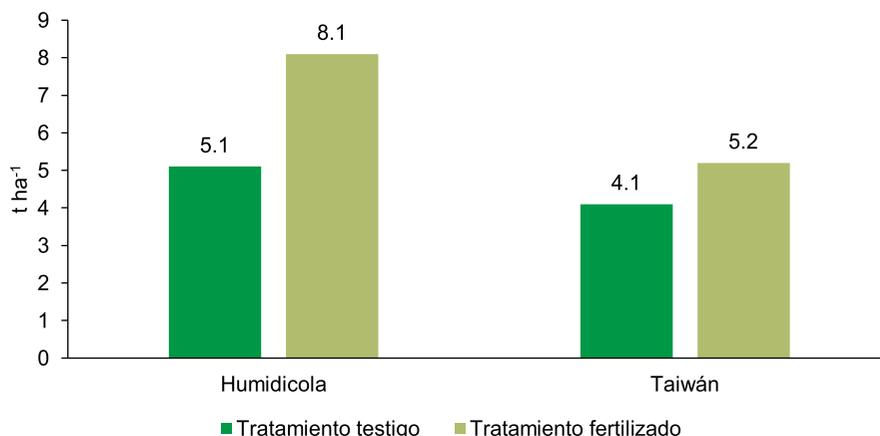


Figura 1. Respuesta a la fertilización en el rendimiento de biomasa seca de los pastos Humidícola (*Brachiaria humidicola*) y Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en Tabasco, México.

Se observó efecto en el aumento del porcentaje de proteína cruda, siendo de 37 y 19% para pasto Humidícola y pasto Taiwán, respectivamente en comparación con el tratamiento testigo (Figura 2).

Como productores es necesario conocer la dosis correcta de fertilización para pastos tropicales para proporcionar las cantidades correctas de nutrientes a la planta en el momento que lo requiera; para ello es necesario conocer la demanda de cada uno de ellos y de esta manera ser eficientes en la producción porque se busca que no haya déficit ni exceso de nutrientes. Esta demanda de los pastos tropicales se puede estimar mediante el modelo de balance nutrimental o modelo de hoja de balance (Stanford, 1966). El fundamento de este modelo, de acuerdo con Rodríguez y Matus (1994) consiste en que, para alcanzar un rendimiento satisfactorio en cual-

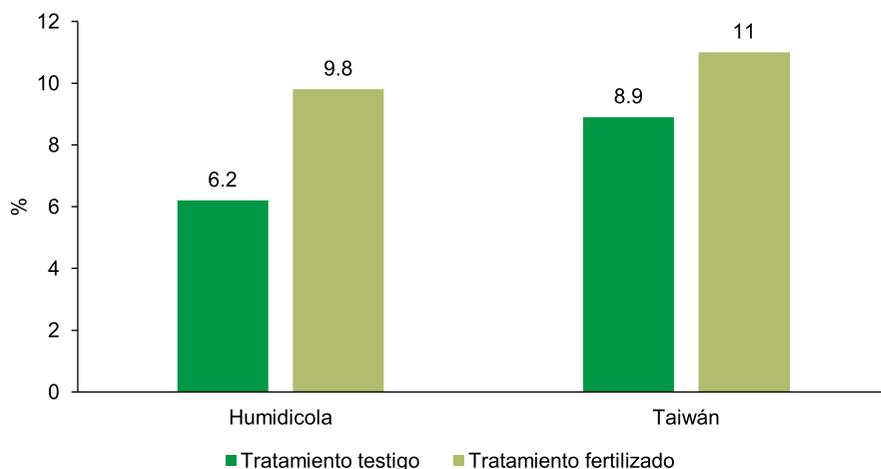


Figura 2. Respuesta a la fertilización en el porcentaje de proteína cruda de los pastos Humidícola (*Brachiaria humidicola*) y Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en Tabasco, México.

quier condición agroecológica, se debe satisfacer un balance entre la demanda del nutrimento por el cultivo y el suministro que hace el suelo, además de considerar la eficiencia del fertilizante aplicado (Etchevers *et al.*, 1991 y Rodríguez, 1993).

Este enfoque fue establecido para generar recomendaciones de dosis de fertilización y en los últimos años, ha tomado interés por parte de especialistas en fertilidad de suelos (Etchevers *et al.*, 1991; Rodríguez, 1993; Salgado *et al.*, 2000) y de economistas, debido a la creciente necesidad de utilizar con mayor eficiencia los fertilizantes (Volke y Etchevers, 1994), al incremento de sus precios de los fertilizantes y a la importancia de conservar el ambiente (Weier *et al.*, 1996) de una forma más razonable. Se puede predecir la respuesta a la fertilización en cualquier condición en particular y es válido para todas las especies vegetales (Álvarez *et al.*, 1999) pero se ha desarrollado principalmente para cultivos agrícolas (Rodríguez, 1993) y se ha validado satisfactoriamente su comportamiento con resultados de la experimentación de campo. En este modelo lo importante es conocer lo que la planta está demandando de un nutrimento para aplicárselo en la cantidad y tiempo correctos o al menos ser más precisos y para que pueda cumplir sus procesos metabólicos. De acuerdo con Rodríguez (1993), si la demanda de un nutrimento es mayor que el suministro, se produce un déficit lo que es necesario suplir con la fertilización y cuando la demanda es menor que el suministro, se aplicará una dosis

mínima para mantener la fertilidad del suelo y el rendimiento del pasto (basado en criterios agronómicos y experiencia regional).

Partiendo como base la importancia de los macronutrientes debido a sus funciones dentro de la planta, mediante este modelo se puede estimar la dosis de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio para diferentes tipos de suelos y cultivos. La fórmula para estimar la dosis de fertilización (Rodríguez, 1993) es:

$$\text{Dosis de fertilizante} = \frac{\text{Demanda del nutriente por el cultivo} - \text{Suministro del nutrimento por el suelo}}{\text{Eficiencia de recuperación del fertilizante}}$$

Se entiende por demanda de un cultivo a la cantidad de un nutrimento que debe estar presente en los tejidos de la planta en cada etapa fenológica para que no sea un factor restrictivo y afecte negativamente el crecimiento y rendimiento de la misma (Rodríguez *et al.*, 2001; Medina *et al.*, 2010); depende de la biomasa aérea que puede producir un cultivo en su agroecosistema y de la concentración óptima del nutrimento contenido en ella medida al momento de la cosecha (Escalona y Pire, 2008; Rodríguez, 1993).

El suministro está determinado por la cantidad del nutriente que aporte el suelo y por la eficiencia de la planta para absorber el nutriente disponible. La capacidad del suelo para suministrar nutrientes depende de distintos factores del suelo, clima, manejo previo y del cultivo, según el nutrimento a que se refiera (Volke *et al.*, 1998). La eficiencia de absorción de la planta depende del tipo de sistema radical de la planta, en cuanto a su densidad de raíces para el caso de los nutrimentos inmóviles (fósforo y potasio) y la profundidad para nutrientes móviles (nitrógeno). Para el nitrógeno, el suministro depende de la cantidad y calidad y manejo previo de los residuos del cultivo anterior y factores de suelo y clima que afectan la mineralización de la materia orgánica del suelo y de la profundidad del sistema radical (Rodríguez, 1993). Para el fósforo, depende de la capacidad de adsorción del elemento por el suelo, de las fertilizaciones previas que condicionan los niveles de disponibilidad (reservorios lábiles y no lábiles) y de la densidad del sistema. Para el potasio dependerá de la capacidad de amortiguamiento de potasio por el suelo, determinada por el tipo y contenido de arcilla, del grado de saturación del elemento del complejo de intercambio y de la densidad del sistema radical (Rodríguez, 1993).

La eficiencia es la cantidad de nutriente del fertilizante aplicado al suelo que es aprovechado por la planta y depende de factores como tipo de cultivo, clase de suelo, fuente de fertilizante (fuente, solubilidad y forma), régimen hídrico, época y forma de aplicación (Rodríguez *et al.*, 2001). Rodríguez (1993) menciona que la eficiencia de recuperación del fertilizante, presenta variaciones propias entre nutrimentos, por ejemplo, para el nitrógeno, los factores a considerar son: la lixiviación (depende de la capacidad de retención de humedad, profundidad del sistema radical y la precipitación), la desnitrificación (depende de la permeabilidad y drenaje del suelo y temperatura), y la

volatilización. Para el fósforo hay que considerar los factores relacionados con las reacciones rápidas y lentas de absorción de los iones fosfatos por los materiales coloidales y el factor de la planta que más se relaciona es la eficiencia de absorción del cultivo (está en función de la densidad de raíces y del factor manejo del fertilizante). Para el potasio hay que considerar el tipo y contenido de arcilla y el grado de insaturación y la eficiencia de absorción del cultivo (depende la densidad radical).

Este enfoque requiere de menos recursos y tiempo para su implementación y es más preciso que otros, lo que lo hace atractivo de usar sobre todo por la necesidad de alcanzar la mayor eficiencia económica en el uso de los recursos y la productividad en los sistemas de producción (Beltrán *et al.*, 1996) y la importancia de mantener en el agroecosistema el balance nutrimental entre la demanda y suministro de nutrientes, lo que permite elevar el rendimiento, mantener la fertilidad química del suelo y disminuir en gran medida la contaminación de suelos y mantos acuíferos (Alejo *et al.* 2011), además de contribuir a la sustentabilidad de las praderas tropicales,

CONCLUSIONES

En la práctica, la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en pastos está en función de la producción de biomasa; y para obtener mejores rendimientos, los productores por lo general deben fraccionar la dosis de fertilizante en tres aplicaciones durante el año. Con el modelo de balance nutrimental es posible hacer este fraccionamiento en función de la época climática del año (seca, lluvias y nortes), características de regiones tropicales.

LITERATURA CITADA

- Alejo S.G., Bugarín M.R., Ortiz C.M., Luna E. G., Jiménez M.V. 2011. Nutrición nitrogenada en cultivos importantes de Nayarit. Revista Fuente, 3: 31-36.
- Álvarez M.J., Rodríguez S.J., Suárez F.D. 1999. Mejoramiento de la productividad de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, a través de un modelo racional de fertilización. Revista Bosque, 20: 23-36.
- Apráez E., Crespo G., Herrera R.S. 2007. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y mineral en el comportamiento de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechs) en el Departamento de Nariño, Colombia. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 41: 75-79.
- Arshad U.M., Anwar M., Saeed R.A. 2010. Effect of nitrogen fertilization and harvesting intervals on the yield and forage quality of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) under mesic climate of Pothowar plateau. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 47: 231-234.
- Beltrán R., Volke H.V., Núñez E.R. 1996. Un modelo de balance nutrimental para generar recomendaciones de fertilización para el arroz en suelos de Cuba. Series Cuadernos de Edafología 26.
- Borges J.A., Barrios M., Sandoval E., Bastardo Y., Márquez O. 2012. Características físico-químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yuracuy. Bioagro, 24: 121-126.
- Cerdas R., Vallejos E. 2012. Comportamiento productivo de varios pastos tropicales a diferentes edades de cosecha en Guanacaste, Costa Rica. InterSedes, 26: 6-22.
- Cerdas R.R. 2015. Comportamiento productivo del pasto Marafalfa (*Pennisetum* sp.) con varias dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes, 16: 125-145.
- Cruz H.A., Hernández G.A., Vaquera H.H., Chay C.A., Enríquez Q.J., Ramírez V.S. 2017. Componentes morfogénéticos y acumulación del pasto mulato a diferentes frecuencias e intensidad de pastoreo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 8: 101-109.
- De Dios L.G.E., López C.C.J., Guerrero P. A., Ortega J.E., Bolaños A.E.D., Alonso L.A. 2017. Modelo de balance nutrimental para el manejo sustentable de dos especies de pastos tropicales. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.
- Escalona A., Pire, R. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quibor, Estado Lara. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), 25: 243-260.
- Etchevers B.J.D., Rodríguez S.J., Galvis S.A. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. Terra Latinoamericana, 9: 3-10
- Kádár I., Ragályi P. 2012. Mineral fertilization and grass productivity in a long – term field experiment. Archives of Agronomy and Soil Science, 58: 127-131.
- Medina N.J., Borges G.L., Soria F.M. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 219-228
- Rodríguez S.J. 1993. La fertilización de los cultivos, un método racional. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile, 291 pág.
- Rodríguez S.J., Matus F.J. 1994. Modelo simple para estimar el suministro de nitrógeno en el suelo. Ciencia e Investigación Agraria, 15 - 2.
- Rodríguez J., Pinochet D., Matus F.J. 2001. Fertilización de los cultivos. Ed. LOM. Santiago Chile. 117 pág.
- Silveira M.L., Vendramini J.M.B., Sellers B., Monteiro F.A., Artur A.G., Dupas E. 2013. Bahiagrass response and N loss from selected N fertilizer sources. Grass and forage Science, 70: 154-160
- Volke H. V., Etchevers J.D. 1994. Recomendaciones de fertilización de cultivos: necesidades y perspectivas de una mayor precisión. Cuaderno de Edafología 21. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Weier K. L., McEwan, C. W., Vallis, I., Catchpoole, V. R., Myers, R. J. 1996. Potential for biological denitrification of fertilizer nitrogen in sugarcane soils. Australian Journal of Agricultural Research, 47: 67-79.



COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO KING GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) A DIFERENTE INTERVALO DE CORTE

CHEMICAL COMPOSITION OF THE KING GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) AT DIFFERENT CUTTING INTERVAL

Ordaz-Contreras, R.¹; Sosa-Montes, E.^{1*}; Mendoza-Pedroza, S.I.¹; Améndola-Massiotti, R.D.¹; Reyes-Castro, S.²; Ortega-Jiménez, E.³; Joaquín-Cancino, S.⁴; Hernández-Garay, A.^{5†}

¹Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Carretera México-Texcoco, Texcoco. Km. 38.5. Estado de México. C. P. 56230. ²Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato, Salamanca-Valle de Santiago. Km. 3.5 + 1.8 Comunidad de Palo Blanco. C. P. 36885. ³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz. Km 88.5. Veracruz. C. P. 91700. ⁴Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tamaulipas, México. CP. 87149. ⁵Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56230.

*Autor de correspondencia: eliseososa@yahoo.com.mx

RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la edad de corte sobre la composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* Schumach). Se analizaron muestras de cuatro intervalos de corte: 90, 120, 150 y 180 días después del rebrote (ddr). La DIVMS, y el análisis proximal y de Van Soest se determinaron en hojas, tallos y plantas completas. La lignina aumentó y la proteína cruda, extracto etéreo y DIVMS disminuyeron a medida que aumentó el intervalo de corte ($P < 0.05$). El mejor intervalo de corte estuvo entre 90 y 120 ddr, después del cual la DIVMS disminuye, debido a que, a partir de los 120 d, disminuyeron la proteína cruda y el extracto etéreo, y aumentó la lignina. Se concluye que la calidad de pasto king grass, disminuye conforme aumenta el intervalo de corte, independientemente del componente morfológico, y a su vez, aumentan los componentes de la pared celular, tales como lignina.

Palabras clave: Digestibilidad *in vitro*, lignina, extracto etéreo, proteína cruda.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 5, mayo, 2018. pp: 134-139.

Recibido: mayo, 2018. **Aceptado:** mayo, 2018.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effect of cutting interval on chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of king grass (*Pennisetum purpureum* Schumach). Samples of four cutting intervals: 90, 120, 150 and 180 days after regrowth, were analyzed. The IVDMD, and proximate and Van Soest analyses were determined on leaf, shoot and the complete plant. Lignin increased while crude protein, ether extract and IVDMD decreased as cutting interval increased ($P < 0.05$). The best cutting interval was between 90 and 120 days after which IVDMD begins to decrease probably because, from 120 days onwards, crude protein and ether extract decreased and lignin increased. It is concluded that quality of king grass decreases as the cutting interval increases, independently of the morphological component, and in turn, increases cell wall components, such as lignin.

Keywords: *in vitro* digestibility, lignin, ether extract, crude protein.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de forraje se obtuvieron de praderas establecidas en el Campo Experimental "La Posta" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Paso del Toro, Veracruz, México (19° 02' N y 96° 08' O), a 16 m de altitud. El clima corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1). La precipitación pluvial de sitio es de 1336.8 mm, y temperaturas media, máxima y mínima de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente (García, 1981). El suelo predominante es del tipo vertisol, con textura arcillosa, pH de 5.4 y alrededor de 2.6 % de materia orgánica.

Manejo de la pradera

Los muestreos se realizaron durante un año, de octubre de 2014 a julio de 2015 en praderas de dos años de establecidas, con medidas de 2.5 m de ancho por 5 m de largo, con tres repeticiones. Previo a la evaluación, se realizó un corte de uniformidad el 11 de julio de 2014. Posteriormente, se aplicó una dosis de fertilización de 300N-100P-00K kg ha⁻¹ año⁻¹; dividida en dos aplicaciones; una en la primera semana, y otra al mes después del corte de uniformidad.

Tratamientos evaluados y obtención de muestras

Se evaluaron cuatro intervalos de corte: 90, 120, 150 y 180 d de rebrote, mediante muestreos destructivos; se cosecharon muestras por separado de hoja, tallo y planta completa (que en lo sucesivo se llamará planta), a una altura de 30 cm sobre el nivel del suelo, con un cuadrante de 1 m². Para eliminar el efecto de orilla, se tomó sólo la

INTRODUCCIÓN

En los sistemas tropicales de México, no hay un manejo adecuado que permita al productor hacer la buena utilización de los forrajes disponibles (Sánchez *et al.*, 2008). Se han implementado investigaciones acerca de la utilización adecuada con respecto al periodo de corte en las regiones tropicales y subtropicales, donde los pastos de la especie *Pennisetum purpureum* (Poaceae) son de uso generalizado en los sistemas tropicales (Araya y Boschini, 2005) y una de los cultivares más utilizados es king grass, que se caracteriza por tener aceptable producción y valor nutricional de la biomasa (Meléndez *et al.*, 2000). Al respecto, en una investigación realizada en Venezuela, en pasto king grass fertilizado con 50 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, cosechado cada 60 d, obtuvo un rendimiento promedio de 5.5 t MS ha⁻¹ (Espinoza *et al.*, 2001). En otro estudio realizado en Cuba, Martínez *et al.* (2010) obtuvieron rendimientos promedios que oscilaron entre 7.2 y 9.2 t MS ha⁻¹ a los 56 días, en los genotipos Cuba OM-22, king grass, y Cuba CT-169, obteniendo un rendimiento de 14.4 a 18.4 t MS ha⁻¹ en dos cortes (112 días). Chacón y Vargas (2009) observaron que la máxima calidad del king grass se registra si se cosecha a 60 d con 9.56% de proteína cruda, mientras que a 75 y 90 d presenta 8.70 y 8.42%, respectivamente. En este sentido, Araya y Boschini (2005) encontraron que la edad óptima de cosecha en las variedades taiwán, king grass, gigante y camerún es a los 70 días, conservando su calidad nutrimental (12-15 % proteína cruda). Debido a su rápido crecimiento, los pastos tropicales, pierden rápidamente su valor nutritivo con la madurez (González *et al.*, 2011). En el género *Pennisetum* (poáceas tropical), disminuyen las concentraciones de proteína bruta (PB), extracto etéreo y carbohidratos no estructurales, aumenta la fibra neutro detergente (FND) y se mantienen sin cambios las concentraciones de lignina y cenizas (Correa, 2006). El objetivo de esta investigación fue analizar la composición nutricional del pasto king grass a diferentes intervalos de corte (90, 120, 150 y 180 d).



parte central de cada parcela, esto eliminó aproximadamente 75 cm de cada lado. Del material cosechado, se tomó una submuestra, se pesó en fresco, y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para su posterior análisis químico y DIVMS.

Variables evaluadas y análisis de datos

Los análisis para estimar las diferentes variables de la composición nutricional del forraje se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Las variables evaluadas fueron: contenido de proteína cruda (PC, %), lignina (LIG, %), extracto etéreo (EE, %) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS, %) (AOAC, 1990; Van Soest, 1967). El diseño experimental fue completamente al azar, de cuatro tratamientos (intervalos de corte) y tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias de Tukey con $P < 0.05$. Se utilizó el paquete estadístico SAS System Versión 9.0 (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de proteína ($P < 0.05$) de la hoja disminuyó a partir de los 90 d, a diferencia de la planta, que disminuyó a partir 150 d; sin embargo, no existieron diferencias significativas en el contenido de proteína en tallo (Figura 1a). Los valores máximos de proteína cruda fueron en hoja con 10.1 % a los 90 d de corte y disminuyó hasta 5.6 % a los 180 d. Los resultados encontrados en el presente estudio son similares a los obtenidos por Luna *et al.* (2015) quienes reportaron 9.41% de proteína cruda a los 90 días de corte en king grass. Sin embargo, son menores a los obtenidos por Araya y Boschini (2005) quienes reportaron 14.18, 11.75 y 10.51 % PC en hoja a los 98, 126 y 140 d de rebrote, respectivamente; 7.63, 5.23 y 4.68% PC en tallo a los 98, 126 y 140 días de rebrote, respectivamente; y 10.35, 7.63 y 4.68 % PC en planta; a los 98, 126 y 140 días de rebrote, respectivamente, valores superiores a los encontrados en el presente estudio. En otro estudio, González *et al.* (2011) encontraron valores de 17.1 y 14.9 % PC en el cultivar Elefante morado y Elefante verde, respectivamente, valores elevados para un cultivar del género *Pennisetum*. Además, los autores mencionan que el contenido de PC disminuye con la edad y contenido de MS. Al respecto, Correa *et al.*, 2004 menciona que en pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.), como en otros cultivares de este género, la calidad nutricional cambia con la edad de corte.

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca disminuyó a partir de los 120 d de corte en los componentes morfológicos (hoja y tallo) y de la planta, con valores de 52.0, 45.0 y 43.2%, respectivamente ($P < 0.05$; Figura 1b). En un estudio, Madera *et al.* (2013) reportaron para *P. purpureum* valores de digestibilidad en hoja de 54.7 y 48.0%, a los 90 y 120 d de rebrote, respectivamente; 43.2 y 30.8% en tallo, a los 90 y 120 d, respectivamente y 48.0 y 39.2% en planta a 90 y 120 d, respectivamente. Los resultados obtenidos pueden ser atribuidos a que, a medida que crece la planta en función de la edad, la disminución de la DIVMS se debe al aumento de la concentración de los componentes de la pared celular (Capanema *et al.*, 2005). En este sentido, Segura *et al.* (2008) encontraron que la calidad del forraje empieza a disminuir a partir de los 120 días después del corte, como lo obtenido en

el presente estudio. La razón por la cual la digestibilidad disminuye al aumentar el intervalo de corte es porque es concomitante, la proteína cruda disminuye e incrementa el contenido de lignina.

La lignina ($P < 0.05$) de la planta y tallo aumentó a partir de los 90 días con valores de 5.3 y 6.5%, respectivamente, incrementando hasta 7.2 y 10.5 % en planta y tallo a los 180 días (Figura 1c). En un estudio, Chacón y Vargas (2009) registraron valores de lignina en king grass en hoja y tallo de 10.92 y 14.97%, respectivamente a los 90 d de corte, valores superiores a los encontrados en esta investigación. En otro estudio, Rueda *et al.* (2016), reportaron 7.3 % de lignina en tallo a los 185 días de corte. La variación en los valores de lignina en los estudios puede deberse a las diferentes edades de rebrote evaluadas. Al respecto, González *et al.* (2011) en pasto Elefante morado y Elefante verde, encontraron valores de 4.7 y 4.1 % de lignina ácido detergente, respectivamente; valores inferiores a lo obtenidos en el presente estudio. En pasto Cuba CT-115 se encontraron rangos en el contenido

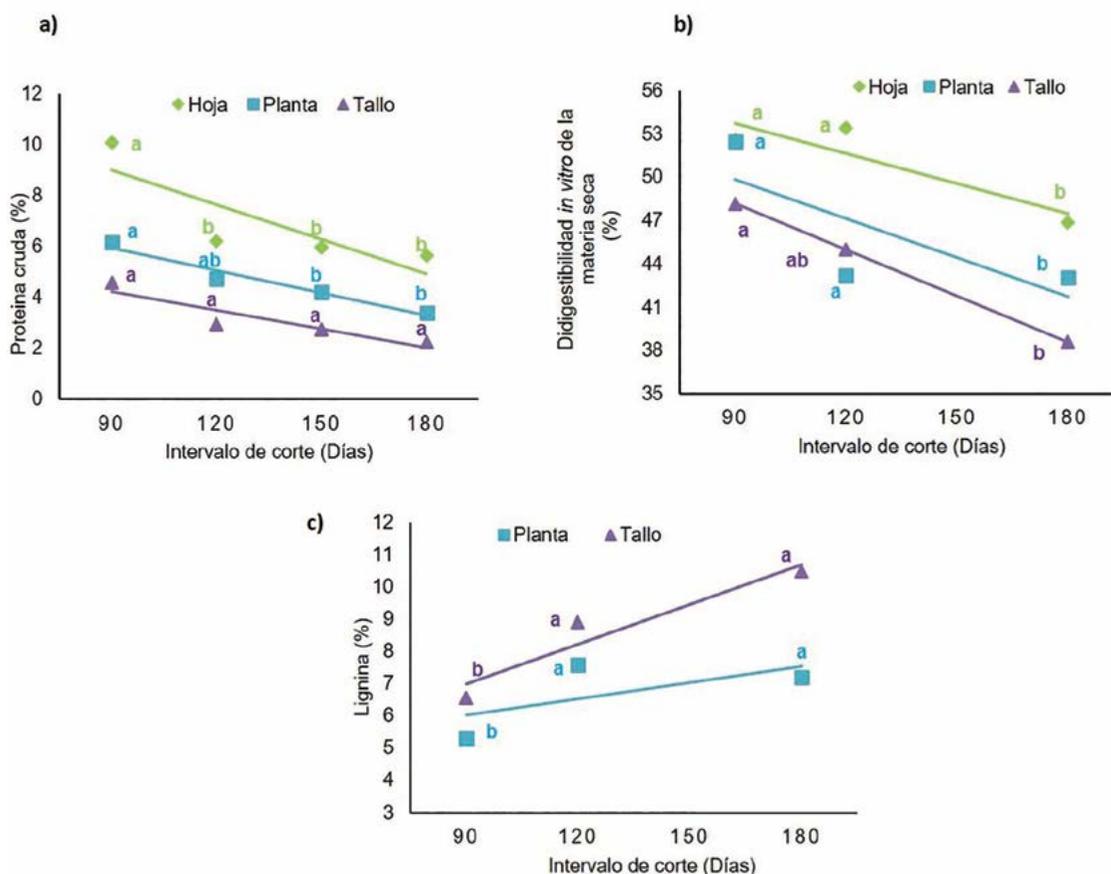


Figura 1. a) Proteína cruda, b) digestibilidad *in vitro* de la materia seca y c) lignina en hoja, tallo y planta del pasto king grass a diferente edad de corte. Letras distintas sobre una misma línea indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Cada punto representa el promedio de dos o tres mediciones.

de lignina de 3.22 y 8.55 % a 28 y 140 días de rebrote (Valenciaga *et al.*, 2009).

La fibra cruda (FC) no mostró diferencias ($P < 0.05$) en los componentes morfológicos (hoja y tallo) y de la planta, entre los diferentes intervalos de corte (Figura 2a). Sin embargo, el porcentaje de FC aumentó a partir de los 120 d. El valor de FC más bajo fue en hoja (30.0%) y planta (34.3%) a los 90 d; y aumentó hasta 32.8, 37.4, y 36.9% en hoja, tallo y planta, respectivamente a los 180 días de rebrote. Luna *et al.* (2015) obtuvieron 37.06% de fibra cruda en el king grass a 90 días de corte, similar a los contenidos reportados en este trabajo.

La fibra detergente neutro (FDN) no mostró diferencias ($P < 0.05$) en los componentes morfológicos

(hoja y tallo) y de la planta, entre los diferentes intervalos de corte (Figura 2b). Sin embargo, el porcentaje de FDN aumentó a partir de los 120 d. El valor de FDN más bajo fue en tallo (75.2%) y planta (73.7%) a los 90 d; y aumentó hasta 70.8, 79.1 y 75.4% en hoja, tallo y planta, respectivamente a los 180 días de rebrote. Rueda *et al.* (2016) obtuvieron valores de FDN de 31.8% en hoja y 80.3% en tallo a los 180 d. González *et al.* (2011) en pasto Elefante morado y Elefante verde, encontraron valores de 51.2 y 55.7% de fibra detergente neutro, respectivamente; valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio.



La fibra detergente ácido (FDA) no mostró diferencias ($P < 0.05$) en los componentes morfológicos (hoja y tallo) y de la planta, entre los diferentes intervalos de corte (Figura 2c).

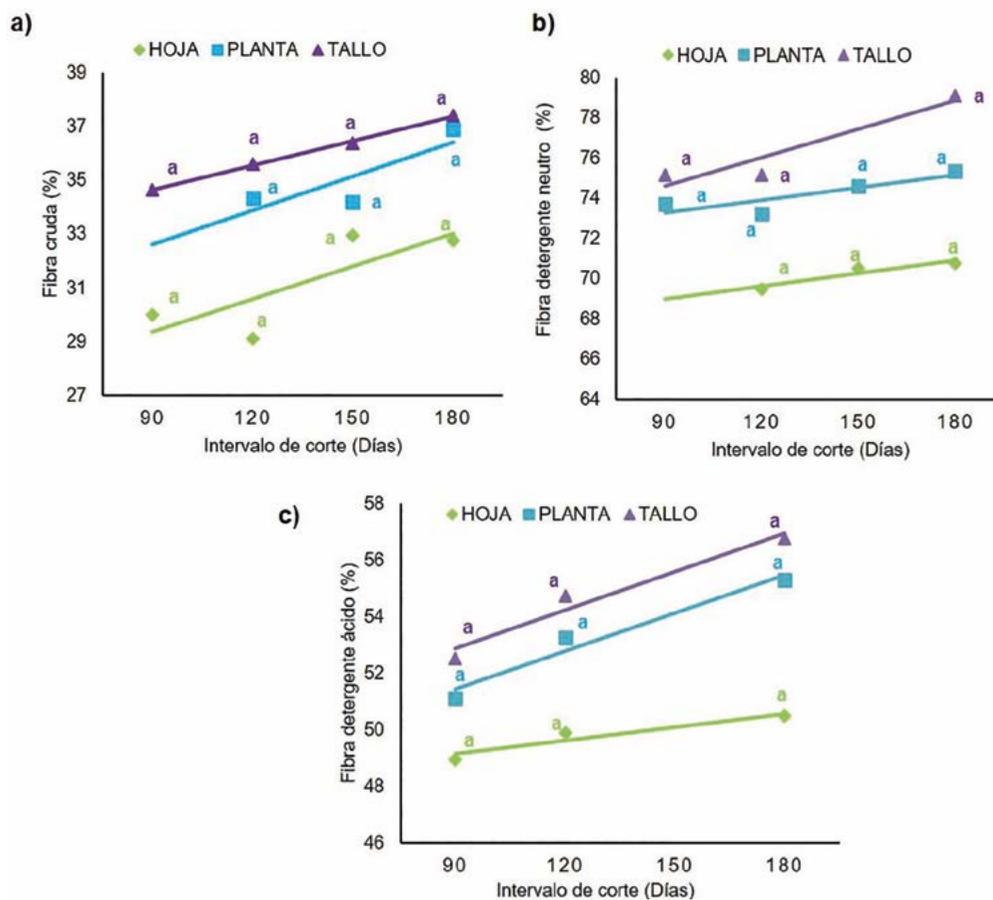


Figura 1. a) Fibra cruda, b) Fibra detergente neutro y c) Fibra detergente ácido, del pasto king grass a diferente edad de corte. Letras distintas sobre una misma línea indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Cada punto representa el promedio de dos o tres mediciones.

Sin embargo, el porcentaje de FDA aumentó a partir de los 120 d. El valor de FDA más bajo fue en hoja (48.9%), tallo (52.5%) y planta (51.1%) a los 90 d; y aumentó hasta 50.5, 56.8 y 55.3% en hoja, tallo y planta respectivamente a los 180 días de rebrote.

Rueda *et al.* (2016) reportaron los siguientes valores de FDN en hoja: 28% y tallo: 41.9% a 185 días de corte. González *et al.* (2011) en pasto Elefante morado y Elefante verde, registraron valores de 35.4 y 36.8 % de fibra detergente neutro, respectivamente; valores inferiores a lo obtenidos en el presente estudio.

Al respecto Van Soest (1994) menciona que los niveles de fibra tanto en praderas como en forrajes de

corte, presentan un incremento conforme aumentan la edad debido que el contenido de pared celular y su grado de lignificación se incrementa, por lo que su valor nutricional y el consumo disminuyen. A medida que los forrajes incrementan su madurez aumentan los contenidos de nutrientes menos digeribles sien-

do estos los constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) (Bosch *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

La proteína disminuyó a partir de los 120 d de corte en la hoja y a partir de los 90 d en la planta. La DIVMS disminuye a partir de los

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión para hoja, planta y tallo del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) a cuatro intervalos de corte.

Variable	Hoja	Planta	Tallo
Proteína (y)	$y = -0.050x + 13.590^*$	$y = -0.043x + 10.585^*$	$y = -0.037x + 8.345^*$
DIVMS (y)	$y = -0.081x + 61.375$	$y = -0.048x + 50.013$	$y = -0.137x + 63.292$
Lignina (y)		$y = 0.061x - .215$	$y = 0.090x - 2.440$
Fibra cruda (y)	$y = 0.043x + 23.900$	$y = 0.042x + 29.275$	$y = 0.030x + 31.975$
FDN (y)	$y = 0.021x + 66.970$	$y = 0.074x + 61.995$	$y = 0.026x + 74.380$
FDA (y)	$y = 0.010x + 48.370$	$y = 0.1x + 39.570$	$y = 0.017x + 53.810$

DIVMS=Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácida; * Probabilidad de la pendiente ($P < 0.05$).

120 días de corte en hoja, tallo y la planta. La pendiente de la ecuación de la DIVMS no resultó significativa, esto debido a que los valores de digestibilidad de 180 d no difieren mucho de los de 90 y 120 d. Aunque es poca su disminución, razón por la cual la digestibilidad disminuye al aumentar el intervalo de corte, es porque concomitantemente disminuye la proteína cruda y aumenta la lignina. La calidad de pasto king grass, como en otros cultivares del mismo género, disminuye conforme aumenta el intervalo de corte, independientemente del componente morfológico, y a su vez, se incrementa componentes de la pared celular, como lignina.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. 771 p.
- Araya M. M., Boschini F. C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica, *Agronomía Mesoamericana* 16(1): 37-43.
- Bosch M. W., Tamminga S., Post G., Leffering C. P., Muylaert J. M. 1992. Influence of stage of maturity of grass silages on digestion processes in dairy cows. 1. Composition, nylon bag characteristics, digestibility and intake. *Livestock Prod Sci.* 32: 245-264.
- Capanema E. A., Balakshin M. Y., Dadla J. F. 2005. A comprehensive approach for quantitative lignin characterization by NMR spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1850-1860.
- Chacón P., Vargas C. 2009. Digestibilidad y calidad de *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20(2): 399-408.
- Correa H. J. 2006. Calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development* 18(6)
- Espinoza F., Argenti P., Gil J., León L., Perdomo E. 2001. Evaluación del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Zootecnia tropical* 19(1): 59-71.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3a edición. México, D.F. 252 p.
- González I., Betancourt M., Fuenmayor A., Lugo M. 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum sp.*) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 29(1): 103-112.
- Luna M. R., Chacón M. E., Ramírez de la Ribera J., Álvarez P. G., Álvarez P. P., Plúa P. K., Álava M. A. 2015. Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria* 16 (8): 1-10.
- Madera N. B., Ortiz B., Bacab H. M., Magaña H. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17 (2): 41-52.
- Martínez R., Tuero R., Torres V., Herrera S. 2010. Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44(2): 189-193.
- Meléndez J., Ibarra G., Iglesias O. 2000. *Pennisetum purpureum* cv. CRA – 265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. *Producción Animal* 12: 17-20.
- Rueda J. A., Jiménez E. O., Garay A. H., Quiroz J. F. E., Rodríguez J. D. G., Carrillo A. R. Q. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy* 88: 59-65.
- Sánchez T., Orskov E. R., Lamela L., Pedraza R., López O. 2008. Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y Forrajes* 31: 271-281.
- SAS 2004. SAS (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Segura S. F., Echeverri F. R., Mejía G. A. I. 2008. Delignificación selectiva del pasto *Pennisetum purpureum* × *Pennisetum typhoides* usando basidiomicetos ligninolíticos. Medellín, Colombia. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica 15: 41-50.
- Valenciaga D., Chongo B., Herrera R. S., Torres V., Oramas A., Cairo J. G., Herrera M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(1):73-79.
- Van Soest P., R. H. Wine. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the A.O.A.C.* 50-55.
- Van Soest J. P. 1994. Nitrogen metabolism. *Nutritional Ecology of the ruminant*. 2a. Ed. Cornell University Press. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N.York. pp. 290-311.



CURSO INTERNACIONAL

AUTOMATIZACIÓN Y USO DE **BIORREACTORES** PARA LA **MICROPROPAGACIÓN COMERCIAL DE PLANTAS**

Embriogénesis somática: desafíos y oportunidades

DEL 11 AL 14 DE SEPTIEMBRE DE 2018

DURACIÓN: 30 horas • TIPO: Teórico-Práctico

**SEDE:
Colegio de Postgraduados | Campus Córdoba**

Costo por participante | Estudiantes
\$ 7,000.00 M.N. | \$3,500.00 M.N.



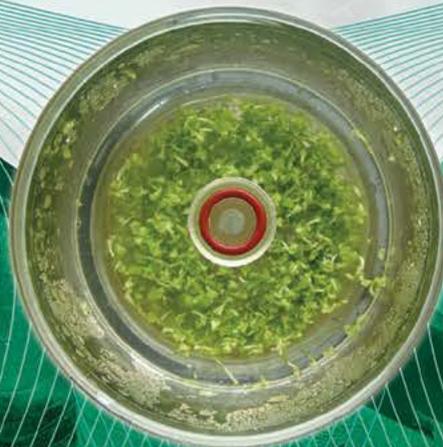
INFORMES:

Dr. Fernando C. Gómez Merino • Dr. Jericó J. Bello Bello

Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba
Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348,
Amatlán de los Reyes, Veracruz, C.P. 94946, México

Correo: cursobiorreactores@gmail.com

Tel: (+52) 01 271 71 6 60 55 y 00
Móvil: 271 105 85 06



Laboratorio de Cultivo
de Tejidos Vegetales

1ª. CONFERENCIA NACIONAL SOBRE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE

ANFIBIOS / REPTILES / AVES / MAMÍFEROS
AMENAZAS Y OPORTUNIDADES PARA LA BIODIVERSIDAD

Encuentro de Profesionistas, Manejadores,
Estudiantes y Público en General interesados en
el Manejo y Conservación de la Fauna Silvestre

**13-16
noviembre
de 2018**

Centro de Convenciones
San Luis Potosí

Unidad de Posgrados e
investigación
Universidad
Autónoma de
San Luis Potosí

INFORMES:

<http://www.conferenciafaunasilvestre.com>
informacion@conferenciafaunasilvestre.com



COMITÉ EJECUTIVO

Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula - Presidente
(Colegio de Postgraduados, Campus SLP)

Dr. Raúl Valdez - Vicepresidente
(New Mexico State University)
Dr. César Posadas Leal - Secretario
(Universidad Autónoma de San Luis Potosí)



INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

PROGRAMA DE MAETRÍA EN CIENCIAS

Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

1 Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

2 Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

3 Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC)

Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

Informes

Subdirección de Educación del Campus Córdoba
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114
✉ admision_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php
www.colpos.mx

f Colegio de Postgraduados Campus Córdoba
f Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable
✉ mcinnovaciones@colpos.mx
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946