

Eficiencia de las operaciones mecanizadas de henificación del pasto bermuda gigante (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), en los municipios San Francisco y Urdaneta, Zulia-Venezuela

Efficiency of mechanized haymaking operations of giant bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), in the municipalities of San Francisco and Urdaneta, Zulia-Venezuela

Robert Álvarez*, Néstor Atencio, Joel Labarca, Viceili Urdaneta y María Moreno

Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Resumen

Se evaluó la eficiencia de operación de la maquinaria de henificación del pasto Bermuda Gigante (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) en los municipios San Francisco y Urdaneta del estado Zulia, empleando un diseño experimental en bloques al azar con tratamientos arreglados en un factorial 3². Los factores fueron: manejo del pasto en tres unidades de producción (Valle Alto, Villa Palma y Proporca), y la maquinaria (segadora, rastrillo y empacadora). Los resultados obtenidos afirman que el pasto mostró condiciones óptimas para su henificación. En cuanto a la maquinaria se obtuvieron buenos valores de eficiencia en todas las labores, resaltando que la eficiencia de campo para el corte e hilerado fue menor que en el empacado, alcanzando ésta última valores que superan el 100%, producto del incremento de la anchura efectiva del empacado, provocando un incremento muy significativo de la capacidad efectiva de las mismas y por consiguiente de su eficiencia de campo.

Palabras clave: eficiencia de tiempo, eficiencia de campo, henificación.

Abstract

Operation efficiency haying in the Giant Bermuda grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) in the municipalities of San Francisco and Urdaneta of Zulia state, in an randomized block experimental design with. The factors studied were:

Recibido el 06-02-2017 • Aceptado el 17-02-2020

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: roalvarez@fa.luz.edu.ve

management grass in three production units (Valle Alto, Villa Palma and Proporca), and machinery (mower, rake and baler rake). The results stated that such grass was in optimal conditions for management in the process of haymaking. For the machinery used it was observed that were efficient in each of the work, it is important to note that the efficiency of field for the work of cutting and swathing was lower when compared to labor packaging. Those efficiency values exceeding 100%, being separated these threads to three times the balers theoretical width, causing an increase very significant of the effective capacity and there of in their field efficiency.

Keywords: efficiency of time, field efficiency, haymaking.

Introducción

En la altiplanicie de Maracaibo la producción agropecuaria es afectada por las escasas precipitaciones y las prolongadas épocas de sequías (CIIFEN, 2015). Entre las alternativas de conservación de forrajes, destaca la henificación. Es importante resaltar, que la henificación del pasto bermuda gigante en esta zona ofrece una ventaja por sus excelentes características bromatológicas y rendimiento en materia seca, además de ser resistente a cortes sucesivos (Rojas *et al.*, 2004). El proceso de henificación en los últimos años es realizado de manera mecanizada, cuya eficiencia difícilmente llega al 100% (Rivera y col., 2012). Por ello, se caracterizaron los diferentes equipos empleados en el proceso de henificación.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en tres unidades de producción, ubicadas en la altiplanicie de Maracaibo, en los

municipios San Francisco y Urdaneta del estado Zulia, con un bosque muy seco tropical, altitud de 70 msnm, temperatura media anual de 29 °C, HR de 68,8 % y precipitación anual de 600 mm (Espinoza, 1992). La maquinaria empleada fue caracterizada mediante un diagnóstico técnico-operativo, empleando la metodología indicada por Dávila (2005) (cuadros 1 y 2).

Manejo del Pasto: Para no alterar el proceso normal de henificación en las fincas estudiadas, se utilizó una superficie de 6,27 ha en Proporca, 5,71 ha en Valle Alto y 5,93 ha en Villa Palma. El rendimiento del pasto fue medido utilizando la ecuación [1].

$$\text{Pacas} \cdot \text{ha}^{-1} = \frac{\sum \text{pacas}}{\text{ha}}$$

Donde:

Pacas/ha-1: Numero de pacas por hectárea

∑pacas: Numero de pacas totales

ha: Numero de hectáreas

Eficiencia de operación

Durante seis semanas se realizaron mediciones para determinar la eficiencia de campo (Efc) y tiempo (Eft) de la maquinaria utilizada para la henificación en cada finca. La Efc

Cuadro 1. Características de los tractores.

	Tipo de Tractor	Tipo de Tracción	Marca y Modelo	Potencia (hp)	Número de cilindros	Año
Proporca	Agrícola de ruedas	Doble tracción asistida	Pauny 230a	120	6	2013
Valle Alto	Agrícola de ruedas	Doble tracción asistida	Belarus 1025.2	107	4	2010
Villa Palma	Agrícola de ruedas	Doble tracción asistida	Ford 7630	103	4	2004

Cuadro 2. Características de los equipos.

	Equipo	Marca	Modelo	Tipo	Número de Elementos	Año
Proporca	Cortadora	John Deere	972	Repicadora/de tiro	2	2008
	Hiladora	Frontier	RR1012E	De tiro	10	2015
	Empacadora	John Deere	320	De tiro	3	2012
Valle Alto	Cortadora	John Deere	972	Repicadora/de tiro	2	2006
	Hiladora	Vicon	4SS	De tiro	4	2002
	Empacadora	John Deere	320	De tiro	3	2006
Villa Palma	Cortadora	John Deere	Moco 630	De tiro	2	2006
	Hiladora	Vicon	4SS	De tiro	4	2004
	Empacadora	John Deere	320	De tiro	3	2006

se calculó utilizando la fórmula [2] (Dávila, 2005):

$$Efc = \frac{CTe}{CTT} \times 100$$

Donde:

Efc = Eficiencia de campo, expresada en porcentaje (%).

CTe = Capacidad de trabajo efectiva, en hectáreas por hora (ha.h⁻¹).

CTT = Capacidad teórica de trabajo, en hectáreas por hora (ha.h⁻¹).

La capacidad teórica de trabajo (CTT), se obtuvo utilizando la fórmula [3]:

$$CTT = \frac{AT \times VT}{10}$$

Donde:

CTT = Capacidad teórica de trabajo, en hectáreas por hora (ha.h⁻¹).

AT = Ancho de riego, en metros (m) VT = Velocidad teórica, en kilómetros por hora (km.h⁻¹).

La capacidad de trabajo efectiva o real (CTe), se obtuvo utilizando la fórmula [4].

$$CTe = \frac{AexVe}{10}$$

Donde:

CTe = Capacidad de trabajo efectiva, en hectáreas por hora (ha.h⁻¹).

Ae = Ancho efectivo, en metros (m) Ve = Velocidad efectiva, en kilómetros por hora (km.h⁻¹).

Y por último, se determinó la Eft, a través de la ecuación [5]. Donde el tiempo efectivo (Te), se midió solo cuando la maquinaria estaba realizando la labor, mientras que el tiempo total de operación (To), se consideró desde que el operador

arrancó la maquinaria hasta que la apagó.

$$Eft = \frac{Te}{To} \times 100$$

Donde:

Eft = Eficiencia teórica, en porcentaje (%)

Te = Tiempo efectivo, en segundos (s)

To = Tiempo operativo, en segundos (s)

Diseño experimental y análisis estadístico: El experimento se estableció en bloques al azar, diseño de tratamiento factorial 3² para un total de 9 tratamientos con 4 repeticiones. Los dos factores de estudio fueron: Manejo de pasto y Equipo. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento GLM del paquete estadístico Statistical Analysis System version 9.1.3 (SAS, 2014), efectuando pruebas de medias según Tukey cuando el análisis de la varianza detectó efecto significativo.

Resultados y discusión

Manejo del Pasto Bermuda Gigante: El pasto bermuda gigante mostró un comportamiento adecuado para el proceso de henificación, tal como se evidencia en los rendimientos mostrados (cuadro 3), atribuible a su adaptabilidad para un manejo intensivo, y a sus excelentes cualidades morfológicas para el rendimiento de la maquinaria en este proceso (Da Silva y Neves, 2013), el pasto es regado durante 8 horas con una frecuencia de 6 a 7 días. El corte se realizó cada 30-35 días, a una altura de 6-11 cm, estudios recientes refieren que cortes muy frecuentes (≤ 28 días) y a alturas de 10 cm ejercen un efecto negativo sobre las reservas de carbohidratos

por la eliminación del sistema de almacenamiento y reducción del área foliar (Rincón, 2005).

Eficiencia de campo (Efc): Se evaluó la Efc entre fincas para cada labor (interacción), donde al considerar la labor de corte, se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre fincas, siendo Proporca la de mayor Efc, seguida de Valle Alto y Villa Palma, debido principalmente a que la cortadora empleada en Villa Palma es de mayor tamaño, lo que produjo que su manejo fuese más difícil, (cuadros 4 y 5). Para el hilerado (cuadros 4 y 6), no hubo diferencia significativa. Por último al medir la Efc en la operación de la empacadora no se obtuvo diferencia significativa entre las fincas. Estos valores (cuadro 4 y 7) superan los reportados por Dávila (2005) y ASAE (2000), donde la Efc de la empacadora se encuentra entre 65-85%. Esto se debe a que el Ae (ancho efectivo) de recolección es mayor (casi 3 veces) a su At (ancho teórico), motivado a que en el hilerado se recogió material (pasto cortado) de varios anchos de corte, para optimizar dicha recolección. Por lo que se calculó la Efc para la empacadora considerando un escenario donde Ae (cuadro 7) sea un tercio de la misma, arrojando como resultados Efc de 69,37% para Valle Alto, 67,11% Proporca y 64,60% en Villa Palma. Esto realza que la técnica utilizada en el proceso de henificación en las fincas evaluadas debería ser adoptada en otras zonas. Para el caso de la Efc global en cada finca a pesar de no obtenerse diferencia significativa se puede observar que el promedio fue 108,98% para Proporca,

Cuadro 3. Rendimiento del pasto bermuda gigante en las fincas de estudio. (N° de pacas/superficie).

	Proporca	Valle Alto	Villa Palma
1er Empacado	652	395	379
2do Empacado	643	410	431
3er Empacado	647	414	395
4to Empacado	651	422	408
Pacas·ha ⁻¹	413	287	272

Cuadro 4. Eficiencia de Campo (%) generada por la combinación de los factores Finca y Equipo.

	Proporca	Valle Alto	Villa Palma	Prom. Equipo
Cortadora	73,22a	63,57a	47,61b	61,46
Hileradora	59,93a	53,51a	47,95a	53,46
Empacadora	193,78a	208,12a	201,33a	201,07
Prom. Finca	108,98	108,39	98,63	

Cuadro 5. Determinación de la eficiencia de campo (%) en las cortadoras

	Vt(Km.h ⁻¹)	Ve(Km.h ⁻¹)	CTT(ha.h ⁻¹)	CTE(ha.h ⁻¹)	AT(m)	AE(m)	Efc (%)
Proporca	3,96	3,32	0,88	0,64	1,83	1,63	73,22a
Valle Alto	4,59	2,64	0,61	0,39	1,83	1,53	63,57a
Villa Palma	4,80	2,53	1,38	0,66	3,00	2,49	47,61b

Vt: Velocidad teórica, Ve: Velocidad efectiva, CTT: Capacidad teórica de trabajo, CTE: Capacidad de trabajo efectiva, AT: Ancho teórico, AE: Ancho efectivo, Efc: Eficiencia de operación

Cuadro 6. Determinación de la eficiencia de campo (%) en las hileradoras

	Vt(km.h ⁻¹)	Ve(km.h ⁻¹)	CTT(ha.h ⁻¹)	CTE(ha.h ⁻¹)	AT(m)	AE(m)	EFC (%)
Proporca	4,60	3,72	2,00	1,20	3,60	2,61	59,93a
Valle Alto	4,15	2,88	1,53	0,82	4,10	2,82	53,51a
Villa Palma	5,56	2,88	1,70	0,80	4,10	2,75	46,95a

Vt: Velocidad teórica, Ve: Velocidad efectiva, CTT: Capacidad teórica de trabajo, CTE: Capacidad de trabajo efectiva, AT: Ancho teórico, AE: Ancho efectivo, EFC: Eficiencia de operación

Cuadro 7. Determinación de la eficiencia de campo (%) en las empacadoras.

	Vt(km.h ⁻¹)	Ve(km.h ⁻¹)	CTT(ha.h ⁻¹)	CTE(ha.h ⁻¹)	AT(m)	AE(m)	Efc (%)
Proporca	3,25	2,81	0,70	1,37	1,90	4,93	193,79a
Valle Alto	2,61	2,64	0,62	1,29	1,90	4,82	208,12a
Villa Palma	3,71	1,79	0,50	1,00	1,90	5,57	201,33a

Vt: Velocidad teórica, Ve: Velocidad efectiva, CTT: Capacidad teórica de trabajo, CTE: Capacidad de trabajo efectiva, AT: Ancho teórico, AE: Ancho efectivo, Efc: Eficiencia de operación

Cuadro 8. Eficiencia de tiempo (%) generada por la combinación de los factores Finca y Equipo.

	Proporca	Valle Alto	Villa Palma	Prom. Equipo
Cortadora	74,02a	82,42a	67,99b	74,81
Hileradora	69,04a	72,66a	73,43a	71,71
Empacadora	63,63b	75,24a	57,12b	65,33
Prom. finca	68,90	76,77	66,18	

108,39% para Valle Alto y 98,63% para Villa Palma (cuadro 5). Estos resultados se consideran por encima de los reportados por Dávila (2005).

Eficiencia de tiempo (Eft): El análisis mostró diferencias significativas ($P \leq 0,005$), como se muestra en el cuadro 8. Al evaluar las Eft para cada labor entre las fincas (interacción), se obtuvo que la eficiencia de las cortadoras presentaron diferencia entre las fincas, situando a Valle Alto y Proporca en un rango de eficiencia mayor que los valores alcanzados en Villa Palma, siendo esta última menor a los reportados por Dávila (2005) que están entre 75% y 83%. Para la labor de hilerado no se encontraron diferencias entre las unidades de producción, estando dentro de los valores referenciados por Dávila (2005) y ASAE (1993), entre 62-89%. Por otro lado, la evaluación de la empacadora señala que Valle Alto se encuentra en los rangos de Eft óptimos para esta labor, presentando diferencia con Proporca y Villa Palma (cuadro 8), ubicándose estas últimas, por debajo de los rangos sugeridos por Dávila (2005) entre 65-85%. Para Eft global en cada finca, se obtuvo que las eficiencias promedio fueron 76,77% para Valle Alto, 68,90 %

para Proporca y 66,18% para Villa Palma (cuadro 8). En cuanto a la Eft promedio de cada labor, se obtuvieron valores de 74,81% para cortadoras, 71,71% para hileradoras y 65,33% para empacadoras. Todos estos valores se consideran aceptables al ser comparados con los rangos reportados por Dávila (2005) y ASAE (2000).

Conclusiones

El manejo agronómico del pasto bermuda gigante (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), para la producción de heno, mostró niveles aceptables de rendimientos en las fincas estudiadas. La Efc en el corte y el hilerado presentaron valores aceptables, mientras los del empacado fueron superiores a los procesos previos, motivado a la técnica empleada por los operadores, superando el 100% para el proceso en general. La Eft de las cortadoras tuvo diferencias significativas entre las fincas, mostrando mejores valores en los equipos de funcionamiento más sencillo. La Eft de las hileradoras en las tres fincas no presentó diferencias significativas. La empacadora demostró ser el equipo de mayor complejidad de manejo, con Eft

óptimas para Valle Alto y valores inferiores en las fincas Proporca y Villa Palma.

Ciencias Económicas, (A.N.C.E.). 178 p.

Literatura Citada

ASAE. 2000. Standards. Agricultural Machinery Management Data. ASAE D497. USA. 350-357 p.

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno El Niño (CIIFEN). 2015. El Niño/Oscilación Sur (ENOS) Evolución y Perspectivas. Disponible en: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_ut=blog&id=78&Itemid=95&lang=es consultado el 15 de Julio de 2015.

Dávila, R. 2005. Administración y planificación de maquinarias agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas. Venezuela. Italgráfica, S.A. 12-45 p.

Da Silva R., y Neves M. 2013. Manejo de pasturas bajo riego y fertilización en sistemas de producción intensivos en condiciones tropicales. Cuadernos Científicos GIRARZ. Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales. Tomo 13 Maracaibo, Estado Zulia. Venezuela. 51-57 p.

Espinoza, A. 1992. Sinopsis fisiográfica de la región zuliana. Academia Nacional de

Mestre, Y., y Peña, Y. 2015. Efecto de la aplicación de purines de porcinos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelo de la altiplanicie de maracaibo y el rendimiento del pasto bermuda gigante *Cynodon dactylon* (L.) Pers.). Trabajo de Investigación Agropecuaria. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. 53 p.

Rivera, R., N. Sánchez. y G. Ríos. 2012. Determinación de la eficiencia de campo para el sistema de alza de máquinas y transporte en el ingenio Pantaleón utilizando diagrama cíclico, en la zafra azucarera. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua. Revista Científica Nexo. (1): 54-58.

Rincón, J. 2005. Manual de Ganadería Doble Propósito. Gramíneas introducidas bajo riego en el semiárido venezolano. Investigación en Producción Animal. Facultad de Agronomía. UCLA. 126 p.

Rojas, Y., Rincón, J., Gallardo. y Leal, M. 2004. Evaluación de frecuencias y alturas de corte en tres cultivares *Cynodon dactylon* (L.) Pers., en condiciones de bosque muy seco tropical. II: Valor nutritivo. Zootecnia Tropical. 22 (2): 175-181.