

EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA Y CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) BAJO LA APLICACIÓN DE BIOL BOVINO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA

Efficiency of water use and bromatological characteristics of maralfalfa (*Pennisetum* sp.) under the application of bovine biol in the choquenaira experimental station

Sandra Condori Vargas¹; Paulino Ruiz Huanca²; Olga Ticona Guanto³; Gladys J. Chipana Mendoza⁴

RESUMEN

La maralfalfa es un forraje suave muy palatable y dulce que puede sustituir a la melaza. En la región del Altiplano boliviano existen temporadas de escasez de forraje, razón por la que se deben evaluar nuevas alternativas para la alimentación del ganado, es por esta razón que el objetivo de la investigación es evaluar la eficiencia del uso de agua y las características bromatológicas de la maralfalfa bajo la aplicación de biol y riego. La metodología consistió en la evaluación en los ambientes de cama caliente, carpita, canchón y campo abierto, con la aplicación de 9 tratamientos consistentes en la incorporación de biol bovino al 20, 40 y 60% y aplicación de láminas de riego al 25, 50 y 75%, el diseño fue de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, resultando en tres bloques con tres repeticiones, se evaluó la humedad del suelo, análisis bromatológico de la cantidad de proteína, fibra cruda, valor energético, rendimiento en materia seca y la eficiencia del uso del agua. Los principales resultados muestran que los parámetros de la calidad bromatológica en base en la proteína cruda, fibra cruda y valor energético en la cama caliente y a campo abierto fueron los esperados, la producción en carpita y canchón obtuvo valores inferiores a los esperados; sin embargo se encuentran por encima de otros forrajes de corte de la región razón por lo cual maralfalfa es una buena alternativa para su uso en la alimentación de los rumiantes en las diferentes explotaciones de la región. La eficiencia de uso del agua de riego fue mejor en la cama caliente a una lámina de riego de 25% registrando 4.54 kg m⁻³ de agua lo que significa que para producir 1 kg de materia seca del forraje maralfalfa se requiere 220.47 L de agua, durante los cinco cortes.

Palabras clave: *Pennisetum* sp., proteína, fibra cruda, valor energético, materia seca, eficiencia del uso del agua.

ABSTRACT

The maralfalfa is a soft forage very palatable and sweet that can replace the molasses. In the Bolivian highland region there are seasons of scarcity of forage, which is why new alternatives for cattle feeding must be evaluated, for this reason the objective of the research is to evaluate the efficiency of water use and the bromatological characteristics of maralfalfa under the application of biol and irrigation. The methodology consisted of the evaluation in the hot bed, greenhouse, field and open field environments, with the application of 9 treatments consisting of the incorporation of bovine biol at 20, 40 and 60% and application of irrigation sheets at 25, 50 and 75%, the design was of random blocks with arrangement of divided plots, resulting in three blocks with three repetitions, soil moisture was evaluated, bromatological analysis of the amount of protein, crude fiber, energy value, yield in dry matter and the efficiency of water use. The main results show that the bromatological quality parameters based on crude protein, crude fiber and energy value in the hot bed and in the open field were as expected, the production in greenhouse and field obtained lower than expected values; however, they are found above other fodder crops of the region, which is why maralfalfa is a good alternative for its use in feeding ruminants in the different farms of the region. The irrigation water use efficiency was better in the warm bed to an irrigation sheet of 25% registering 4.54 kg m⁻³ of water which means that to produce 1 kg of dry matter of the forage maralfalfa 220.47 L of water is required, during the five cuts.

Keywords: *Pennisetum* sp., protein, crude fiber, energy value, dry matter, efficiency of water use.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. cv_sandra0001@hotmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

³ Consultora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

⁴ Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La maralfalfa (*Pennisetum* sp.) es un forraje muy palatable y dulce, puede sustituir a la melaza, ante la existencia de muchos pastos elefante se tiende confundir a la maralfalfa con estos pastos (Bravo, 2015).

Carreño (2009) indica que esta gramínea crece desde el nivel del mar hasta los 2700 m, se comporta bien en suelos con fertilidad media o alta y de pH bajos, su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje, no toleran la excesiva humedad, en alturas superiores a los 2200 m s.n.m., su desarrollo es más lento y la producción es inferior.

Medina (1992) señala que el biol es un fitoestimulante complejo que al ser aplicado a las semillas o al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de las raíces e la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando sustancialmente la producción y calidad de las cosechas. El INIA (2008) indica que el biol contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. Cajamarca (2012) menciona que los abonos líquidos (biol) son ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral.

Según Estrada (2004) el análisis bromatológico comprende el estudio de calidad nutricional de los alimentos, los forrajes se evalúan mediante un análisis de laboratorio, dónde se toma la parte aérea de la planta o para el caso de los análisis foliares se toman las hojas simulando un pastoreo. La composición química de los forrajes es muy variable y es influenciada por los factores de tipo ambiental, biótico y manejo.

Micucci y Álvarez (2003) citado por Mamani (2017), señalan que la eficiencia de uso del agua es el rendimiento o producción de biomasa por unidad de agua consumida que puede expresarse como transpiración, evapotranspiración o precipitación.

En la región del Altiplano boliviano existen temporadas de escasez de forraje, razón por la que se deben evaluar nuevas alternativas para la alimentación del

ganado. En ese sentido, el objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia del uso de agua y las características bromatológicas de la maralfalfa bajo la aplicación de biol y riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Choquenaira dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, está ubicada en la comunidad de Choquenaira, a 8 km de la población de Viacha, provincia Ingavi, situada a una altitud de 3870 m s.n.m., geográficamente a 16° 41' 39.25" de latitud sur y 68° 17' 14.31" de longitud oeste.

Metodología

La maralfalfa fue traída de la provincia Larecaja, quinta sección Combaya, de la comunidad Sorejaya del departamento de La Paz, las plántulas tuvieron un mismo tamaño con un promedio de 20 macollos por planta.

La evaluación fue en cuatro ambientes que fueron a) cama caliente que es un pequeño invernadero subterráneo con muros de adobe¹ que durante el día acumula calor y evita el descenso de temperaturas a niveles muy críticos b) carpa con muros de adobe, c) canchón, que es a campo abierto y cercado, d) campo abierto, sin cerca.

Antes del trasplante de realizó el riego a capacidad de campo, se separó las cepas por tamaños de 30 cm de altura, se hizo la apertura de hoyos a una distancia de 0.50 m entre plantas y 0.50 m entre surcos, las labores culturales fueron desarrolladas de forma manual y el control de plagas y enfermedades fue con la aplicación de biol bovino (Sánchez, 2003). Se practicó riego complementario y suplementario en la época seca, mientras que en la época de lluvias no se efectuó el riego en la parcela que se encontró a campo abierto.

Para determinar la humedad, la muestra del suelo fue tomada a una profundidad de 20 cm antes y después de la aplicación de riego para la comparación con la lámina de riego aplicada. Las muestras húmedas fueron llevadas a la mufla a 105°C durante 48 horas.

¹ Masa de barro y paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol, utilizada en la construcción.

La aplicación de biol bovino fue en tres tipos de solución (Tabla 1), las aplicaciones fueron dos veces por semana.

Tabla 1. Tipos de solución aplicada de biol bovino.

Solución	Biol (L)	Agua (L)	Total por parcela (L)	Total (L)
20%	0.8	3.2	4	16
40%	1.6	2.4	4	16
60%	2.4	1.6	4	16

La cosecha fue manual, con el corte a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo, de cada unidad experimental se cortó una superficie de 1 m², se siguió la recomendación de Bravo (2015) que menciona que los cortes se deben realizar cuando la planta alcanza aproximadamente 1 m de altura, esto debido a que la planta se encuentra en un estado más tierno y puede ser aprovechado por el ganado al máximo.

El forraje cosechado fue pesado y puesto en sobres cerrados para su secado en la mufla por 24 horas a 105°C, su rendimiento en materia seca fue en base a las Ecuaciones 1 y 2.

$$RMV = PCP \cdot \frac{10000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}}{\text{ANC m}^2} \quad (1)$$

Dónde: RMV = rendimiento de materia verde (kg ha⁻¹); PCP = peso de campo por parcela (kg); ANC = área neta cosechada (m²).

Tabla 2. Factores y tratamientos evaluados.

Factor A	Factor B	Combinación	Tratamiento
25% de lámina de riego	20% de biol bovino	25% de lámina de riego con 20% de biol bovino	T1
	40% de biol bovino	25% de lámina de riego con 40% de biol bovino	T2
	60% de biol bovino	25% de lámina de riego con 60% de biol bovino	T3
50% de lámina de riego	20% de biol bovino	50% de lámina de riego con 20% de biol bovino	T4
	40% de biol bovino	50% de lámina de riego con 40% de biol bovino	T5
	60% de biol bovino	50% de lámina de riego con 60% de biol bovino	T6
75% de lámina de riego	20% de biol bovino	75% de lámina de riego con 20% de biol bovino	T7
	40% de biol bovino	75% de lámina de riego con 40% de biol bovino	T8
	60% de biol bovino	75% de lámina de riego con 60% de biol bovino	T9

Después de realizar el corte se realizó el análisis bromatológico para determinar el porcentaje de proteína, porcentaje de fibra y valor energético.

La eficiencia de uso de agua fue determinada en base al rendimiento por unidad de superficie, en relación a la lámina de agua aplicada durante el ciclo del cultivo, de acuerdo a la Ecuación (4) (Micucci y Álvarez, 2003

$$RMS = \frac{MS \cdot RMV}{100} \quad (2)$$

Dónde: RMS = rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹); RMV = rendimiento de materia verde (kg ha⁻¹); MS = materia verde por cada 100 g de materia verde (%).

Para determinar la calidad nutritiva del forraje las muestras cosechadas fueron secadas bajo sombra y llevadas al laboratorio de bromatología SELADIS (Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud) dependiente de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad Mayor de San Andrés. El procedimiento experimental consistió en el diseño de bloques al azar, con arreglo de parcelas divididas con arreglo factorial, el modelo lineal obedece a la Ecuación 3 (Ochoa, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3)$$

Dónde: Y_{ijk} = observación cualquiera; μ = media de la población; β_k = efecto del k-ésimo bloque; α_i = efecto del i-ésimo nivel de lámina de riego; ε_{ijk} = error experimental de la parcela mayor; γ_j = efecto del j-ésimo nivel de biol bovino; $(\alpha\gamma)_{ij}$ = interacción entre la i-ésimo lámina de riego y el k-ésimo nivel de biol bovino; ε_{ijk} = error experimental en la parcela menor.

En total fueron nueve tratamientos dispuestos en tres bloques con tres repeticiones. La Tabla 2 muestra los tratamientos evaluados.

citado por Mamani, 2017).

$$EUA = \frac{Rd}{VAU} \quad (4)$$

Dónde: EUA = eficiencia de uso del agua (g cm⁻³); Rd = rendimiento del cultivo (kg ha⁻¹); VAU = volumen de agua aplicada (cm³ ha⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

La temperatura de los ambientes varió entre 29.2°C (febrero) y 22.3°C (mayo) en cama caliente, en la carpa fue de 21.7°C (noviembre) y 15.3°C (mayo), para la producción en canchón varió entre 12.2°C (diciembre) y 7.8°C (mayo), mientras que a campo abierto fue entre 10.9°C (diciembre) y 6.5°C (mayo). Chavez (2016), menciona que las temperaturas ideales se sitúan en el rango de 25 a 30°C para el crecimiento de las plantas. Las temperaturas medias de las parcelas del canchón y campo abierto fueron bajas, generando un desarrollo más lento de las plantas.

Suelo

La clase textural en las condiciones de cama caliente y canchón fue franco con densidad aparente de 1.50 g cm⁻³, el suelo de la carpa y a campo abierto fue franco arcilloso con densidad aparente de 1.47 g cm⁻³. El pH en la cama caliente fue de 7.790, en carpa de 8.250, en canchón de 6.450 y a campo abierto de 6.200, los suelos de las cuatro parcelas no presentaron salinidad, se tuvo alto contenido de nitrógeno en las parcelas de cama caliente, carpa y canchón, la parcela a campo abierto presentó contenido medio de nitrógeno. Las parcelas de cama caliente, canchón y campo abierto presentaron alto contenido de fósforo disponible, mismo que fue medio en la parcela de la carpa. Chaves (2016), menciona que el cultivo se adapta mejor a suelos con fertilidad media a alta.

Agua para riego

El agua presentó un pH de 8.800, la conductividad eléctrica fue de 0.277 dS m⁻¹, según Serrano (2014) si la conductividad eléctrica es mayor a 3 dS m⁻¹, los problemas de salinidad pueden ser muy graves.

Biol bovino

El análisis mostró bajo contenido de nitrógeno de 0.049%, lo cual indica que su aporte al suelo y al cultivo no fue significativo, el fósforo y potasio disponible tuvieron valores bajos de 0.200 y 0.161%, el pH fue ligeramente alcalino con 8.850, la conductividad eléctrica fue de 7.750 dS m⁻¹ que comparando con los límites de concentración de acuerdo al riesgo de salinidad del agua de riego, superó los límites de

3 dS m⁻¹, señalando que los problemas de salinidad pueden ser muy graves (Serrano, 2014).

Volumen de agua aplicada mediante el riego y precipitación

La aplicación del volumen de agua fue con una frecuencia de cada cuatro días.

Cama caliente

El volumen total de agua aplicada, para una lámina de riego de 75% fue 4100.74 m³ ha⁻¹, para una lámina de 50% fue 2733.83 m³ ha⁻¹ y para una lámina de 25% fue de 1366.91 m³ ha⁻¹, se programaron 64 riegos.

Tabla 3. Volumen total de agua aplicada en la cama caliente.

Lámina de riego	Volumen (L m ⁻²)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)
75 %	410.07	4100.74
50 %	273.38	2733.83
25 %	136.69	1366.91

Carpa

El volumen total de agua aplicada para una lámina de 75% fue 4768.29 m³ ha⁻¹, para una lámina de 50% alcanzó un valor de 3178.86 m³ ha⁻¹ y para una lámina de 25% fue de 1589.43 m³ ha⁻¹, se tuvo programado 64 riegos (Tabla 4).

Tabla 4. Volumen total de agua aplicada en la carpa.

Lámina de riego	Volumen (L m ⁻²)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)
75 %	476.83	4768.29
50 %	317.89	3178.86
25 %	158.94	1589.43

Canchón

Para una lámina de 75% más la precipitación, el volumen total aplicado fue 5412.90 m³ ha⁻¹, para una lámina de riego 50% más precipitación alcanzó un valor de 4448.12 m³ ha⁻¹ y para una lámina del 25% más la precipitación fue de 3833.69 m³ ha⁻¹, se programaron 64 riegos (Tabla 5).

Tabla 5. Volumen total de agua aplicada en el canchón.

Lámina de riego	Volumen aplicado		Volumen total	
	con riego L m ⁻²	precipitación m ³ ha ⁻¹	(iego + precipitación) L m ⁻²	(iego + precipitación) m ³ ha ⁻¹
75 %	191.24	1912.40	541.29	5412.90
50 %	94.76	947.62	444.81	4448.12
25 %	33.32	333.19	383.37	3833.69

Campo abierto

El volumen total aplicado para una lámina de riego de 75% más la precipitación fue $5166.02 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para una lámina de 50% más precipitación fue $4202.06 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, y con el 25% de lámina de riego más precipitación fue $3586.30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, por consecuencia de la excesiva precipitación se programaron 50 riegos (Tabla 6).

Tabla 6. Volumen total de agua aplicada a campo abierto.

Lámina de riego	Volumen aplicado con riego		Volumen total (riego + precipitación)	
	L m ⁻²	m ³ ha ⁻¹	L m ⁻²	m ³ ha ⁻¹
75 %	200.63	2006.30	516.60	5166.02
50 %	104.23	1042.34	420.21	4202.06
25 %	42.66	426.58	358.63	3586.30

De acuerdo con Cunuhay (2011), el cultivo durante su periodo vegetativo requiere láminas de 7 a 12 m³ (2500

a 4500 mm). Chávez (2016), menciona que el cultivo requiere de 900 a 2500 m³ ha⁻¹ por cada corte. Entonces los volúmenes totales aplicados, en el presente ensayo fueron los adecuados debido a que se encuentran dentro del intervalo recomendado.

Humedad del suelo

Cama caliente

En la Figura 1, se exponen los resultados de humedad volumétrica del suelo, que para la capacidad de campo (C.C.) fue 36.88% y para el punto de marchitez permanente (P.M.P.) de 14.01%. También se trazó la línea del 50% del agua disponible total que fue de 25.45% de la humedad volumétrica, asimismo, la lámina de riego al 75% es superior a las demás, pero estas mantuvieron una adecuada humedad.

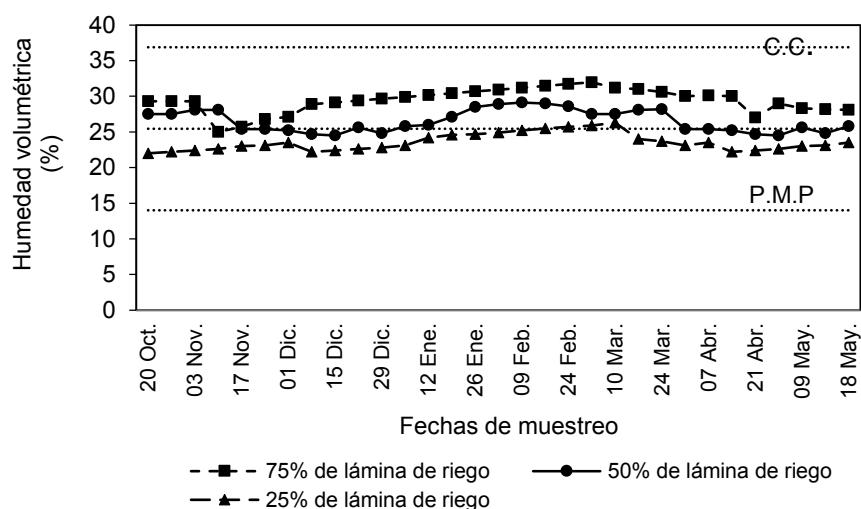


Figura 1. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo en la cama caliente.

Carpa

La humedad a capacidad de campo fue de 20.23% y el punto de marchitez permanente de 7.57%, el 50% del agua disponible total fue de 13.90% de la humedad

volumétrica. La humedad volumétrica de la lámina de riego al 75% es superior a las otras láminas, sin embargo estas láminas mantuvieron una humedad adecuada.

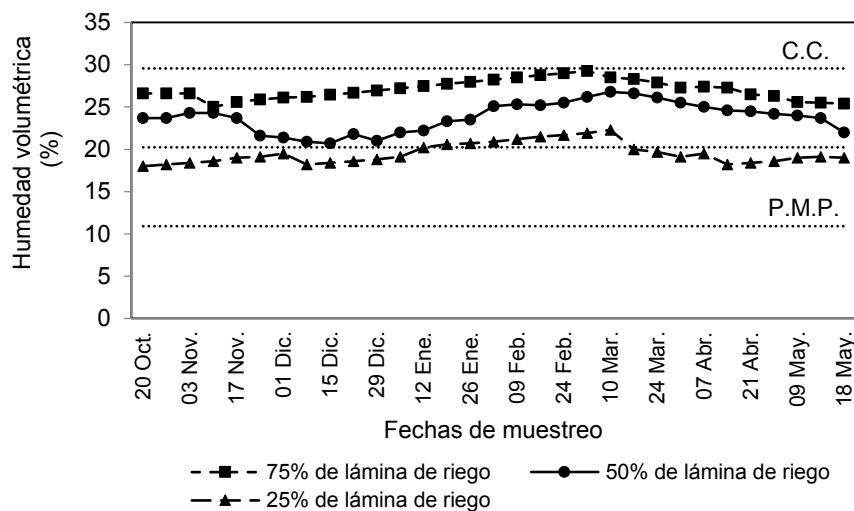


Figura 2. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo en la carpita.

Canchón

La humedad a capacidad de campo fue de 29.56% y el punto de marchitez permanente de 10.91%, el 50% del agua disponible total fue de 20.23% de la humedad volumétrica. La humedad volumétrica de la lámina de

riego al 75% fue superior a las otras láminas, en los meses de enero, febrero y marzo, debido a las intensas precipitaciones la humedad fue superior a la capacidad de campo y no se pudo diferenciar la humedad de las diferentes láminas.

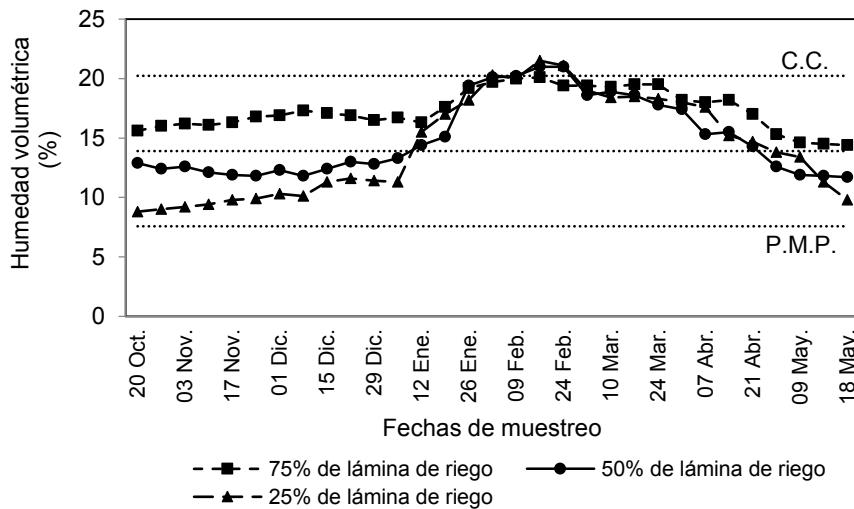


Figura 3. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo en el canchón.

Campo abierto

La humedad a capacidad de campo fue de 23.91% y el punto de marchitez permanente de 8.41%, el 50% del agua disponible total fue 16.16% de la humedad volumétrica. La humedad volumétrica de la lámina de

riego al 75% fue superior a las otras láminas, en los meses de enero, febrero y marzo, debido a las intensas precipitaciones la humedad fue superior a la capacidad de campo.

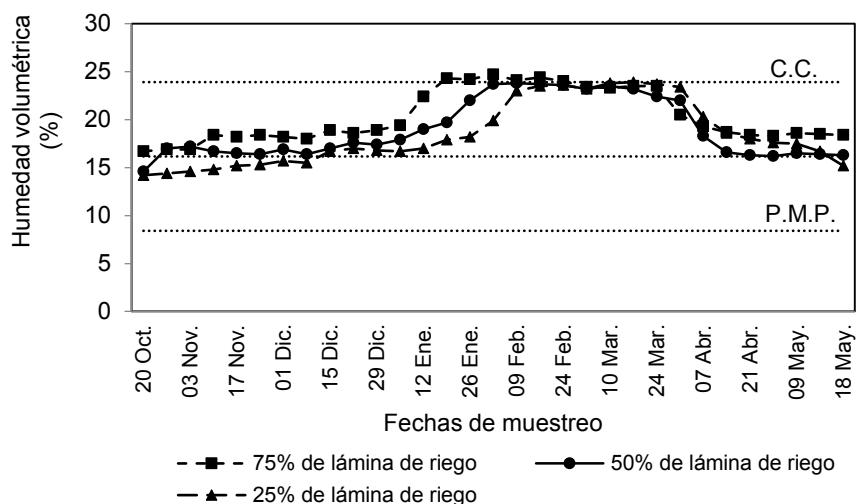


Figura 4. Humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo a campo abierto.

Días al corte

La altura promedio para cada corte para los ambientes de cama caliente y carpa fue de 1 m, en la cama caliente se realizaron cinco cortes, en la carpa se tuvo tres cortes, en el canchón y campo abierto fue un corte que fue efectuado cuando la altura fue menor a 1 m.

Tabla 7. Número de días por corte en las parcelas.

Lugar	Número de días por corte					
	1er	2do	3er	4to	5to	Promedio
Cama caliente	41	36	60	42	49	46
Carpa	84	67	70	-	-	74
Canchón	221	-	-	-	-	221
Campo abierto	221	-	-	-	-	221

Variables bromatológicas

Proteína

Los contenidos de proteína, obtenidos en diferentes ambientes con la aplicación de diferentes niveles de biol bovino, fueron superiores para la producción en cama caliente y campo abierto, el mayor valor fue de 17.89% de proteína para la producción en cama caliente con la incorporación de 60% de biol bovino, el menor valor fue de 11.71% de proteína con la incorporación de 20% de biol bovino. Los contenidos más bajos de contenido de proteína se obtuvieron con la producción bajo condiciones de carpa y canchón con valores que variaron entre 5.67 y 1.04% de proteína.

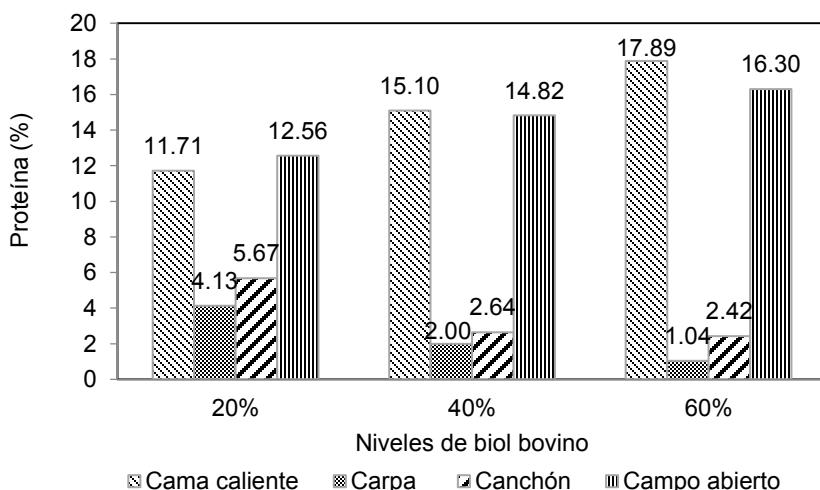


Figura 5. Variación del contenido de proteína de la maralfalfa bajo su producción en diferentes ambientes con la aplicación de tres niveles de biol bovino.

Mauricio (2011) indica que el contenido de proteína de la maralfalfa bajo riego fue de 9.77%. Mila (2004), reportó para la maralfalfa un contenido de proteína cruda de 10.48%, en tanto Márquez et al. (2007), encontró 7.28% de proteína cruda a los 63 días de corte. Molina (2005), determinó que el contenido de proteína cruda para la maralfalfa a los 35, 45 y 60 días fue de 12.46, 10.80 y 7.12% respectivamente. Los valores obtenidos en la cama caliente y a campo abierto superan los rangos reportados por varios autores, los ambientes de la carpa y el canchón se

encuentran en rangos inferiores a los señalados por estos autores.

Fibra cruda

Los resultados de fibra cruda (Figura 6) obtenida bajo la producción en diferentes ambientes con la aplicación de biol bovino, muestra resultados similares, siendo el valor más alto de 26.73% en carpa y 20% de biol bovino, el valor más bajo fue de 22.41% para el mismo ambiente con la incorporación 40% de biol bovino.

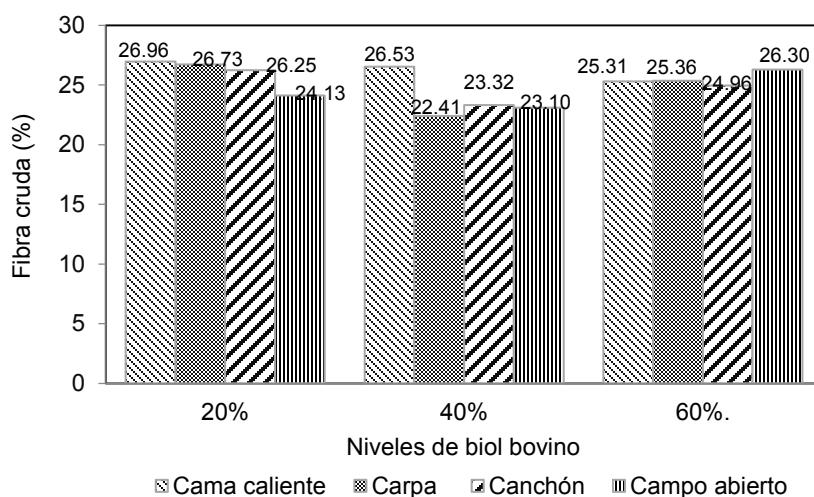


Figura 6. Variación del contenido de fibra cruda de la maralfalfa bajo su producción en diferentes ambientes con la aplicación de tres niveles de biol bovino.

Mauricio (2011) muestra que el contenido de fibra cruda para la maralfalfa bajo riego fue de 32.97%, siendo superior a los obtenidos en el presente estudio. Borbor (2013) efectuó una evaluación agronómica y nutricional de la maralfalfa, bajo dos métodos de propagación y tres programas de fertilización, obtuvo 31.36% de fibra a los 45 días y 32.46% a los 60 días en la provincia de Guayas en Ecuador con una temperatura promedio de 29°C.

Cruz (2008) en sus parámetros de fibra cruda muestra que a los 30, 75, 105 y 135 días tuvo en promedio 34% de fibra cruda, siendo fertilizados con 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 120 kg ha⁻¹ de fósforo y 30 kg ha⁻¹ de potasio, tuvo resultados superiores a los del estudio realizado.

Ramírez (2003) indica que el nivel de fibra cruda de la maralfalfa a los 70 días de edad es de 23.89%, al igual que Ramos (2011) que halló 27.67% de fibra cruda a los 65 días sin fertilización.

Valor energético

La Figura 7 muestra que con la aplicación de biol bovino al cultivo de maralfalfa bajo condiciones de campo abierto se obtuvo como valor máximo 152.49 kcal 100g⁻¹, seguido de 138.92 kcal 100g⁻¹ correspondiente a la incorporación de biol bovino al 60%, el valor mínimo fue 69.16 kcal 100g⁻¹ con la incorporación de 40% de biol bovino en la producción en carpa.

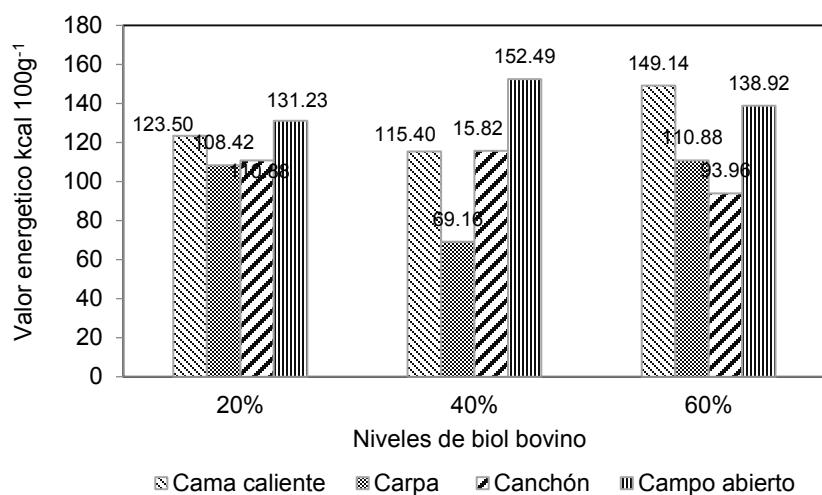


Figura 7. Variación del contenido del valor energético de la maralfalfa bajo su producción en diferentes ambientes con la aplicación de tres niveles de biol bovino.

Sosa y Larco (2006) reportaron 241.0 kcal 100g-1 de energía digestible y 197.0 kcal 100g-1 de energía metabólica a los 60 días del corte.

Rendimiento en materia seca

Cama caliente

El rendimiento alto de materia seca de la producción de la maralfalfa en cama caliente, durante los cinco cortes fue para el T8 con 10.87 t ha⁻¹, seguido del T9 con 9.30 t ha⁻¹, el rendimiento bajo fue para el T1 con 4.35 t ha⁻¹. Los valores más altos del rendimiento de materia seca se obtuvieron durante el cuarto y quinto corte con 21.21 y 20.59 t ha⁻¹.

Tabla 8. Rendimiento en materia seca de la maralfalfa aplicando tres láminas de riego y tres niveles de biol bovino en la cama caliente.

Tratamientos	Rendimiento de material seca (t ha ⁻¹)					
	1er corte	2do corte	3er corte	4to corte	5to corte	Total
T1	0.20	0.96	1.40	0.93	0.86	4.35
T2	0.13	0.53	1.54	1.69	1.56	5.46
T3	0.16	0.49	2.37	1.56	1.61	6.20
T4	0.39	0.75	0.94	1.77	1.92	5.78
T5	0.25	0.47	1.54	1.52	2.35	6.13
T6	0.23	0.70	0.96	2.11	2.44	6.45
T7	0.39	0.58	2.09	2.37	2.56	7.99
T8	0.21	0.51	1.76	4.26	4.13	10.87
T9	0.25	0.44	1.45	4.00	3.16	9.30
Total	2.21	5.43	14.05	20.21	20.59	62.53

Carpa

La Tabla 9 muestra que los valores más altos del rendimiento de materia seca se obtuvieron durante el

tercer corte con 8.87 t ha⁻¹, donde el T5, T9 obtuvieron los valores más altos con 1.80 y 2.78 t ha⁻¹, el T2 tuvo el valor más bajo acumulado con 0.66 t ha⁻¹.

Tabla 9. Rendimiento en materia seca de la maralfalfa aplicando tres láminas de riego y tres niveles de biol bovino en la carpa.

Tratamiento	Rendimiento de material seca (t ha ⁻¹)			
	1er corte	2do corte	3er corte	Total
T1	0.47	0.08	0.33	0.88
T2	0.33	0.07	0.27	0.66
T3	0.28	0.09	0.37	0.74
T4	0.64	0.53	0.97	2.14
T5	0.23	0.23	1.80	2.27
T6	0.51	0.74	1.42	2.67
T7	0.72	0.27	1.14	2.13
T8	0.94	0.37	1.22	2.53
T9	0.86	0.57	1.35	2.78
Total	4.98	2.95	8.87	16.80

Canchón

Entre los valores altos se encuentran los tratamientos T5, T4, T8, T7 y T6 con 1.39, 1.26, 1.19, 1.13 y 1.12 t ha⁻¹, los tratamientos T1 y T9 obtuvieron el mismo rendimiento de 0.90 t ha⁻¹, mientras que los tratamientos T3 y T2 tuvieron un rendimiento de 0.89 y 0.83 t ha⁻¹. El rendimiento total fue de 9.61 t ha⁻¹.

Campo abierto

El rendimiento de materia seca para los tratamientos T9, T8, T7, T5, T1 y T3 fueron de 0.89, 0.80, 0.75, 0.57, 0.52 y 0.50 t ha⁻¹, los valores bajos fueron para los tratamientos T6, T4 y T2 con 0.48, 0.46 y 0.44 t ha⁻¹. El rendimiento total fue de 5.41 t ha⁻¹.

Variación del rendimiento en materia seca por ambiente

Los valores más altos en rendimiento en materia seca se obtuvieron en la cama caliente con un promedio de

6.95 t ha⁻¹, seguido de la parcela de la carpa con 1.87 t ha⁻¹, en la parcela del canchón se obtuvo un rendimiento promedio de 1.07 t ha⁻¹ y con el rendimiento más bajo fue en la parcela a campo abierto con 0.6 t ha⁻¹.

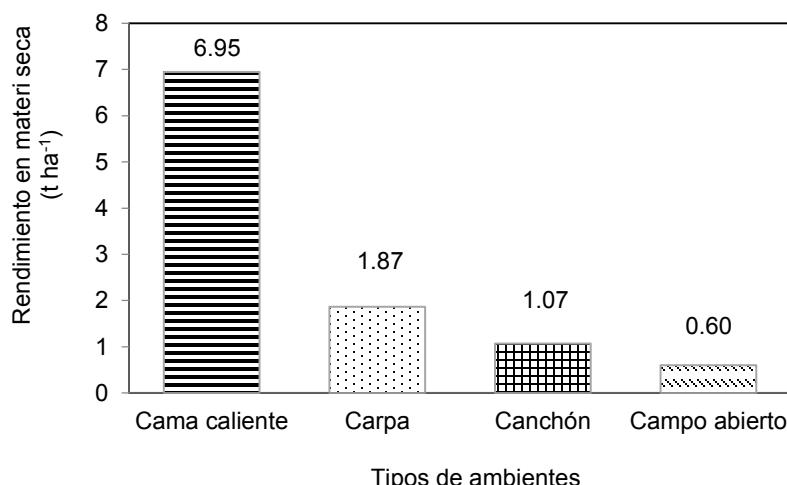


Figura 8. Variación del rendimiento en materia seca en las cuatro parcelas de maralfalfa.

Martínez et al. (2010) reportaron producciones de materia seca entre 7.2 y 9.2 t ha⁻¹ a los 60 días, al igual que Cárdenas et al. (2012) que obtuvieron 6.43 t ha⁻¹ a los 60 días.

Cruz (2008) indica que los niveles de fósforo empleados en la fertilización de la maralfalfa afectaron estadísticamente en la producción en materia seca, a los 75 días de corte se obtuvo un promedio de 5.77 t ha⁻¹, a los 105 días una producción de 8.93 t ha⁻¹ y a los 135 días una producción de 18.31 t ha⁻¹.

Eficiencia de uso del agua

Cama caliente

La eficiencia de uso del agua de riego durante los cinco cortes, muestran que la mejor eficiencia fue para el T4 con 4.54 kg m⁻³, ello significa que para producir 1 kg de materia seca se requirió de 220.47 L de agua. La peor eficiencia fue para el T7 con 1.95 kg m⁻³, es decir que utilizó 513.23 L de agua para producir 1 kg de materia seca de la maralfalfa durante los cinco cortes.

Tabla 10. Productividad del uso de agua en cinco cortes de la maralfalfa, con la producción en cama caliente.

Tratamiento	Rendimiento total t ha ⁻¹	Rendimiento total kg ha ⁻¹	Volumen de riego m ³ ha ⁻¹	Eficiencia del uso de agua kg m ⁻³	Eficiencia del uso de agua L kg ⁻¹
T1	4.35	4350	1366.91	3.18	314.23
T2	5.46	5460	1366.91	3.99	250.35
T3	6.20	6200	1366.91	4.54	220.47
T4	5.78	5780	2733.83	2.11	472.98
T5	6.13	6130	2733.83	2.24	445.98
T6	6.45	6450	2733.83	2.36	423.85
T7	7.99	7990	4100.74	1.95	513.23
T8	10.87	10870	4100.74	2.65	377.25
T9	9.30	9300	4100.74	2.27	440.94

Carpa

La Tabla 11 muestra que la eficiencia de uso del agua de riego en la carpa durante los tres cortes fue mayor para el T6 con 0.84 kg m⁻³, ello significa que para producir 1 kg de materia seca se requirió 1190.58 L de

agua. El T2 obtuvo baja eficiencia con 0.42 kg m⁻³, este comportamiento se atribuye a las diferencias físicas y químicas del suelo que tuvo problemas de salinidad, lo que impidió la correcta absorción de agua y nutrientes para la obtención de un mejor rendimiento.

Tabla 11. Productividad del uso de agua en tres cortes de la maralfalfa, con la producción en carpa.

Tratamiento	Rendimiento total t ha ⁻¹	Rendimiento total kg ha ⁻¹	Volumen de riego m ³ ha ⁻¹	Eficiencia de uso de agua kg m ⁻³	Eficiencia de uso de agua L kg ⁻³
T1	0.88	880	1589.43	0.55	1806.17
T2	0.66	660	1589.43	0.42	2408.23
T3	0.74	740	1589.43	0.47	2147.88
T4	2.14	2140	3178.86	0.67	1485.45
T5	2.27	2270	3178.86	0.71	1400.38
T6	2.67	2670	3178.86	0.84	1190.58
T7	2.13	2130	4768.29	0.45	2238.63
T8	2.53	2530	4768.29	0.53	1884.70
T9	2.78	2780	4768.29	0.58	1715.21

Canchón

La Tabla 12 muestra la eficiencia de uso del agua total aplicada (riego + precipitación), los resultados muestran que la mejor eficiencia fue para el T5 con 0.31 kg m⁻³, esto señala que para producir 1 kg de materia seca de la maralfalfa se requirió 3200.09 L de agua. El T9 mostró la más baja eficiencia con

0.17 kg m⁻³, es decir que utilizó 6014.33 L de agua para producir 1 kg de materia seca. En esta parcela la eficiencia de uso de agua es menor en comparación de las parcelas de cama caliente y carpa, esto puede ser debido a que la precipitación pluvial fue intensa en la región provocando exceso de humedad en el suelo.

Tabla 12. Productividad del uso de agua en un corte de la maralfalfa, con la producción en canchón.

Tratamientos	Rendimiento total t ha ⁻¹	Rendimiento total kg ha ⁻¹	Agua total aplicada m ³ ha ⁻¹	Eficiencia de uso del agua (riego) kg m ⁻³	Agua total aplicada (riego+precipitación) m ³ ha ⁻¹	Eficiencia de uso de agua (riego+ pp) kg m ⁻³	Eficiencia de uso de agua (riego+ pp) L kg ⁻¹	
T1	0.90	900	333.19	2.70	370.21	3833.69	0.23	4259.66
T2	0.83	830	333.19	2.49	401.43	3833.69	0.22	4618.90
T3	0.89	890	333.19	2.67	374.37	3833.69	0.23	4307.52
T4	1.26	1260	947.62	1.33	752.08	4448.12	0.28	3530.25
T5	1.39	1390	947.62	1.47	681.74	4448.12	0.31	3200.09
T6	1.12	1120	947.62	1.18	846.09	4448.12	0.25	3971.54
T7	1.13	1130	1912.40	0.59	1692.39	5412.90	0.21	4790.18
T8	1.19	1190	1912.40	0.62	1607.06	5412.90	0.22	4548.66
T9	0.90	900	1912.40	0.47	2124.89	5412.90	0.17	6014.33

Campo abierto

La eficiencia de uso del agua total aplicada fue mayor para el T9 con 0.17 kg m⁻³, señalando que para producir 1 kg de materia seca se demanda 5804.52 L de agua, seguido del T7 y T8 con 0.15 kg m⁻³. La peor eficiencia fue para el T4 con 0.10 kg m⁻³ de agua, en

esta parcela la eficiencia de uso de agua fue menor en comparación con las otras parcelas, debido a los efectos de la precipitación pluvial intensa sobre la región que provocó mayor humedad en el suelo, las parcelas de producción en la cama caliente y carpa se encontraron en un ambiente protegido provocando mejor eficiencia en la producción.

Tabla 13. Productividad del uso de agua en un corte de la maralfalfa, con la producción en campo abierto.

Tratamientos	Rendimiento total t ha ⁻¹	Rendimiento total kg ha ⁻¹	Agua total aplicada m ³ ha ⁻¹	Eficiencia de uso del agua (riego) kg m ⁻³	Agua total aplicada (riego+precipitación) m ³ ha ⁻¹	Eficiencia de uso de agua (riego+ pp) kg m ⁻³	Eficiencia de uso de agua (riego+ pp) L kg ⁻¹	
T1	0.52	520	426.63	1.22	820.44	3586.30	0.14	6896.73
T2	0.46	460	426.63	1.08	927.46	3586.30	0.13	7796.30
T3	0.50	500	426.63	1.17	853.26	3586.30	0.14	7172.60
T4	0.44	440	1042.34	0.42	2368.95	4202.06	0.10	9550.14
T5	0.57	570	1042.34	0.55	1828.67	4202.06	0.14	7372.04
T6	0.48	480	1042.34	0.46	2171.54	4202.06	0.11	8754.29
T7	0.75	750	2006.30	0.37	2675.07	5166.02	0.15	6888.03
T8	0.80	800	2006.30	0.40	2507.88	5166.02	0.15	6457.53
T9	0.89	890	2006.30	0.44	2254.27	5166.02	0.17	5804.52

Chaves (2016) indica que la eficiencia del uso del agua fue de 111.67, 89.05 y 120.41 kg de forraje fresco por cada metro cubico de agua en el primer, segundo y tercer corte respectivamente, en este último corte se produjo mayor forraje con menor gasto de agua.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo, se concluye que los parámetros de la calidad bromatológica en base en la proteína cruda, fibra cruda y valor energético en la cama caliente y a campo abierto fueron los esperados, la producción en carpita y canchón obtuvo valores inferiores a los esperados; sin embargo, se encuentran por encima de otros forrajes de corte de la región, por esta razón la maralfalfa es una buena alternativa para su inclusión en la alimentación de los rumiantes de la región.

La eficiencia de uso del agua de riego fue mejor en la cama caliente con una lámina de riego de 25% registrando 4.54 kg m³ de agua, lo que significa que para producir 1 kg de materia seca del forraje se requiere de 220.47 L de agua, durante los cinco cortes, la peor eficiencia fue con el 75% de lámina de riego en los cuatro ambientes.

AGRADECIMIENTOS

Damos nuestro agradecimiento al Proyecto “Validación del forraje espina de mar y maralfalfa en la Estación Experimental Choquenaira”, ejecutado con los recursos del impuesto directo a los hidrocarburos (IDH) asignados por la Universidad Mayor de San Andrés, por brindar el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación orientado a la tesis de licenciatura.

BIBLIOGRAFÍA

Borbor, J. 2013. Evaluación Agronómica y Nutricional del Pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp.) bajo dos métodos de propagación y tres programas de fertilización en la Parroquia Cerecita, provincia del Guayas. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 151 p.

Bravo, S. 2015. Pasto maralfalfa. Gerencia Regional de Agricultura. Trujillo, Perú.

Cárdenas, L., Pinto, R., Medina, F., Guevara, F., Gómez, H., Hernández, A., Carmona, J. 2012. Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) durante la época seca. Quehacer Científico en Chiapas. v. 1, n. 13, 38-46.

Cajamarca, D. 2012. Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. Monografía previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 58 p.

Carreño, J. 2009. Manual de siembra, cultivo y manejo del pasto maralfalfa. Disponible en: www.maralfalfa.blogspot.com. Consultado el 27 mayo 2018.

Chavez, G. 2016. Determinación del coeficiente del cultivo (Kc) y crecimiento vegetativo de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) bajo condiciones climáticas de la irrigación majes. Arequipa, Perú. 110 p.

Cunuhay, J. 2011. Evaluación de la adaptación del maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en dos pisos altitudinales con tres distancias de siembra en el campus Juan Lunardi y Naste del Cantón Paute. Cuenca, Ecuador. pp 19.

Cruz, D. 2008. Evaluación del potencial forrajero del pasto maralfalfa *Pennisetum violaceum* con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo en una base estándar de potasio. Tesis. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. 144 p.

Estrada, P. 2007. Guía de elaboración de Biol. Proyecto agricultura urbana. Oruro, Bolivia. 26 p.

Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). 2008. Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad. Producción y usos del biol. Folleto. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/genetica/insitu/Biol.pdf>. Consultado el 21 febrero 2018.

Marquez, F., Sánchez, J., Urbano, D., Dávila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1: rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia tropical. v. 25, n. 4. 253-259.

- Martínez, R., Tuero, R., Torres, V., Herrera, H. 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 Ciencias Agrícolas. v. 44, n. 2, 189-193.
- Mamani, I. 2017. Evaluación del comportamiento del cultivo de papa bajo condiciones de riego deficitario con tres láminas de agua en la comunidad Barco Belén-Municipio de Achacachi. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 169 p.
- Mauricio, K. 2011. Comparación productiva y nutricional de Naiper morado (*Pennisetum purpureum* cv. Morado) y maralfalfa (*Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa) bajo riego, durante la época seca en la región de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa. Tesis de licenciatura. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Escuela de Zootecnia. pp 40.
- Medina, E. 1992. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico de suelos. Editorial Mauro. Lima, Perú. 90 p.
- Mila, A. 2004. Uso y manejo de especies forrajeras. Colombia. Disponible en: <http://www.acovez.org>. Consultado el 26 agosto 2018.
- Molina, S. 2005. Evaluación agronómica y bromatológica del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cultivado en el valle de Sinau. Colombia. Disponible en: http://www.agro.unalmed.edu.co/agrodocs/index.php?link=ver_docs&id=278. Consultado el 26 agosto 2018.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. 188 p.
- Ramos, A. 2011. El pasto forrajero más controvertido en la actualidad. Jalisco ganadero; 2do informe de actividades. pp. 34-35.
- Ramírez, G. 2003. Pasto maralfalfa, un manjar para los hatos ganaderos. El colombiano. pp 4.
- Sánchez, C. 2003. Abonos orgánicos. Lombricultura. Bolivia: Ripalme. 62 p.
- Serrano, G. 2014. Ingeniería del Riego y del Drenaje. La Paz, Bolivia. 256 p.
- Sosa, D., Larco, C., Falconí R., Toledo, D., Suárez, G. 2006. Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en cabras. Boletín Técnico 5, Serie Zoológica 2. pp 68-76.

Artículo recibido en: 13 de agosto 2018

Aceptado en: 25 de septiembre 2018