

## EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO DE MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) BAJO LA APLICACIÓN DE BIOL BOVINO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA

### Evaluation of the vegetative development of maralfalfa (*Pennisetum* sp.) under the application of bovine biol in the Choquenaira Experimental Station

Sandra Condori Vargas<sup>1</sup>; Paulino Ruiz Huanca<sup>2</sup>; Olga Ticona Guanto<sup>3</sup>; Gladys J. Chipana Mendoza<sup>4</sup>

#### RESUMEN

La maralfalfa es un pasto perenne con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes. El objetivo de la investigación es evaluar el desarrollo vegetativo de la maralfalfa bajo la aplicación de biol y láminas de riego. La evaluación fue en los ambientes de cama caliente, carpa, 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 el porcentaje de prendimiento, número de macollos, número de hojas, largo de la hoja y ancho de la hoja y área foliar. El efecto de la aplicación de las tres láminas de riego en las características agronómicas fueron significativos; en relación a la altura de planta dentro de los cuatro ambientes se obtuvo el mejor resultado aplicando una lámina de riego de 75%, con altura de planta en cinco cortes de 5.61 m en la cama caliente y con 25% de lámina de riego se tuvo 34.22 cm a campo abierto. El efecto de la aplicación de los tres niveles de biol bovino en las características agronómicas fue no significativo, el efecto de la interacción de tres láminas de riego con tres niveles de biol bovino en las características agronómicas determina que solo tiene significancia para el número de hojas, resultando en 397 hojas por planta y en a campo abierto solo se obtuvo 37 hojas por planta.

**Palabras clave:** *Pennisetum* sp., láminas de riego, biol bovino, variables agronómicas.

#### ABSTRACT

The maralfalfa is a perennial grass with high productivity that has been introduced by producers in numerous countries in Latin America (Colombia, Brazil and Venezuela, among others) due to its potential as fodder for ruminants. The objective of the research is to evaluate the vegetative development of maralfalfa under the application of biol and irrigation sheets. The evaluation was 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, the percentage of pruning, number of tillers, number of leaves, length of the leaf and width of the leaf and leaf area were evaluated. The effect of the application of the three irrigation sheets on the agronomic characteristics were significant; in relation to the plant height within the four environments the best result was obtained by applying a 75% irrigation sheet, with plant height in five cuts of 5.61 m in the warm bed and with 25% of irrigation sheet 34.22 cm in the open field. The effect of the application of the three levels of bovine biol in the agronomic characteristics was not significant, the effect of the interaction of three irrigation sheets with three levels of bovine biol in the agronomic characteristics determines that it only has significance for the number of leaves, resulting in 397 leaves per plant and in the open field only 37 leaves per plant were obtained.

**Keywords:** *Pennisetum* sp., Irrigation sheets, bovine biol, agronomic variables.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. cv\_sandra0001@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

<sup>3</sup> Consultora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

<sup>4</sup> Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

La maralfalfa (*Pennisetum* sp.) es un pasto perenne con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes (Chavez, 2016).

El rendimiento varía entre 200 y 400 t ha<sup>-1</sup>, según el manejo, en lotes de tercer corte a 1750 m s.n.m. se han obtenido cosechas a los 75 días de 285 t ha<sup>-1</sup>, con una altura promedio por caña de 2.50 m. Los cortes se realizan cuando la planta tiene aproximadamente 1 m. El consumo es en estado fresco, ensilado o secado por dos o tres días antes de picarlo, es recomendable para bovinos, caprinos, ovinos, aves y cerdos (Bravo, 2015).

Martí (2013) define el biol es un fertilizante líquido que sustituye completamente al fertilizante químico, resultado del estiércol y agua que se fermentó dentro del biodigestor. El biol puede ser utilizado en una gran variedad de cultivos de ciclo corto, anual, bianual, perenne, gramínea, forrajera, leguminosa, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas a la floración, follaje, suelo, semilla y/o raíz (Sánchez, 2003).

Las necesidades hídricas varían a lo largo del cultivo, en la fase de crecimiento vegetativo se requiere más cantidad de agua y se recomienda un riego de 10 a 15 días antes de la floración, por lo tanto el pasto de corte exige alto porcentaje de humedad con láminas de 7 a 12 mm m<sup>-2</sup> a lo largo del cultivo (Cunuhay, 2011).

Es por estas razones que el objetivo de la investigación es comparar los cortes y el rendimiento de la maralfalfa bajo la aplicación de biol.

## 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 se encuentra 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, la zona se encuentra a una altitud de 4130 m s.n.m con 15° 47' (15.7833°) de latitud sur y 68° 48' (68.8°) de longitud oeste. 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 (Figura 1) que es un pequeño invernadero subterráneo con muros de adobe<sup>1</sup>, durante el día acumula calor y evita el descenso de temperaturas b) carpa con muros de adobe (Figura 2), c) canchón, que es a campo abierto y cercado (Figura 3) y d) campo abierto, sin cerca (Figura 4).



Figura 1. Invernadero subterráneo, cama caliente.



Figura 2. Carpa.

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



Figura 3. Canchón.



Figura 4. Parcela a campo abierto.

Para ambos ambientes se tomó 10 muestras de suelo al azar en zig-zag a una profundidad de 30 cm, las muestras fueron mezcladas y se separó 1 kg de suelo para su análisis. Asimismo, se analizó la muestra de agua para riego y biol bovino a ser aplicados en los tratamientos. Antes de la siembra se efectuó la prueba de infiltración con el método de cilindros infiltrómetros, como también la descripción de los horizontes.

La preparación del suelo fue a través de un proceso de arada, mullido y nivelado, 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.



Figura 5. Aplicación del riego en el invernadero subterráneo.



Figura 6. Suelo saturado después de la intensa precipitación en la parcela a campo abierto.

La aplicación de biol bovino fue en tres tipos de solución (Tabla 1), las aplicaciones fueron de 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 m<sup>2</sup>, 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 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 1 (Ochoa, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = observación cualquiera;  $\mu$  = media de la población;  $\beta_k$  = efecto del  $k$ -ésimo bloque;  $\alpha_i$  = efecto

del  $i$ -ésimo nivel de lámina de riego;  $\varepsilon_{ik}$  = error experimental de la parcela mayor;  $\gamma_j$  = 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;  $\varepsilon_{ijk}$  = error experimental en la parcela menor.

En total fueron nueve tratamientos dispuestos en tres bloques con tres repeticiones. La Tabla 2 muestra la interacción de los factores de estudio y los tratamientos evaluados.

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

Las variables evaluadas fueron el porcentaje de prendimiento, altura de planta que fue medida semanalmente hasta la cosecha; los datos del número de macollos, número de hojas, largo y ancho de la hoja, fueron tomados una vez por semana. El área foliar se calculó mediante la ecuación de regresión de Kemp (1969) con el modelo  $A = 0.905 L \times B$  ( $L$  = longitud de la hoja,  $B$  = punto más ancho de la hoja en toda su longitud y  $A$  = área de la hoja).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Temperatura

En la Figura 7, se observa que la temperatura para el ambiente de cama caliente varió entre 22.3 a 29.2°C, para la carpa de 15.3 a 21.7°C, en el canchón de 7.8 a 12.2°C y en el campo abierto de 6.5 a 10.9°C. Chavez (2016), menciona que las temperaturas ideales se sitúan en el rango de 25 a 30°C para el crecimiento de las plantas, siendo la única parcela que se adecua a este requerimiento es la parcela de la cama caliente, por otro lado se observó que la parcela de la carpa que tuvo temperaturas inferiores a la cama caliente presentó un desarrollo más lento de las plantas.

Las temperaturas medias de las parcelas del canchón y campo abierto fueron bajas, generando un desarrollo más lento de las plantas.

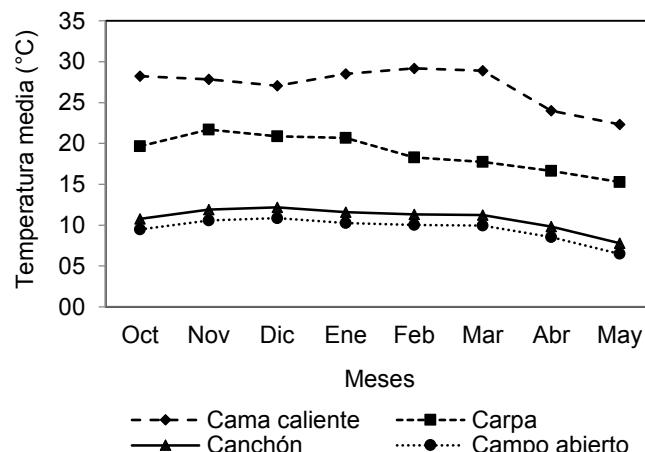


Figura 7. Promedios mensuales de temperaturas máximas y mínimas.

### Análisis físico y químico del suelo

La Tabla 3 muestra los resultados de los parámetros analizados, presentando una clase textural de franco a franco arcilloso en las cuatro parcelas, la densidad aparente en la cama caliente fue de  $1.50 \text{ g cm}^{-3}$ , en la carpa de  $1.40 \text{ g cm}^{-3}$ , en el canchón de  $1.50 \text{ g cm}^{-3}$  y a campo abierto de  $1.47 \text{ g cm}^{-3}$ , estos valores se encuentran entre los rangos  $1.12$  a  $1.90 \text{ g cm}^{-3}$ , lo cual indica que no es un suelo compacto, favoreciendo a las raíces que necesitan poca energía para su desarrollo y poco oxígeno (Miranda, 2004).

Bravo (2015), menciona que el cultivo se comporta mejor en suelos franco arcillosos a franco arenosos. Sin embargo los suelos presentan una porosidad

relativamente buena, favorecido por el contenido de humedad que retienen en los microporos, lo que aumenta el volumen de la porosidad (Miranda, 2004).

Tabla 3. Resultados del análisis físico del suelo.

Parámetros analizados	Unidad	Resultados			
		Cama caliente	Carpa	Canchón	Campo abierto
Arena	%	29	30	47	34
Limo	%	45	39	29	36
Arcilla	%	26	31	24	30
Textura	-	Franco	Franco arcilloso	Franco	Franco arcilloso
Humedad volumétrica a capacidad de campo	%	36.88	29.56	20.23	23.91
Humedad volumétrica a punto de marchitez permanente	%	14.01	10.91	7.57	8.41
Porosidad	%	38.27	41.67	42.96	42.80
Densidad real	g cm <sup>-3</sup>	2.43	2.40	2.63	2.57
Densidad aparente	g cm <sup>-3</sup>	1.50	1.40	1.50	1.47

El análisis químico del suelo (Tabla 4) en las parcelas del canchón y a campo abierto muestran un pH ligeramente neutro de 6.45 y 6.20, ligeramente alcalino de 7.79 en la cama caliente y moderadamente alcalino de 8.25 en la carpa, ante estos resultados, se realizaron enmiendas para modificar el pH en la carpa.

La conductividad eléctrica indica que los suelos de las cuatro parcelas experimentales no presentaron salinidad, se tuvo alto contenido de nitrógeno en las parcelas de la cama caliente, carpa y canchón, la

parcela que se encontró a campo abierto presentó un contenido medio de nitrógeno, asimismo, las parcelas de cama caliente, canchón y campo abierto tuvieron alto contenido de fósforo disponible, fósforo disponible medio en la parcela de la carpa, demostrándose que el valor del fósforo de 50.71 ppm es aceptable por esta especie debido a que no se observó ningún síntoma de exceso en la planta. El contenido de potasio en las cuatro parcelas fue bastante alto (Tabla 4), Chavez (2016), menciona que el cultivo se adapta mejor a suelos con fertilidad media a alta.

Tabla 4. Resultados del análisis químico del suelo.

Parámetros analizados	Unidad	Resultados			
		Cama caliente	Carpa	Canchón	Campo abierto
pH	-	7.790	8.250	6.450	6.200
Conductividad eléctrica (dilución en agua)	dS m <sup>-1</sup>	1.295	0.261	0.108	0.149
Nitrógeno total	%	0.290	0.200	0.240	0.150
Fósforo asimilable	ppm	50.710	10.390	36.850	33.550
Potasio	meq 100g <sup>-1</sup>	5.570	2.800	1.600	0.680
Capacidad de Intercambio catiónico	meq 100g <sup>-1</sup>	20.430	16.020	13.410	10.940
Materia orgánica	%	5.420	3.900	3.900	2.500
Calcio	meq 100g <sup>-1</sup>	10.780	10.540	9.350	8.460
Magnesio	meq 100g <sup>-1</sup>	3.030	1.980	2.290	1.480

### Calidad del agua para riego

El agua presentó un valor alto de pH del agua de riego, la conductividad eléctrica se encontró dentro de los parámetros (Tabla 5). Según Serrano (2014) si la conductividad eléctrica es mayor a 3 dS m<sup>-1</sup>, los problemas de salinidad pueden ser muy graves.

Tabla 5. Resultados del análisis químico del agua de riego.

Parámetros analizados	Unidad	Resultado
pH	-	8.800
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	0.277
Sodio	mg L <sup>-1</sup>	29.560
Potasio	mg L <sup>-1</sup>	8.530
Calcio	mg L <sup>-1</sup>	16.130
Magnesio	mg L <sup>-1</sup>	4.710
Cloruros	mg L <sup>-1</sup>	9.500
Carbonatos	mg L <sup>-1</sup>	38.250
Sulfatos	mg L <sup>-1</sup>	51.450
Sólidos suspendidos	mg L <sup>-1</sup>	6.000
Sólidos disueltos	mg L <sup>-1</sup>	62.550

## Características del biol bovino

El biol bovino tuvo bajo contenido de nitrógeno, lo cual indica que su aporte al suelo y al cultivo no fue significativo, el fósforo y potasio disponible presentaron valores bajos, el pH fue ligeramente alcalino, la conductividad eléctrica, comparando con los límites de concentración de acuerdo al riesgo de salinidad del agua de riego, superó los límites de 3 dS m<sup>-1</sup>, señalando que los problemas de salinidad pueden ser muy graves (Serrano, 2014).

Tabla 6. Características del biol bovino.

Parámetros analizados	Unidad	Resultado
pH	-	8.85
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	7.75
Nitrógeno	%	0.049
Fósforo	%	0.20
Potasio	%	0.161
Carbono orgánico	%	0.204
Calcio	%	0.017
Magnesio	%	0.009
Sodio	%	0.025
Hierro	ppm	5.62
Manganese	ppm	1.19
Zinc	ppm	1.42
Cobre	ppm	0.61

## 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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para una lámina de 50% fue 2733.83 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y para una lámina de 25% fue de 1366.91 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, se programaron 64 riegos.

Tabla 7. Volumen total de agua aplicada en la cama caliente.

Lámina de riego	Volumen (L m <sup>-2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
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 de 4768.29 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para una lámina de 50% alcanzó un valor de 3178.86 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y para una lámina de 25% fue de 1589.43 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, se tuvo programado 64 riegos.

Tabla 8. Volumen total de agua aplicada en la carpa.

Lámina de riego	Volumen (L m <sup>-2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para una lámina de riego 50% más precipitación alcanzó un valor de 4448.12 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y para una lámina del 25% más la precipitación fue de 3833.69 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, se programaron 64 riegos.

Tabla 9. Volumen total de agua aplicada en el canchón.

Lámina de riego	Volumen aplicado		Volumen total	
	L m <sup>-2</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
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

Para una lámina de riego de 75% más precipitación fue de 5166.02 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para una lámina de 50% más precipitación, alcanzó un valor de 4202.06 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y del 25% de lámina de riego más precipitación fue de 3586.30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, por las precipitaciones excesivas se programaron 50 aplicaciones.

Tabla 10. Volumen total de agua aplicada a campo abierto.

Lámina de riego	Volumen aplicado		Volumen total	
	L m <sup>-2</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>
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 de maralfalfa durante su periodo vegetativo requiere láminas de 7 a 12 m<sup>3</sup> (2500 a 4500 mm). Chávez (2016), menciona que el cultivo requiere de 900 a 2500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> por cada corte.

Entonces los volúmenes totales aplicados, para los diferentes ambientes en el presente ensayo se encuentran dentro del intervalo recomendado, esto indica que el cultivo de maralfalfa ha tenido la cantidad de agua adecuada.

## Porcentaje de prendimiento

El porcentaje de prendimiento más elevado fue en la cama caliente con el 95.37%, en la parcela de la carpa fue de 55.35%, en el canchón de 95.14% y en campo abierto resultó 94.09%. Estos resultados permitieron inferir que las características físicas y químicas del suelo, calidad de agua de riego, humedad adecuada, tuvieron un efecto directo sobre el prendimiento de las cepas a pesar del buen manejo en el establecimiento del experimento. Razón por la cual en la parcela de la carpa se tuvo un porcentaje bajo de prendimiento debido a la calidad del suelo y agua que presenta salinidad. Para mejorar estas condiciones se realizó aplicación de suero de leche a fin de mejorar el crecimiento de las plantas.

Otro de los factores que pudo influir en el porcentaje de prendimiento, fueron las cantidades de nutrientes que disponen el suelo, vigor del material vegetativo, cantidad y calidad de luz solar.

## Días al corte

La altura promedio para cada corte en 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 efectuado cuando la altura fue menor a 1 m.

Tabla 11. 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

Chávez (2016) indica que el cultivo tiene un crecimiento vegetativo de 192 días dividido en tres cortes a los 93, 46 y 52 días, esto en condiciones normales y una altura de crecimiento superior a 1 m de altura. Suárez (2016) indica que la edad de corte para obtener un forraje tierno y de buena calidad es de siete a nueve semanas cuando la planta alcanza una altura entre 145 y 165 cm en pastoreo con buenas condiciones de humedad y fertilidad, se puede usar cada 35 a 40 días, con una altura de 0.90 a 1.00 m.

## Altura de planta

### Cama caliente

Los valores más altos en altura de planta se obtuvieron en los tratamientos T7, T8 y T9 con una lámina de riego de 75% y los niveles de biol bovino de 20%, 40% y 60% respectivamente, los valores más altos en altura de planta se presentan según a la cantidad de lámina de riego aplicada. Asimismo, en los cinco cortes se tienen valores similares en altura de planta.

Tabla 12. Promedios de altura de planta en cinco cortes, en la cama caliente.

Láminas de riego	Interacciones									Promedio de corte
	25%			50%			75%			
	Niveles de biol bovino	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
Altura de planta, 1er corte (cm)	96.8	100.3	96.7	106.9	114.0	90.1	103.1	102.4	91.1	100.2
Altura de planta, 2do corte (cm)	97.9	95.3	101.1	110.3	99.9	95.1	101.8	96.5	104.4	100.2
Altura de planta, 3er corte (cm)	109.8	94.2	115.4	117.2	97.7	102.4	110.1	112.3	118.4	108.6
Altura de planta, 4to corte (cm)	86.2	91.8	99.9	93.4	94.7	97.4	123.4	131.2	114.8	103.6
Altura de planta, 5to corte (cm)	93.9	96.7	90.1	95.6	93.0	98.1	109.6	111.1	109.0	99.8

El análisis de varianza (Tabla 13) detectó diferencia significativa en las láminas de riego aplicados en las

unidades experimentales, y no así en las fuentes de variación.

Tabla 13. Análisis de varianza de altura de planta en cinco cortes, en la cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.05	0.03	0.15	0.8631	ns
Lámina de riego	2	3.48	1.74	10.04	0.0276	*
Bloque*Lámina de riego	4	0.69	0.17	2.74	0.0784	ns
Nivel de biol bovino	2	0.15	0.07	1.15	0.3492	ns
Lámina de riego*Nivel de biol bovino	4	0.37	0.09	1.46	0.2755	ns
Error	12	0.76	0.06			
Total	26	5.50				

CV = coeficiente de variación = 4.92%; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; Pr>F = probabilidad; Sig. = significancia; ns = no significativo; \* = significativo.

La Tabla 14 muestra que la mejor altura de planta fue para el 75% de lámina de riego, con 5.61 m de altura acumulada en cinco cortes, seguido con las láminas de 50 y 25% con una altura media de planta de 5.05 y 4.74 m en cinco cortes respectivamente.

Tabla 14. Comparación de medias, bajo láminas de riego.

Lámina de riego	Media (m)	Grupos
75%	5.61	A
50%	5.05	B
25%	4.74	B

Tabla 15. Promedios de altura de planta en tres cortes, en carpá.

Láminas de riego	Interacciones										Promedio de corte	
	25%			50%			75%					
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%			
Niveles de biol bovino	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
Tratamientos												
Altura de planta, 1er corte (cm)	90.93	94.23	90.49	91.73	10.33	100.30	104.31	114.98	112.55	100.10		
Altura de planta, 2do corte (cm)	85.33	94.38	96.89	99.40	96.64	98.36	104.00	115.71	109.79	100.06		
Altura de planta, 3er corte (cm)	88.78	93.35	91.47	96.80	98.41	96.35	109.85	111.67	117.07	100.42		

El análisis de varianza muestra que hubo diferencia significativa para el factor lámina de riego (Tabla 16), hallándose no significancia para las demás fuentes de variación.

Tabla 16. Análisis de varianza de altura de planta en tres cortes, en carpá.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.18	0.09	2.39	0.2100	ns
Lámina de riego	2	1.25	0.62	15.93	0.0124	*
Bloque*lámina de riego	4	0.16	0.04	0.30	0.8696	ns
Nivel de biol bovino	2	0.28	0.14	1.08	0.3692	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	0.12	0.03	0.24	0.9106	ns
Error	12	1.54	0.13			
Total	26	3.53				
CV = 12.01%						

Tabla 18. Promedios de altura de planta en un corte, en canchón.

Láminas de riego	Interacciones										Promedio de corte	
	25%			50%			75%					
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%			
Niveles de biol bovino	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
Tratamientos												
Altura de planta, 1er corte (cm)	53.06	58.96	57.75	62.42	62.95	51.9	62.26	66.22	72.06	60.84		

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativa para el factor lámina de riego y

### Carpa

La Tabla 15 muestra que los valores más altos en altura de planta fueron para los tratamientos T7, T8 y T9 bajo una lámina de riego de 75% y los niveles de biol bovino de 20, 40 y 60% respectivamente, en el cual sobresale el T9 con 117.07 cm en el tercer corte, seguido del T8 con 111.67 cm en el tercer corte, sin embargo los valores más altos en altura de planta se presentaron según a la cantidad de lámina de riego aplicada.

La Tabla 17 muestra que la mejor altura de planta acumulada en los tres cortes fue con la aplicación de 75% de lámina de riego, con la que se obtuvo 3.27 m, el valor más bajo fue 2.75 m con lámina de riego de 25%, indicando que esta aplicación no fue suficiente.

Tabla 17. Comparación de medias de Duncan para la altura acumulada en tres cortes bajo láminas de riego.

Lámina de riego	Media (m)	Grupos
75%	3.27	A
50%	2.93	B
25%	2.75	B

### Canchón

El resultado más alto en altura de planta fue para el T9 con 72.06 cm, seguido del T8 con 62.23 cm, el valor más bajo fue para el T1 con 55.06 cm (Tabla 18).

Tabla 18. Promedios de altura de planta en un corte, en canchón.

Láminas de riego	Interacciones										Promedio de corte	
	25%			50%			75%					
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%			
Niveles de biol bovino	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
Tratamientos												
Altura de planta, 1er corte (cm)	53.06	58.96	57.75	62.42	62.95	51.9	62.26	66.22	72.06	60.84		

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativa para el factor lámina de riego y

significativa para la interacción de la lámina de riego con biol bovino (Tabla 19).

Tabla 19. Análisis de varianza de altura de planta en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	77.05	38.52	2.70	0.1812	ns
Lámina de riego	2	667.94	333.97	23.40	0.0062	**
Bloque*lámina de riego	4	57.09	14.27	0.74	0.5807	ns
Nivel de biol bovino	2	77.64	38.82	2.02	0.1751	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	324.95	81.24	4.23	0.0230	*
Error	12	230.45	19.20			
Total	26	1435.13				

CV = 7.12%; \*\* = altamente significativo.

La comparación de medias de Duncan (Tabla 20) muestra que con la aplicación de un 75% de lámina de riego, se alcanzó una altura de planta de 68.48 cm.

Tabla 20. Comparación de medias de Duncan para la altura acumulada de la maralfalfa en un corte.

Lámina de riego	Media (m)	Grupos
75%	68.48	A
50%	59.23	B
25%	56.99	B

El efecto de la interacción de la lámina de riego y nivel de biol bovino identificó tres grupos, con el T9 se tuvo 71.25 cm, la altura de planta más baja fue 51.50 cm con el T6 (Tabla 21). Mita (2018) menciona que la altura de planta fue de 34.82 cm con la aplicación de biol bovino al 75%, 30.22 cm con biol al 50%, 26.57 cm con biol al 25% y 23.57 cm con biol al 0%.

Tabla 22. Promedios de altura de planta de la maralfalfa en un corte, en campo abierto.

Láminas de riego	Interacciones						Promedio de corte
	25%			50%			
	Niveles de biol bovino	20%	40%	60%	20%	40%	60%
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Altura de planta, 1er corte (cm)	33.04	35.72	33.90	37.00	37.67	36.82	42.82
				39.29	43.42	37.74	

La Tabla 23 del análisis de varianza, establece que hubo diferencias significativas entre las láminas de riego y no así entre las demás fuentes de variación.

Tabla 23. Análisis de varianza de altura de planta de la maralfalfa en un corte, en campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	45.76	22.88	3.75	0.1210	ns
Lámina de riego	2	266.05	133.03	21.79	0.0071	*
Bloque*lámina de riego	4	24.41	6.10	0.54	0.7079	ns
Nivel de biol bovino	2	1.26	0.63	0.06	0.9458	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	41.07	10.27	0.91	0.4877	ns
Error	12	135.04	11.25			
Total	26	513.69				

CV = 8.89

De acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan (Tabla 24) con la aplicación de un 75% de lámina de riego, se obtuvo el valor más alto en altura de planta de 41.84 cm, el valor más bajo es 34.22 cm con una lámina de 25%.

Tabla 24. Comparación de medias de Duncan para la altura acumulada bajo láminas de riego.

Lámina de riego	Media (m)	Grupos
75%	41.84	A
50%	37.16	B
25%	34.22	B

Tabla 21. Comparación de medias de Duncan para la altura de planta, para interacción de lámina de riego y nivel de biol bovino.

Tratamiento	Media (cm)	Grupos
T9	71.25	A
T8	69.72	A
T7	64.48	A B
T4	63.22	A B C
T5	62.97	A B C
T2	59.22	B C
T3	58.33	B C
T1	53.43	C
T6	51.50	C

### Campo abierto

Bajo este ambiente, el T9 mostró una altura promedio de planta de 43.42 cm, seguido del T7 con 42.82 cm, el T1 refleja el valor más bajo con 33.04 cm (Tabla 22).

Según Chavez (2016) la altura de planta del cultivo de maralfalfa alcanzó 4.10 m en el primer corte permaneciendo en una línea de crecimiento constante hasta los 91 días después de la siembra, lo mismo sucedió con la altura de 1.82 m en el segundo corte y 1.92 m en el tercer corte, con crecimiento constante.

### Número de macollos

#### Cama caliente

El análisis de varianza muestra diferencias significativas en el nivel de biol bovino y diferencias altamente significativas en la interacción de la lámina de riego y nivel de biol bovino (Tabla 25).

Tabla 25. Análisis de varianza del número de macollos por planta de la maralfalfa en cinco cortes, en la cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	158.53	79.27	0.23	0.8021	ns
Lámina de riego	2	2946.28	1473.14	4.33	0.0998	ns
Bloque*lámina de riego	4	1360.38	340.10	3.04	0.0603	ns
Nivel de biol bovino	2	1178.57	589.29	5.27	0.0228	*
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	4613.59	1153.40	10.31	0.0007	**
Error	12	1342.29	111.86			
Total	26	11599.66				

CV = 8.33%

La prueba de Duncan muestra que con la aplicación de un 20% de biol bovino, se obtuvo el valor más alto en número de macollos con 135.19 unidades, el valor más bajo acumulado durante los cinco cortes es 110.03 unidades con la aplicación de 60% de biol bovino (Tabla 26).

Tabla 26. Comparación de medias de Duncan para el número de macollos con la aplicación de biol bovino.

Nivel de biol bovino	Media	Grupos
20%	135.19	A
40%	126.47	A B
60%	110.03	B

El efecto entre la interacción de la lámina de riego y nivel de biol bovino (Tabla 27), señala que con la aplicación del T7 se tuvo mayor número de macollos de 162.50 unidades, el número de macollos más bajo fue con el T3 con 100 unidades.

Tabla 27. Comparaciones de medias de Duncan del número de macollos por planta para la interacción de láminas de riego y nivel de biol bovino en la cama caliente.

Tratamiento	Medias	Grupos
T7	162.50	A
T8	143.33	B
T6	138.08	B C
T1	130.67	B C D
T2	124.50	B C D
T9	119.00	C D E
T4	112.42	D E
T5	111.58	D E
T3	100.00	E

### Carpa

El análisis de varianza señala que existen diferencias altamente significativas entre láminas de riego y diferencias significativas en la interacción de las láminas de riego y biol bovino (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis de varianza del número de macollos en tres cortes, en la carpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	50.67	25.33	15.20	0.0135	ns
Lámina de riego	2	402.67	201.33	120.80	0.0003	**
Bloque*lámina de riego	4	6.67	1.67	0.47	0.7578	ns
Nivel de biol bovino	2	9.56	4.78	1.34	0.2974	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	94.44	23.61	6.64	0.0047	*
Error	12	42.44	3.56			
Total	26	606.67				

CV = 18.65%

La prueba Duncan (Tabla 29) muestra que con la aplicación de un 75% de lámina de riego, se obtuvo 14.33 macollos en los tres cortes, el valor más bajo corresponde al 25% de lámina de riego, que obtuvo 5.00 macollos.

Tabla 29. Comparación de medias de Duncan para el número de macollos con la aplicación de láminas de riego.

Lámina de riego	Media	Grupos		
		75%	50%	25%
75%	14.33	A		
50%	11.00	B		
25%	5.00	C		

El efecto de la interacción de las láminas de riego y los niveles de biol bovino, muestra que con el T8 se tuvo mayor número de macollos de 18 unidades, el valor más bajo corresponde al T3 con 4.33 unidades.

Tabla 30. Comparaciones de medias de Duncan del número de macollos para interacción lámina de riego y nivel de biol bovino en la carpa.

Tratamiento	Medias	Grupos
T8	18.00	A
T9	14.67	A B
T4	12.00	B C
T6	11.67	B C
T7	10.33	C
T5	9.33	C
T1	5.67	D
T2	5.00	D
T3	4.33	D

### Canchón

Como se observa en el análisis de varianza, hubo diferencia significativa entre los niveles de biol bovino y diferencias altamente significativas en la interacción de la lámina de riego y nivel de biol bovino (Tabla 31).

Tabla 31. Análisis de varianza del número de macollos en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	102.74	51.37	2.28	0.2184	ns
Lámina de riego	2	174.74	87.37	3.88	0.1158	ns
Bloque*lámina de riego	4	90.15	22.54	0.98	0.4529	ns
Nivel de biol bovino	2	183.19	91.59	4.00	0.0468	*
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	542.37	135.59	5.91	0.0072	**
Error	12	257.11	22.93			
Total	26	1368.30				

CV = 16.30%

La prueba de medias de Duncan del efecto de los niveles de biol sobre el número de macollos muestra

que con la aplicación de 60% de biol bovino, se obtuvo 32.89 macollos, superior a los resultados obtenidos con la aplicación de los demás niveles de biol.

Tabla 32. Comparación de medias de Duncan para el número de macollos con la aplicación de niveles de biol bovino.

Nivel de biol bovino	Media	Grupos
60%	32.89	A
40%	28.56	A B
20%	26.67	B

La aplicación del T9 dió como resultado 43.67 macollos, el menor número de macollos fue obtenido con el T6 con 23.67 unidades.

Tabla 33. Comparaciones de medias de Duncan del número de macollos por planta para la interacción de láminas de riego y nivel de biol bovino en canchón.

Tratamiento	Medias	Grupos
T9	43.67	A
T3	31.33	B
T2	31.00	B
T4	30.33	B
T8	28.67	B
T7	26.00	B
T5	26.00	B
T1	23.67	B
T6	23.67	B

#### Campo abierto

Como se observa en el análisis de varianza (Tabla 34), existió una diferencia significativa para el factor lámina de riego y nivel de biol bovino, con diferencias altamente significativas en la interacción de la lámina de riego y nivel de biol bovino.

Tabla 34. Análisis de varianza del número de macollos en un corte, en campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	20.64	10.32	3.59	0.1281	ns
Lámina de riego	2	531.39	265.70	92.34	0.0004	*
Bloque*lámina de riego	4	11.51	2.88	0.84	0.5243	ns
Nivel de biol bovino	2	42.31	21.16	6.20	0.1142	*
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	114.09	28.52	8.35	0.0018	**
Error	12	40.97	3.41			
Total	26	760.92				
CV = 13.81%						

La prueba de Duncan muestra que con el 25% de lámina de riego, se obtuvo el valor más alto en número de macollos de 17.69 unidades, el valor más bajo fue

para el 50% de lámina de riego con el que se obtuvo 7.28 macollos.

Tabla 35. Comparación de medias de Duncan para el número de macollos con la aplicación de láminas de riego.

Lámina de riego	Media	Grupos
25%	17.69	A
75%	15.17	B
50%	7.28	C

La aplicación de los niveles de biol bovino muestra que a un 40% el número de macollos fue 15.11 unidades, el valor más bajo fue de 12.19 con la aplicación de 20% de biol bovino.

Tabla 36. Comparación de medias de Duncan para el número de macollos con la aplicación de niveles de biol bovino.

Nivel de biol bovino	Media	Grupos
40%	15.11	A
60%	12.87	B
20%	12.19	B

La Tabla 37 de la prueba de medias de Duncan, señala que con la aplicación del T2 el número de macollos fue 21.75, superior a los demás tratamientos.

Tabla 37. Comparaciones de medias de Duncan del número de macollos por planta para la interacción de láminas de riego y nivel de biol bovino en campo abierto.

Lámina de riego	Nivel de biol bovino	Tratamiento	Medias	Grupos
25%	40%	T2	21.75	A
75%	40%	T8	17.08	B
75%	60%	T9	17.08	B
25%	20%	T1	17.08	B
25%	60%	T3	14.25	B C
75%	20%	T7	11.33	C D
50%	20%	T4	8.17	D E
50%	60%	T6	7.17	E
50%	40%	T5	6.50	E

En todos los casos, los resultados fueron superiores a los hallados por Chavez (2016), que a una altitud de 1400 m s.n.m., obtuvo un incremento del número de macollos según las semanas de desarrollo con un promedio de 9.8 macollos en el primer corte, con aumento del 80.6% en el segundo corte y 7.3% de incremento con relación al segundo corte.

Mita (2018), indica que el número de macollo por planta, obtenido en los diferentes niveles de biol con riego, fue alto con la incorporación de 50% de biol bovino con 6.0 macollos por planta, seguido del 25% de biol bovino con 5.5 macollos por planta y con 0% de biol bovino tuvo 4.9 macollos por planta.

## Número de hojas

### Cama caliente

Como se observa en el análisis de varianza, hubo una diferencia significativa para el factor lámina de riego.

Tabla 38. Análisis de varianza del número de hojas en cinco cortes, en cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	4162.67	2081.34	0.40	0.6938	ns
Lámina de riego	2	100227.39	50113.70	9.66	0.0294	*
Bloque*lámina de riego	4	20755.18	5188.79	1.18	0.3696	ns
Nivel de biol bovino	2	10061.46	5030.73	1.14	0.3520	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	39185.76	9796.44	2.22	0.1279	**
Error	12	52936.24	4411.35			
Total	26	227328.70				
CV = 16.90%						

La Tabla 39 muestra que con la aplicación de 75% de lámina de riego, se obtuvo el valor más alto en número de hojas por planta con 478.53 hojas durante los cinco cortes, el valor más bajo es para la aplicación de 25% de lámina de riego, con la obtención de 340.83 hojas.

Tabla 39. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media	Grupos
75%	478.53	A
50%	359.83	B
25%	340.83	B

### Carpa

Se encontraron diferencias altamente significativas en la interacción de la lámina de riego y niveles de biol bovino (Tabla 40).

Tabla 40. Análisis de varianza del número de hojas en tres cortes, en carpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	516.52	258.26	10.97	0.0238	ns
Lámina de riego	2	6185.85	3092.93	131.41	0.0002	*
Bloque*lámina de riego	4	94.15	23.54	0.19	0.9371	ns
Nivel de biol bovino	2	298.74	149.37	1.23	0.3271	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	3563.26	890.81	7.33	0.0032	**
Error	12	1459.33	121.61			
Total	26	12117.8	5			
CV = 21.65%						

La prueba de Duncan indica que con la aplicación del 75% de lámina de riego se tuvo 66.56 hojas en tres cortes bajo la producción en carpa, siendo 30.44 hojas con la aplicación de 25% de lámina de riego.

Tabla 41. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas con la aplicación de láminas de riego.

Lámina de riego	Media	Grupos
75%	66.56	A
50%	55.78	B
25%	30.44	C

Para el efecto de la interacción entre la lámina de riego y el nivel de biol bovino, con la aplicación del T8 se tuvo mayor número de hojas con 84.33 unidades, el número bajo de hojas fue para el T3 con 24.67.

Tabla 42. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas bajo aplicación de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tratamiento	Medias	Grupos
T8	84.33	A
T9	75.00	A B
T4	60.67	B C
T6	60.00	B C
T5	46.67	C D
T7	40.33	C D E
T1	37.67	D E
T2	29.00	D E
T3	24.67	E

### Canchón

El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre láminas de riego y diferencias altamente significativas en la interacción de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tabla 43. Análisis de varianza del número de hojas en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	521.41	260.70	0.57	0.6052	ns
Lámina de riego	2	7920.07	3960.04	8.67	0.0351	*
Bloque*lámina de riego	4	1826.81	456.70	1.61	0.2361	ns
Nivel de biol bovino	2	924.07	462.04	1.62	0.2374	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	7057.48	1764.37	6.20	0.0060	**
Error	12	3412.44	284.37			
Total	26	21662.30				
CV = 16.31%						

La prueba de Duncan muestra que con la aplicación del 75% de lámina de riego, se obtuvo mayor número de hojas con 127.33 unidades, el menor número de hojas

fue para la aplicación de 50% de lámina de riego con 88.33 hojas.

Tabla 44. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media	Grupos
75%	127.33	A
25%	94.44	B
50%	88.33	B

Con la aplicación del T8 el número de hojas por planta es 159.33 unidades, este valor reduce a 75.67 hojas con la aplicación del T6 (Tabla 45).

Tabla 45. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas bajo aplicación de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tratamiento	Medias	Grupos
T8	159.33	A
T9	130.00	A B
T4	102.33	B C
T3	98.33	C
T1	97.33	C
T7	92.67	C
T2	87.67	C
T5	87.00	C
T6	75.67	C

### Campo abierto

El análisis de varianza indica que se tuvieron diferencias significativas entre láminas de riego y la interacción de láminas de riego con niveles de biol bovino.

Tabla 46. Análisis de varianza del número de hojas en un corte, a campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	73.53	36.77	1.43	0.3403	ns
Lámina de riego	2	3105.80	1552.90	60.34	0.0010	*
Bloque*lámina de riego	4	102.94	25.73	0.38	0.8159	ns
Nivel de biol bovino	2	149.75	74.88	1.12	0.3588	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	1200.84	300.21	4.48	0.0191	*
Error	12	803.99	67.00			
Total	26	5436.85				
CV = 16.31%						

La Tabla 47 muestra que con la aplicación de 25% de lámina de riego, se obtuvo 47.08 hojas como el valor más alto y 21.92 hojas con la aplicación del 50% de lámina de riego, como el valor más bajo.

Tabla 47. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media	Grupos
25%	47.08	A
75%	41.03	A
50%	21.92	B

La prueba de Duncan muestra que con el T2 se tuvo mayor número de hojas de 55.08, seguido del T1 con 51.33 disminuyendo hasta el T4 con 21.50 hojas por planta.

Tabla 48. Comparación de medias de Duncan para el número de hojas bajo la aplicación de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tratamiento	Media	Grupos
T2	55.08	A
T1	51.33	A
T7	47.17	A B
T9	46.92	A B
T3	34.83	B C
T8	29.00	C
T6	22.75	C
T5	21.50	C
T4	21.50	C

Chavez (2016) obtuvo 13 hojas por planta, considerando que los primeros 15 días la planta no mostró hojas y tuvieron un comportamiento proporcional al número de brotes y la altura de planta. Meza (2012) en el primer corte obtuvo 13.94 hojas por planta y en el segundo corte 13.27 hojas.

### Largo de la hoja

#### Cama caliente

El análisis de varianza muestra que existieron diferencias significativas entre las láminas de riego aplicadas (Tabla 49).

Tabla 49. Análisis de varianza del largo de la hoja en cinco cortes, en cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	72.99	36.49	0.87	0.4862	ns
Lámina de riego	2	733.66	366.83	8.73	0.0348	*
Bloque*lámina de riego	4	168.13	42.03	3.21	0.0522	ns
Nivel de biol bovino	2	41.77	20.89	1.59	0.2433	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	127.60	31.90	2.43	0.1044	ns
Error	12	157.24	13.10			
Total	26	1301.38				
CV = 5.85%						

Con la aplicación de 25% de lámina de riego, la longitud de la hoja fue 69.22 cm, 58.56 cm para 50% de lámina

de riego y 57.79 cm con la aplicación de 25% de lámina de riego.

Tabla 50. Comparación de medias de Duncan para el largo de la hoja con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media (cm)	Grupos
75%	69.22	A
50%	58.56	B
25%	57.79	B

#### Carpa

El análisis de varianza para el largo de la hoja muestra diferencias significativas entre láminas de riego aplicadas (Tabla 51).

Tabla 51. Análisis de varianza del largo de la hoja en tres cortes, en carpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	249.12	124.56	4.50	0.9460	ns
Lámina de riego	2	492.91	246.45	8.91	0.0336	*
Bloque*lámina de riego	4	110.63	27.66	0.40	0.8041	ns
Nivel de biol bovino	2	5.21	2.61	0.04	0.9630	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	147.01	36.75	0.53	0.7139	ns
Error	12	826.90	68.91			
Total	26	1831.79				

CV = 16.58%

El largo de la hoja varió entre 60.83 cm con la aplicación de 75% de lámina de riego y 50.50 cm con la aplicación de 25% de lámina de riego (Tabla 52).

Tabla 52. Comparación de medias de Duncan para el largo de la hoja con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media (cm)	Grupos
75%	60.83	A
50%	54.19	A B
25%	50.50	B

#### Canchón

Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias significativas para la interacción de las láminas de riego y nivel de biol bovino.

Tabla 53. Análisis de varianza del largo de la hoja en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	61.55	30.83	1.91	0.2611	ns
Lámina de riego	2	74.19	37.10	2.30	0.2160	ns
Bloque*lámina de riego	4	64.43	16.11	1.94	0.1677	ns
Nivel de biol bovino	2	14.01	7.01	0.85	0.4533	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	151.83	37.96	4.58	0.0178	*
Error	12	99.41	8.28			
Total	26	465.52				

CV = 7.14%

La Tabla 54 muestra el efecto entre la interacción de la lámina de riego y el nivel de biol bovino, con el T5 se tuvo 45.27 cm, seguido del T1 con 43.27 cm, disminuyendo hasta llegar a 34.00 cm con el T7.

Tabla 54. Comparación de medias de Duncan para el largo de la hoja bajo la aplicación de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tratamiento	Media (cm)	Grupos
T5	45.27	A
T1	43.27	A B
T4	41.95	A B
T9	40.27	A B
T8	40.25	A B
T3	40.02	A B
T6	39.40	B
T2	38.50	B C
T7	34.00	C

#### Campo abierto

El análisis de varianza (Tabla 55) muestra que no hubo diferencias significativas para todas las fuentes de variación evaluadas.

Tabla 55. Análisis de varianza del largo de la hoja en un corte, en campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	12.48	6.24	1.77	0.2820	ns
Lámina de riego	2	20.13	10.07	2.85	0.1701	ns
Bloque*lámina de riego	4	14.13	3.53	0.32	0.8582	ns
Nivel de biol bovino	2	15.02	7.51	0.68	0.5234	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	67.91	16.98	1.55	0.2513	ns
Error	12	131.83	10.99			
Total	26	261.51				

CV = 12.41%

#### Ancho de hoja

##### Cama caliente

El análisis de varianza muestra que no se encontraron diferencias significativas de todas las fuentes de variación evaluadas (Tabla 56).

Tabla 56. Análisis de varianza del ancho de la hoja en cinco cortes, en cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.03	0.02	0.49	0.6467	ns
Lámina de riego	2	0.42	0.21	6.19	0.0597	ns
Bloque*lámina de riego	4	0.13	0.03	0.70	0.6087	ns
Nivel de biol bovino	2	0.11	0.05	1.09	0.3678	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	0.07	0.02	0.38	0.8192	ns
Error	12	0.58	0.05			
Total	26	1.34				

CV = 10.43%

### Carpa

El análisis de varianza (Tabla 57) muestra que solo se hallaron diferencias significativas entre las láminas aplicadas al cultivo.

Tabla 57. Análisis de varianza del ancho de la hoja en tres cortes, en carpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.25	0.12	3.37	0.1388	ns
Lámina de riego	2	0.57	0.29	7.82	0.0415	*
Bloque*lámina de riego	4	0.15	0.04	0.57	0.6868	ns
Nivel de biol bovino	2	0.13	0.07	1.06	0.3781	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	0.18	0.04	0.69	0.6124	ns
Error	12	0.77	0.06			
Total	26	2.04				

CV = 14.58%

La prueba de Duncan muestra que con la aplicación del 75% de lámina de riego se alcanzó 1.91 cm de ancho de hoja, que disminuyó a 1.55 cm con la aplicación de 125% de lámina de riego (Tabla 58).

Tabla 58. Comparación de medias de Duncan para el ancho de la hoja con la aplicación de láminas de riego.

Lámina de riego	Media (cm)	Grupos
75%	1.91	A
50%	1.74	B
25%	1.55	C

### Canchón

El análisis de varianza (Tabla 59) indica que no hubieron diferencias significativas en todos los factores evaluados, sin embargo el promedio general del ancho de la hoja de la interacción de lámina de riego con el nivel de biol bovino fue de 1.77 cm.

Tabla 59. Análisis de varianza del ancho de la hoja en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.05	0.02	2.47	0.2002	ns
Lámina de riego	2	0.10	0.05	5.59	0.0694	ns
Bloque*lámina de riego	4	0.04	0.01	0.42	0.7906	ns
Nivel de biol bovino	2	0.11	0.06	2.61	0.1148	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	0.15	0.04	1.72	0.2096	ns
Error	12	0.26	0.02			
Total	26	0.72				

CV = 8.33%

### Campo abierto

El análisis de varianza muestra que no existieron diferencias significativas en todos los factores evaluados, sin embargo el promedio general del ancho

de la hoja de la interacción de lámina de riego con el nivel de biol bovino fue de 1.40 cm.

Tabla 60. Análisis de varianza del ancho de la hoja en un corte, en campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	0.03	0.0200	3.54	0.1305	ns
Lámina de riego	2	0.02	0.0100	2.28	0.2185	ns
Bloque*lámina de riego	4	0.02	0.0003	0.20	0.9309	ns
Nivel de biol bovino	2	0.07	0.0300	1.56	0.2490	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	0.07	0.0200	0.89	0.5458	ns
Error	12	0.27	0.0200			
Total	26	0.48				

CV = 10.43%

El ancho de hoja encontrado por Borbor (2013) varió entre 2.89 y 2.85 cm, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

### Área foliar

#### Cama caliente

La Tabla 61 muestra que se encontraron diferencias significativas entre los niveles de biol bovino incorporado al cultivo.

Tabla 61. Análisis de varianza del área foliar en cinco cortes, en cama caliente.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	426.56	213.28	2.73	0.1787	ns
Lámina de riego	2	99.08	49.54	0.63	0.5764	ns
Bloque*lámina de riego	4	312.36	78.09	0.75	0.5768	ns
Nivel de biol bovino	2	1700.23	850.12	8.16	0.0058	*
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	376.36	94.09	0.90	0.4922	ns
Error	12	1249.60	104.13			
Total	26	4164.19				

CV = 8.90%

Con la aplicación del 40% de biol bovino, se obtuvo el valor más alto en área foliar de 120.55 cm<sup>2</sup>, el valor más bajo fue 103.50 cm<sup>2</sup> con la aplicación de 60% de biol bovino.

Tabla 62. Comparación de medias de Duncan para el área foliar con la aplicación niveles de biol bovino.

Nivel de biol bovino	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupos
40%	120.55	A
20%	120.11	A
60%	103.05	B

### Carpa

La Tabla 63 muestra diferencias altamente significativas entre láminas de riego aplicadas.

Tabla 63. Análisis de varianza del área foliar en tres cortes, en carpa.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	1903.92	591.96	17.34	0.0107	ns
Lámina de riego	2	4836.84	2418.42	44.05	0.0019	**
Bloque*lámina de riego	4	219.61	54.90	0.10	0.9808	ns
Nivel de biol bovino	2	344.50	172.25	0.31	0.7388	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	901.59	225.40	0.41	0.8007	ns
Error	12	6657.50	554.79			
Total	26	14863.96				
CV = 26.78%						

La prueba de Duncan (Tabla 64) muestra que con la aplicación de un 75% de lámina de riego, el área foliar fue 105.19 cm<sup>2</sup>, con la aplicación al 25% de lámina de riego fue 72.56 cm<sup>2</sup>.

Tabla 64. Comparación de medias de Duncan para el área foliar con la aplicación de láminas de riego.

Lámina de riego	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupos
75%	105.19	A
50%	86.12	B
25%	72.56	C

### Canchón

El análisis de varianza (Tabla 65) muestra diferencias significativas para las láminas de riego aplicadas y los niveles de biol incorporados, con diferencias altamente significativas en la combinación de estos.

Tabla 65. Análisis de varianza del área foliar en un corte, en canchón.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	359.35	179.67	8.46	0.0565	ns
Lámina de riego	2	561.91	280.96	13.24	0.0172	*
Bloque*lámina de riego	4	84.91	21.23	0.59	0.6763	ns
Nivel de biol bovino	2	314.44	157.22	4.37	0.0375	*
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	1009.80	252.45	7.02	0.0038	**
Error	12	431.68	35.97			
Total	26	2762.09				
CV = 9.21%						

Con la aplicación del 50% de lámina de riego, se obtuvo el valor más alto en el área foliar de 71.41 cm<sup>2</sup>, el valor más bajo corresponde a la aplicación de 75% de lámina de riego, con la que se obtuvo 60.67 cm<sup>2</sup> de área foliar.

Tabla 66. Comparación de medias de Duncan para el área foliar con la aplicación de láminas de riego.

Láminas de riego	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupos
50%	71.41	A
25%	63.38	B
75%	60.67	B

Los resultados de la Tabla 67 muestra que con la incorporación de 40% de biol bovino, se obtuvo el valor más alto en área foliar de 69.29 cm<sup>2</sup>, el valor más bajo corresponde al 20% de biol bovino, obteniendo 60.93 cm<sup>2</sup> de área foliar.

Tabla 67. Comparación de medias de Duncan para el área foliar con la aplicación de niveles de biol bovino.

Nivel de biol bovino	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupos
40%	69.29	A
60%	65.24	A B
20%	60.93	B

La Tabla 68 indica que el área foliar obtenido con el T5 fue 80.09 cm<sup>2</sup>, la menor área foliar fue de 46.61 cm<sup>2</sup> con el T7.

Tabla 68. Comparación de medias de Duncan para el área foliar bajo la aplicación de láminas de riego y niveles de biol bovino.

Tratamiento	Media (cm <sup>2</sup> )	Grupos
T5	80.09	A
T4	68.81	B
T9	68.00	B
T8	67.38	B
T1	67.37	B
T6	65.33	B
T3	62.38	B
T2	60.39	B
T7	46.61	C

### Campo abierto

El análisis de varianza (Tabla 69) indica que no se encontraron diferencias significativas para todas las fuentes de variación, sin embargo, para la interacción de láminas de riego con los niveles de biol bovino se tuvo en promedio 34.11 cm<sup>2</sup> de área foliar.

Tabla 69. Análisis de varianza del área foliar en un corte, en campo abierto.

FV	GL	SC	CM	Fc	p>F	Sig.
Bloque	2	5.86	2.93	0.34	0.7316	ns
Lámina de riego	2	67.80	33.90	3.91	0.1144	ns
Bloque*lámina de riego	4	34.66	8.66	0.17	0.9494	ns
Nivel de biol bovino	2	59.03	29.51	0.58	0.5749	ns
Lámina de riego*nivel de biol bovino	4	188.98	47.25	0.93	0.4797	ns
Error	12	610.74	50.89			
Total	26	967.07				
CV = 20.92%						

Los resultados obtenidos difieren de lo hallado por Correa et al. (2004) que indica que el incremento en el área foliar en las parcelas fertilizadas fue lineal, mientras que en las parcelas sin fertilizar fue cuadrático mostrando un leve incremento hasta los 60 días del corte, a partir del cual este fue mayor, el área foliar de la maralfalfa entre el día 40 y 110 del corte con fertilización fue de 447.00 cm<sup>2</sup> y sin fertilizar de 331.53 cm<sup>2</sup>.

Taiz y Zeiger (2006) indican que durante el déficit hídrico, las plantas disminuyen el contenido de agua en la célula, causando reducción del volumen celular y la pérdida de turgencia, lo cual afecta a los procesos de expansión foliar y la reducción del área foliar.

Nava et al. (2013) indica que para el cultivo de maralfalfa, a una densidad de 17850 plantas ha<sup>-1</sup>, el promedio de área foliar fue de 360.5 cm<sup>2</sup> y a una densidad de 11350 plantas ha<sup>-1</sup> es 360 cm<sup>2</sup>. Resultados superiores a los obtenidos por la presente investigación.

## CONCLUSIONES

El ambiente óptimo para la producción del forraje maralfalfa en el Altiplano boliviano son las camas calientes, ya que en este ambiente se obtuvo un mejor comportamiento, en tanto en el canchón como a campo abierto los resultados fueron muy bajos.

Se obtuvo mayor número de cortes a 1 m de altura, en la cama caliente con un total de cinco cortes en un promedio de 46 días por cada corte, en la carpa se obtuvo tres cortes en un promedio de 74 días por corte, en los ambientes no protegidos el desarrollo del forraje fue limitado y se obtuvo un corte, estos no llegaron al promedio deseado de 1 m en los 221 días que duró el trabajo.

El efecto de la aplicación de las tres láminas de riego en las características agronómicas del forraje maralfalfa fueron significativos; en relación a la altura de planta dentro de los cuatro ambientes se obtuvo el mejor resultado aplicando una lámina de riego de 75% con una altura acumulada durante cinco cortes de 5.61 m en la cama caliente, la peor respuesta fue aplicando una lámina de 25%, obteniendo resultados de hasta 34.22 cm a campo abierto.

Con respecto al número de hojas por planta; se obtuvo un mejor comportamiento a una lámina de riego de

75% con 479 hojas por planta en la cama caliente y menor número de hojas de 48 con la aplicación de 25% de lámina de riego en campo abierto.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación orientada a la tesis de licenciatura fue desarrollada gracias al apoyo económico del 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.

## 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.

Correa, H., Ceron J., Arroyave, Henao, H., López, A. 2004. Pasto maralfalfa: mitos y realidades. En: IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa Colanta, Hotel Intercontinental de Medellín, Noviembre 10 y 11. pp. 231-274.

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.

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.

Kemp, C. 1969. Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. Annals of Botany. N.S. v. 24, n. 96, 492-498.

Martí, J. 2013. Desarrollo, difusión e implementación de tecnologías apropiadas en el área rural: Biodigestores en Bolivia. Lecciones aprendidas del Proyecto En Dew-

Bolivia 2007-2012. La Paz, Bolivia. 74 p.

Meza, K. 2012. Evaluación de tres densidades de siembra del forraje maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en la irrigación de Majes-Arequipa 2011/2012. Tesis. Arequipa, Peru. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas. 89 p.

Mita, K. 2018. Adaptabilidad del forraje maralfalfa (*Pennisetum* sp.) bajo riego por aspersión e incorporación de biol-bovino en la Estación Experimental Choquenaira-Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 93 p.

Miranda, C. 2004. Introducción a la geología agrícola. La Paz, Bolivia. 29 p.

Nava, J., Gutiérrez, E., Zavala, F., Olivares, E., Treviño, J., Bernal, H., Herrera, R. 2013. Establecimiento del pasto "CT – 115" (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. Rev. Fitotec. Mex. v. 36, n. 3, 239-244.

Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. La Paz, Bolivia. 188 p.

Sánchez, C. 2003. Abonos orgánicos. Lombricultura. Bolivia: Ripalme. 62 p.

Serrano, G. 2014. Ingeniería del riego y del drenaje. La Paz, Bolivia. 256 p.

Suarez, C. 2016. Evaluación agronómica y nutricional del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) a partir de diferentes biofertilizantes en la finca los robles de la fundación universitaria de Popayán. Tesis Magíster Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Popayán, Cauca. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. 95 p.

Taiz, L., Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal (traducción en español de la 3. A edición Plant Physiology). Universidad Jaume I, Castellón. Editoriales Universitarias Españolas.

Artículo recibido en: 24 de julio 2018

Aceptado en: 27 de septiembre 2018