

Dinámica de crecimiento y valor nutricional del *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) en tres edades de corte y dos épocas en el trópico peruano

Growth dynamics and nutritional value of *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) in three cutting ages and two seasons in the Peruvian tropics

Fiorela Maritza Hermitaño Osorio¹, Alfredo Rubén Bernal Marcelo¹,
Folke Claudio Tantahuilca Landeo¹, Fritz Trillo Zárate², Marcos Calderón Montes³,
Pamela Quiroga Espilco⁴, Jimny Nuñez Delgado⁵, Aníbal Raúl Rodríguez Vargas^{1,6}

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica del crecimiento y valor nutricional del *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) en tres edades de corte (45, 60 y 75 días) y en dos épocas del año (alta y baja precipitación) en el distrito de Oxapampa, Pasco, Perú. Se evaluó la altura a la hoja bandera (AH), número de macollos (NM), biomasa verde (BV), materia seca (MS), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), calcio (Ca) y fósforo (P) en un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 3x2 (edad de corte y época del año). La AH no presentó diferencias significativas para edad al corte (34.27±4.00, 210.08±4.00 y 251.14±4.00 cm para 45, 60 y 75 días, respectivamente), ni entre épocas (191.91±3.26 y 205.09±3.26 cm en baja y alta

¹ Instituto Central de Investigación, Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú

² Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

³ Escuela Profesional Zootecnia Pasco, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú

⁴ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

⁵ Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

⁶ E-mail: arodriguezv@undac.edu.pe

Recibido: 12 de mayo de 2021

Aceptado para publicación: 14 de julio de 2022

Publicado: 31 de agosto de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

precipitación, respectivamente). El NM no evidenció diferencias significativas para edad al corte (54.56 ± 3.26 , 54.61 ± 3.26 y 55.33 ± 3.26 macollos para 45, 60 y 75 días de edad, respectivamente) ni entre épocas (51.37 ± 2.66 y 58.30 ± 2.66 macollos en baja y alta precipitación, respectivamente). La MS en época de alta precipitación mostró su mayor valor ($12.59\pm 0.50\%$) a los 60 días de rebrote, mientras que en la época de menor precipitación fue $15.65\pm 0.50\%$ a los 75 días de corte ($p<0.05$). La DIVMS registró su mayor valor a los 45 días con 81.2 ± 0.51 y $83.2\pm 0.51\%$ en época de mayor y menor precipitación respectivamente. La biomasa seca evidenció interacción ($p<0.05$) entre la edad al corte (45, 60 y 75 días) y la época (alta y baja precipitación). La PC tuvo mejores valores en ambas épocas a los 45 días de corte con 11.08 ± 0.43 y $16.06\pm 0.43\%$ en alta y baja precipitación, respectivamente ($p<0.05$). La FC registró su mayor valor en la época de menor precipitación a los 60 días ($25.19\pm 0.24\%$) de corte, y menor en época de mayor precipitación a los 75 días ($27.5\pm 0.24\%$) ($p<0.05$). El contenido de Ca y P en época de alta precipitación fue mayor ($0.51\pm 0.01\%$) a los 45 días, en tanto que en la época de menor precipitación el Ca tuvo similares resultados a los 45 y 60 días ($0.34\pm 0.01\%$). Se concluye que la época del año y la edad de corte influyen sobre el rendimiento productivo y la calidad nutricional del pasto Maralfalfa en condiciones de trópico, siendo el mejor valor nutricional y de producción a los 60 días.

Palabras clave: hoja bandera, rendimiento, biomasa seca, proteína, digestibilidad, época del año

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the dynamics of growth and nutritional value of *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) at three cutting ages (45, 60 and 75 days) and at two times of the year (high and low rainfall) in the district of Oxapampa, Pasco, Peru. Plant height to flag leaf (AH), number of tillers (NT), green biomass (BV), dry matter (DM), *in vitro* digestibility of dry matter (DIVMS), crude protein (CP), crude fibre (CF), calcium (Ca) and phosphorus (P) were evaluated in a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement (cut-off age and time of year). The AH did not present significant differences for age at cutting (34.27 ± 4.00 , 210.08 ± 4.00 and 251.14 ± 4.00 cm for 45, 60 and 75 days, respectively), nor between seasons (191.91 ± 3.26 and 205.09 ± 3.26 cm in low and high precipitation, respectively). The NT did not show significant differences for age at cutting (54.56 ± 3.26 , 54.61 ± 3.26 and 55.33 ± 3.26 tillers for 45, 60 and 75 days of age, respectively) or between seasons (51.37 ± 2.66 and 58.30 ± 2.66 tillers in low and high precipitation, respectively). The DM in the season of high rainfall showed its highest value ($12.59\pm 0.50\%$) at 60 days of regrowth, while in the season of lower rainfall it was $15.65\pm 0.50\%$ at 75 days of cutting ($p<0.05$). DIVMS recorded its highest value at 45 days with 81.2 ± 0.51 and $83.2\pm 0.51\%$ in times of higher and lower precipitation, respectively. The dry biomass showed interaction ($p<0.05$) between the age at cutting (45, 60 and 75 days) and the season (high and low rainfall). PC had better values in both seasons at 45 days of cutting with 11.08 ± 0.43 and $16.06\pm 0.43\%$ in high and low rainfall, respectively ($p<0.05$). The CF recorded its highest value in the season of least precipitation at 60 days ($25.19\pm 0.24\%$) cut-off, and lower in the season of greatest precipitation at 75 days ($27.5\pm 0.24\%$) ($p<0.05$). The content of Ca and P in the period of high precipitation was higher ($0.51\pm 0.01\%$) at 45 days, while in the period of less precipitation Ca had similar results at 45 and 60 days ($0.34\pm 0.01\%$). It is concluded that the time of year and the cutting age influence the productive performance and nutritional quality of Maralfalfa grass under tropical conditions, with the best nutritional and production value at 60 days.

Key words: flag leaf, yield, dry biomass, protein, digestibility, time of year

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina en el trópico son en su mayoría de tipo extensivo, de allí que la producción y productividad animal dependen de la alimentación a base de gramíneas nativas o introducidas con alto potencial productivo y de calidad nutritiva aceptable (Ortega *et al.*, 2011). Se conoce que el valor nutritivo de las plantas disminuye con la edad (Van Soest, 1994), por lo que este es un factor relevante en el cultivo de gramíneas para corte.

La evaluación agronómica de gramíneas forrajeras en parcelas agrostológicas permite la manipulación uniforme y controlada de la vegetación, utilizando indicadores como el crecimiento, rendimiento, reproducción, competencia por espacio y persistencia en el tiempo (Gibson, 2009). La medición del rendimiento de materia seca (MS) de los forrajes es, en este sentido, uno de los componentes clave, ya que, en niveles similares de ingesta de MS, la producción individual del ganado dependerá de la calidad nutritiva del forraje (Musco *et al.*, 2016).

En el trópico peruano se tienen varias gramíneas introducidas, convirtiéndose en alternativas para la mejora de la producción animal por hectárea. La mayoría tiene su origen en África tropical y fueron evaluadas en países latinoamericanos mediante experimentos agronómicos en pequeñas parcelas y luego bajo pastoreo (Dixon *et al.*, 2014). Las investigaciones realizadas en genotipos de maralfalfa (*Pennisetum* spp) demuestran que es una alternativa forrajera excelente para incrementar la producción animal, debido a su valor nutritivo y alta productividad de MS (Márquez *et al.*, 2007).

La maralfalfa (*Penissetum* spp), debido a los altos rendimientos de biomasa y calidad nutricional es utilizada en su estado fresco en la ganadería tropical (Cifuentes *et al.*, 2012). La edad de corte influye sobre las

características nutricionales de los *Pennisetum* (Correa, 2006), teniéndose evidencia de que 48 días después del rebrote es el momento de mayor contenido proteico y digestibilidad (Ortiz *et al.*, 2017); sin embargo, la calidad puede estar afectada por la disponibilidad de agua, desarrollo del sistema radicular de la planta y época del año (Uvidia *et al.*, 2015), ocasionando cambios morfológicos, disminuyendo las láminas foliares y aumentando los haces vasculares (Cárdenas *et al.*, 2012). El rendimiento de la maralfalfa puede oscilar entre 55 a 90 t/ha a los 90 días de rebrote (Uvidia *et al.*, 2015; Cifuentes *et al.*, 2012; Chiquini *et al.*, 2019). Asimismo, el contenido de proteína cruda puede alcanzar niveles de 11.9 y 21.8% a los 56 y 105 días de rebrote según la calidad del suelo (Correa, 2006), en tanto, en terrenos de fertilidad media puede alcanzar niveles de 20% de proteína (Cifuentes *et al.*, 2012).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de tres edades de corte (45, 60 y 75 días) y dos épocas del año (alta y baja precipitación) sobre el rendimiento productivo y valor nutricional del *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Investigación de Estudios y Transferencia Tecnológica (CIETT) de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, distrito y provincia de Oxapampa, Región Pasco (Figura 1), entre julio de 2019 a julio de 2020. El CIETT se ubica en una zona clasificada de acuerdo con Holdridge (2000) como bosque muy húmedo (bmh), a una altitud de 1814 m, con temperatura media anual de 18.4 °C y precipitación anual de 1603 mm. La zona presenta dos épocas marcadas en el año, una de alta precipitación (octubre a marzo) y otra de baja precipitación (abril a septiembre), siendo los meses de julio y agosto los más críticos.

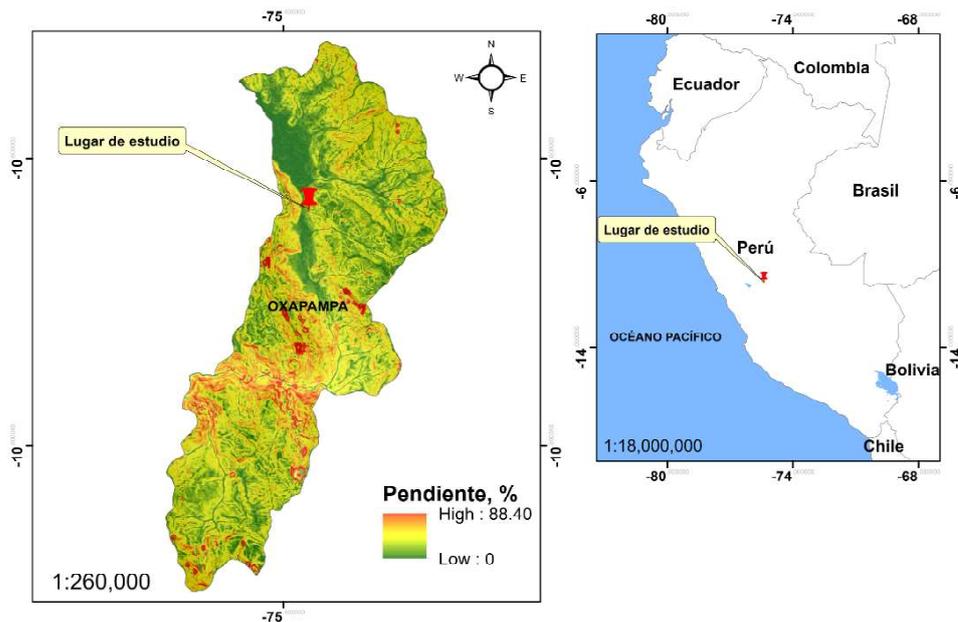


Figura 1. Lugar de estudio

La pastura evaluada tuvo un área de 352 m² de *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), de 1.5 años de edad. Se realizó un corte de uniformización a 5 cm del suelo antes del experimento, luego se fertilizó con NPK a una dosis de 120, 100 y 80 kg/ha respectivamente. La fertilización se dividió en partes iguales en cada época de estudio (alta precipitación [enero-marzo] y baja precipitación [agosto-octubre]). El suelo presentó un pH fuertemente ácido (4.54) y nivel medio de materia orgánica (1.97%). El contenido de fósforo fue medio (5.66 ppm) y nitrógeno muy pobre (0.00271%) (D.S. N° 017-2009-AG, 2009).

Altura de la hoja bandera y macollamiento

La altura de la hoja bandera se midió desde su base (n=50 plantas tomadas en forma aleatoria), utilizando una regla de madera de 5 m, calibrada en cm, tomando como referencia la hoja bandera (sin estirarla, no se consideró inflorescencia) a los 45, 60 y 75 días de corte (Figura 2). Asimismo, se eligieron aleatoriamente 50 plantas por cada tratamiento (días de corte) en la zona de muestreo, considerando 1.0 m de efecto borde, y se contó el número de macollos basales emergentes de la corona de cada mata en la pastura.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	45 días			60 días			75 días			
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9	60 días			75 días			45 días			
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16	75 días			45 días			60 días			
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										

Figura 2. Diseño del muestreo

Disponibilidad de biomasa

La disponibilidad de biomasa verde se evaluó a los 45, 60 y 75 días de rebrote. Se determinó mediante el método de corte y separación manual (ASRM, 1962), el cual consistió en cortar (lapiaco de hierro) el material forrajero considerando un residual de 10 cm. Para ello se utilizó un cuadrante de pvc de 1x1 m. Para el pesado de la muestra fresca se utilizó una balanza Pesola de campo 10 kg (Macro-Line Spring Scale). Las muestras fueron rotuladas y enviadas al Laboratorio

de Nutrición y Alimentación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), donde fueron pesadas (balanza digital: OHAUS®, Ranger 5000, 5000 g ± 0.1 g) y sometidas a 60 ± 1.0 °C por 24 horas (AOAC, 2019). Luego se determinó el porcentaje de materia seca: [(peso final/peso inicial) * 100]. La biomasa se expresó en t/ha.

Digestibilidad in vitro

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó por el método de Tilley y Terry (1963) modificado por Goering y Van Soest (1970), el cual consistió en la incubación de una muestra de pasto molido y seco con líquido ruminal durante 48 h a 39 °C, tratando el residuo obtenido con una solución detergente neutro durante 1 h a 100 °C (Van Soest *et al.*, 1966).

Contenido de proteína cruda, fibra cruda y minerales

El contenido de proteína cruda (PC) se determinó empleando el método semi-micro Kjeldahl, mientras que para la fibra bruta se utilizó el método de análisis de fibra de Van Soest (AOAC, 2019). El contenido de calcio y fósforo se determinó mediante espectrofotometría por absorción atómica en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM empleando un espectrofotómetro Perkin Elmer Aanalyst 100.

Análisis estadístico

El análisis estadístico para altura a la hoja bandera (cm), número de macollos, materia verde (t/ha), biomasa de materia seca (t/ha), digestibilidad *in vitro* (%), proteína cruda (%), fibra cruda (%), calcio (%) y fósforo (%) fue mediante un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3x2; es decir, tres edades de corte (45, 60 y 75 días) y dos épocas de precipitación (alta y baja). Se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal: $Y_{ijk} = u + C_i + E_j + (CE)_{ij} + E_{ijk}$, donde: Y_{ijk} : Variables respuesta del k-ésima mues-

tra, correspondiente a la *j*-ésima época del año y al *i*-ésimo edad de corte, *u*: media general, *C_i*: efecto del *i*-ésimo edad de corte, *E_j*: Efecto del *j*-ésimo época del año de producción, (*CE*)_{*ij*}: interacción del *i*-ésimo edad de corte por *j*-ésimo época del año de producción y *E_{ijk}*: valor residual debido a la *k*-ésima muestra, correspondiente a la *j*-ésima época del año y al *i*-ésimo edad de corte. Asimismo, se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey (alfa=0.05). El software estadístico utilizado para el análisis fue R Statistical 4.0.4 con uso de las librerías *agricolae*, *lsmeans* y *multcomp*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura a la Hoja Bandera

La altura a la hoja bandera no evidenció interacción ($p > 0.05$) entre la edad al corte (45, 60 y 75 días) y la época (alta y baja precipitación). Por lo tanto, los efectos principales de la altura de la hoja bandera fueron 134.27 ± 4.00 , 210.08 ± 4.00 y 251.14 ± 4.00 cm a los 45, 60 y 75 días de edad al corte, respectivamente, y de 191.91 ± 3.26 y 205.09 ± 3.26 cm en baja y alta precipitación, respectivamente. Al comparar los días de edad al corte y la época del año, los mayores promedios fueron a los 75 días y con alta precipitación (Figura 3). Estos resultados se asocian a los mayores niveles de humedad del suelo en la época de alta precipitación.

Por su parte, Calzada *et al.* (2014) al evaluar el crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp) en clima cálido subhúmedo reportan una altura de 230 cm a los 150 días; sin embargo, hay que considerar que la altura de la planta tiene una correlación negativa con la biomasa foliar. Por otro lado, Cruz (2008) reportó alturas entre 122 y 132.5 cm a los 75 días de edad de corte sin y con fertilización (N:120, P: 120, K:30 kg/ha), respectivamente, siendo valores inferiores a los

obtenidos en el presente estudio (251 cm). Asimismo, Cifuentes *et al.* (2012) reportaron valores de 70 y 250 cm de altura a los 30 y 90 días de edad de corte, respectivamente, en tanto que Andrade (2009) obtuvo una altura de 324 cm a 70 días de edad de corte bajo riego y con fertilización a base de NPK (250, 100 y 350 kg/ha, respectivamente).

Ramírez y Pérez (2006) al evaluar el efecto del corte sobre el rendimiento y composición química en el pasto maralfalfa en el trópico boliviano, en hileras de 80 cm de distancia y matas a 40 cm de distancia fertilizado con NPK (15, 15 y 15 kg/ha) a los 15 y 25 días, reportaron valores de altura a la hoja bandera de 173 ± 0.12 y 187 ± 1.87 cm a los 45 y 60 días de edad al corte. Los resultados del presente estudio obtenidos a las mismas edades son divergentes, ya que a los 45 días son menores y a los 60 días son mayores, posiblemente debido a los niveles de precipitación durante el estudio.

Macollamiento

El comportamiento del número de macollos no evidenció interacción ($p > 0.05$) entre la edad al corte (45, 60 y 75 días) y la época (alta y baja precipitación). Por lo tanto, el número de macollos fue de 54.56 ± 3.26 , 54.61 ± 3.26 y 55.33 ± 3.26 a los 45, 60 y 75 días de edad al corte, respectivamente, y de 51.37 ± 2.66 y 58.30 ± 2.66 macollos en baja y alta precipitación, respectivamente. No hubo diferencias significativas por días de edad al corte y época (Figura 3). En este caso, Pilco y Pérez (2017) observó que este pasto desarrolla buena capacidad de generación de macollos, encontrándose hasta un máximo de 14 macollos por planta en un ambiente atemperado. Ramírez y Pérez (2006) reportaron 20.89 ± 1.45 y 26.62 ± 2.67 macollos por mata a los 45 y 60 días de edad al corte. Los resultados del presente estudio fueron mayores a otros estudios.

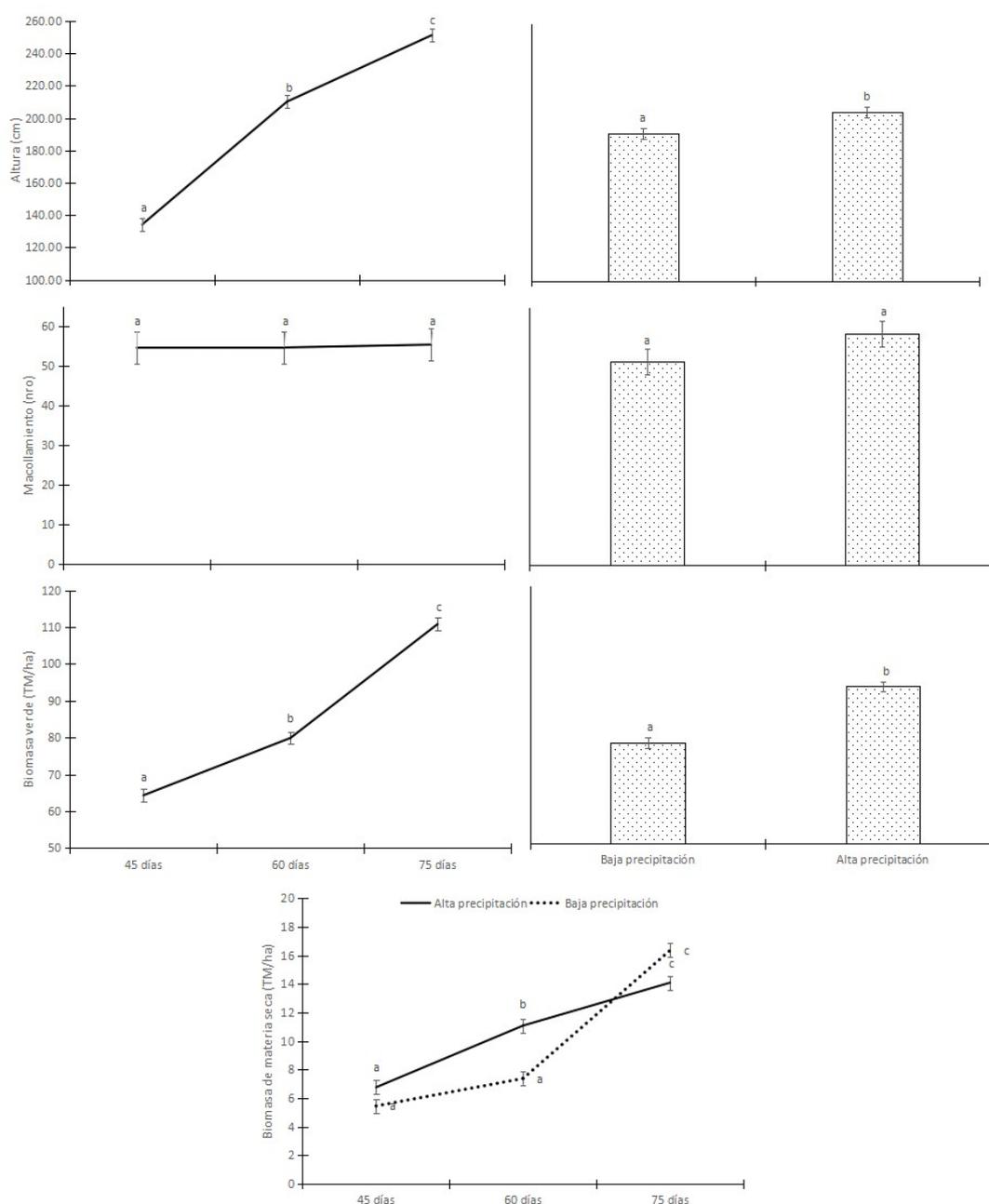


Figura 3. Variables de crecimiento por edad de corte (45, 60 y 75 días) y época (baja y alta precipitación) de maralfalfa (*Pennisetum* spp) en Oxapampa, Perú

Biomasa Fresca

La biomasa verde no evidenció interacción ($p > 0.05$) entre la edad al corte (45, 60 y 75 días) y la época (alta y baja pre-

cipitación). Por lo tanto, los promedios de la biomasa verde fueron de 64.34 ± 1.67 , 79.91 ± 1.67 y 110.80 ± 1.67 t MS/ha a los 45, 60 y 75 días de edad al corte, respectivamente, y de 77.36 ± 1.37 y 92.67 ± 1.37 t MS/ha en

Cuadro 1. Altura de la hoja bandera, macollamiento, contenido de materia seca (MS), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), proteína cruda, fibra cruda, calcio y fósforo del *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres edades de corte (45, 60 y 75 días) en Oxapampa, Perú

Variable	Alta precipitación			Baja precipitación		
	Días de corte			Días de corte		
	45	60	75	45	60	75
Altura de hoja bandera (cm)	139.53±5.65	219.04±5.65	256.69±5.65	129.01±5.65	201.12±5.65	245.59±5.65
Número de macollos	58.78±4.61	56.33±4.61	59.78±4.61	50.33±4.61	52.89±4.61	50.89±4.61
Materia seca (%)	9.25±0.50	12.59±0.50	12.02±0.50	9.80±0.50	10.31±0.50	15.65±0.50
Rendimiento de MS (t MS/ha)	6.67±0.49	11.08±0.49	14.09±0.49	5.46±0.49	7.38±0.49	16.35±0.49
DIVMS (%)	81.2±0.51	75.4±0.51	73.9±0.51	83.2±0.51	77.0±0.51	72.1±0.51
Proteína cruda (%)	11.08±0.43	8.0±0.43	6.43±0.43	16.06±0.43	11.06±0.43	8.99±0.43
Fibra cruda (%)	25.06±0.24	26.26±0.24	27.5±0.24	22.22±0.24	25.19±0.24	24.94±0.24
Calcio (%)	0.51±01	0.43±01	0.48±01	0.34±01	0.34±01	0.39±01
Fósforo (%)	0.51±0.01	0.47±0.01	0.43±01	0.48±0.01	0.40±0.01	0.36±0.01

baja y alta precipitación, respectivamente. Al comparar los días de edad al corte y la época se evidenciaron diferencias entre promedios, siendo los valores más altos a los 75 días de edad al corte y en la época de alta precipitación (Figura 3).

Andrade (2009) trabajando con dos sistemas de siembra (1 y 2 cañas) a 1 m entre plantas, reportó producciones entre 98.9 y 130.9 t MS/ha bajo condiciones de riego y fertilización (NPK: 250, 100 y 350 kg/ha, respectivamente) a los 70 días de edad de corte; siendo valores muy superiores a los reportados en el presente estudio. No obstante, Cifuentes *et al.* (2012) obtuvieron producciones de biomasa fresca menores a los 45, 60 y 75 días de edad de corte (30.66, 47.88 y 51.11 t MS/ha, respectivamente), alcanzado como máximo 55 t MS/ha a los 90 días.

Cerdas (2015) utilizó cuatro dosis de nitrógeno: 0, 30, 60 y 90 kg N/ha, obteniendo rendimientos de 7.675, 25.90, 43.57 y 55.07 t MS/ha, respectivamente a los 49 días de corte. Asimismo, Ramírez y Pérez (2006) reportaron valores de biomasa verde de 84.67±0.00 y 152.66±0.04 t MS/ha en 45 y 60 días de edad al corte; resultados divergentes al presente estudio, posiblemente debido a la variedad de maralfalfa evaluada.

Biomasa Seca

Andrade (2009) reporta valores de materia seca para la maralfalfa de 17.40 y 22.78% a los 70 y 90 días de corte, en tanto que Gómez *et al.* (2020) reporta valores de 20.21 y 20.45% a los 60 y 90 días respectivamente, siendo en ambos casos valores muy superiores a los reportados en esta investigación (Cuadro 1, Figura 4).

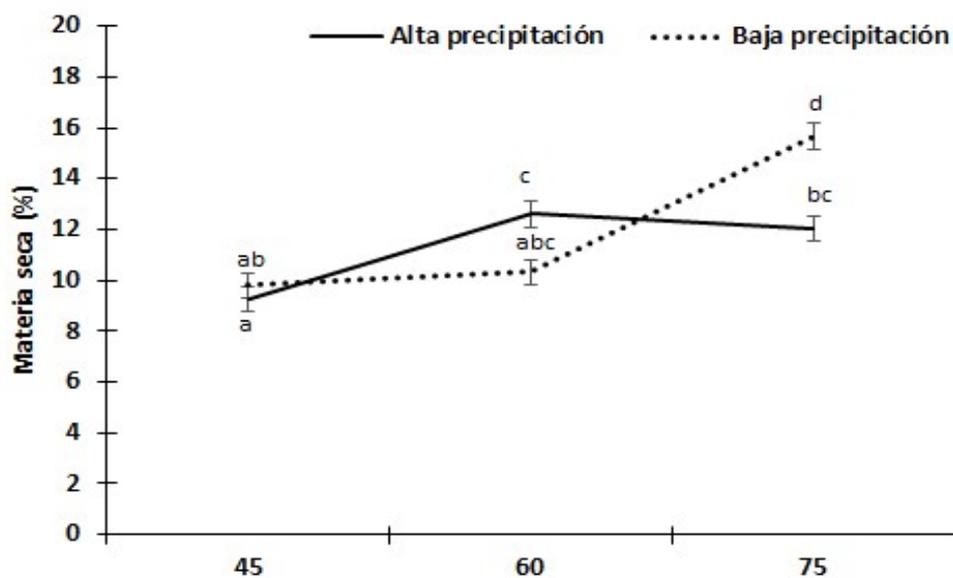


Figura 4. Contenido de materia seca (MS, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días).

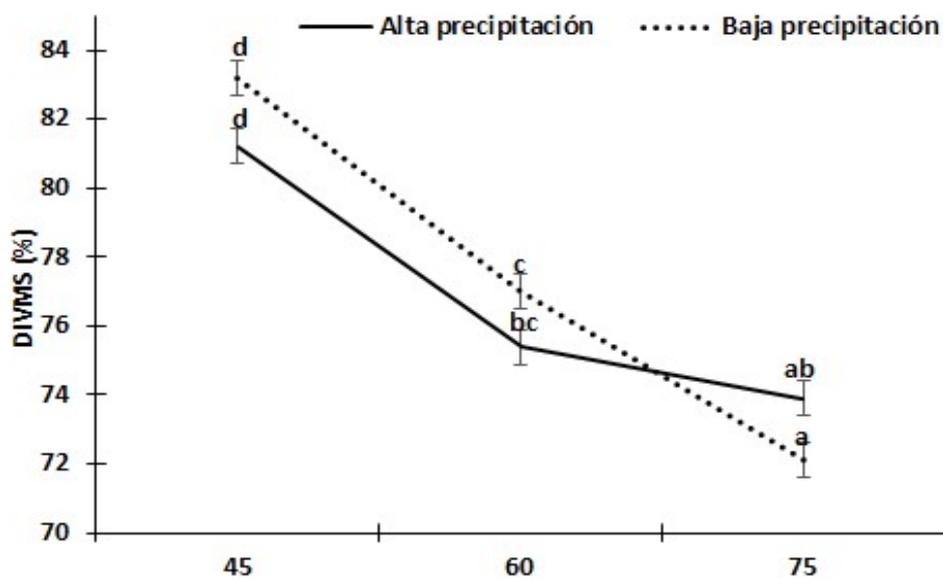


Figura 5. Digestibilidad de la materia seca (DIVMS, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días)

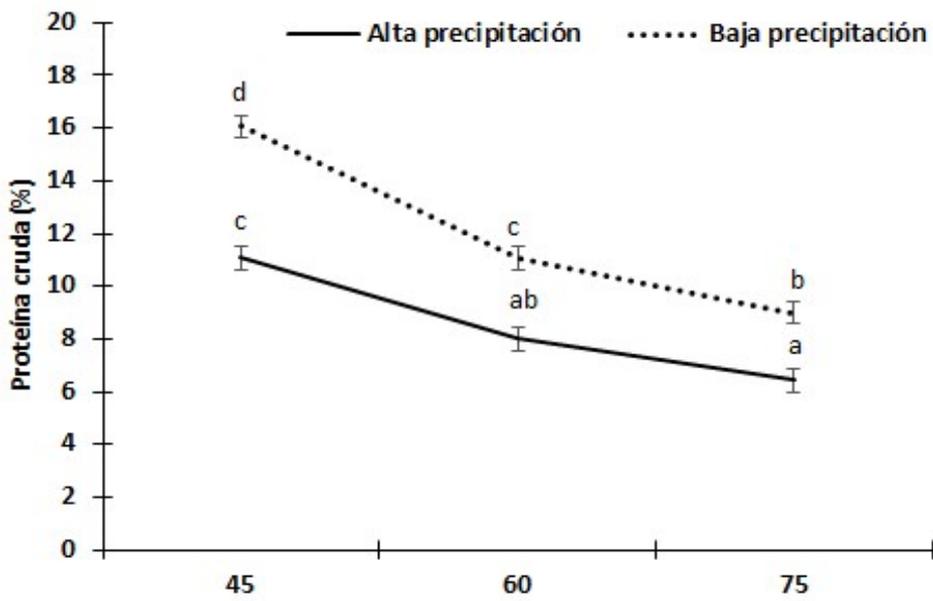


Figura 6. Contenido de proteína cruda (PC, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días)

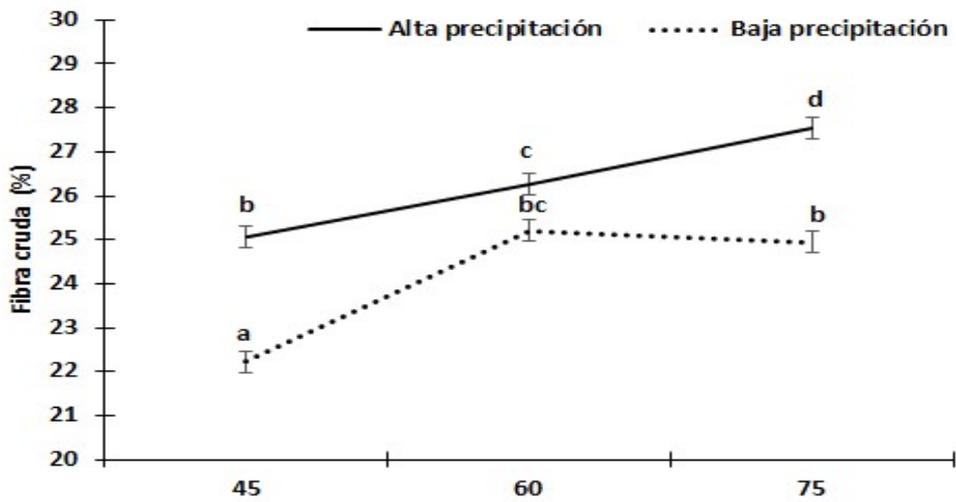


Figura 7. Contenido de fibra cruda (FC, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días)

La biomasa de materia seca evidenció interacción ($p < 0.05$) entre la edad al corte (45, 60 y 75 días) y la época (alta y baja precipitación). Los efectos simples en alta precipitación fueron de 6.67 ± 0.49 , 11.08 ± 0.49 y 14.09 ± 0.49 t MS/ha a los 45, 60 y 75 días de edad de corte, respectivamente, mientras que en baja precipitación fueron de 5.46 ± 0.49 , 7.38 ± 0.49 y 16.35 ± 0.49 t MS/ha a los 45, 60 y 75 días de edad de corte, respectivamente. Dentro de cada nivel de época de alta y baja precipitación se evidenciaron diferencias significativas entre los días al corte (Figura 3). El mayor porcentaje de MS a los 75 días de edad de corte en la época seca se debe a la poca acumulación de agua en el tejido vegetal producto de la baja disponibilidad de agua en el suelo.

Cifuentes *et al.* (2012) reportaron 4.44 a 11.34 t MS/ha a los 45 y 75 días de edad de corte. Por otra parte, Cerdas (2015) evaluó la producción de biomasa seca de maralfalfa fertilizado con cuatro dosis de nitrógeno (0, 30, 60 y 90 kg N/ha) logrando rendimientos de 1.76, 5.19, 9.82 y 12.16 t MS/ha/corte, respectivamente, a los 49 días de edad, en tanto que Gómez *et al.* (2020) en época de baja precipitación obtuvieron 17.1, 22.7 y 33.5 t MS/ha a los 60, 90 y 120 días de edad de corte, respectivamente.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

La DIVMS disminuyó significativamente con la mayor edad al corte (Cuadro 1, Figura 5). La digestibilidad *in vitro* en el estudio de Clavero y Razz (2009) disminuyó de 62.45 a 52.10% conforme la edad de corte aumentó de 3 a 9 semanas, en tanto que Ruiz (2016) reportó valores de 55.01% a los 45 días de corte, disminuyendo a 50.55% a los 60 días de corte. Asimismo, Martínez y Leiva (2019) encontraron que la digestibilidad descendió de 57.31 a 47.55% entre los 45 y 60 días de corte.

Proteína cruda (%)

El comportamiento mostrado de la proteína cruda (PC) (Cuadro 1, Figura 6) se debe a que la tasa de crecimiento en la época de baja precipitación es más lenta y, por ende, los rebrotes son menos lignificados y de mejor calidad. Cifuentes *et al.* (2012) reportaron valores de PC que van desde 13.37% (30 días de corte) hasta 6.20% (90 días de rebrote), valores próximos a los reportados en este estudio; mientras que Ramírez y Pérez (2006) reportaron valores menores de PC (5.83% a los 45 días y 7.64% a los 60 días de rebrote). Por otro lado, Gómez *et al.* (2020) obtuvieron valores de 11.8 ± 1 y 7.9 ± 1 % a los 60 y 90 días, respectivamente, siendo similares a los reportados en el presente estudio, mientras que Andrade (2009) reportó 15.68% de PC a los 70 días.

Fibra cruda (%)

El contenido fibroso presentó una ligera disminución a los 75 días en la época de baja precipitación (Cuadro 1, Figura 7), probablemente debido a la presencia de las primeras precipitaciones, haciendo que responda inmediatamente el crecimiento de la planta y disminuya el material fibroso. Los valores de FC coinciden con lo reportado por Cifuentes *et al.* (2012) en la época de alta precipitación con 25.53% a los 45 días de rebrote y ligeramente inferior a los 60 días de rebrote (27.65%). Sin embargo, puede alcanzar valores de hasta 44.0% a los 90 días de rebrote (Andrade, 2009). Por otro lado, Ramírez y Pérez (2006) reportaron valores superiores de FC al presente estudio (35.61% a los 45 días y 41.49% a los 60 días de rebrote).

Calcio disponible (%)

El contenido de Ca aumentó a los 75 días de rebrote en la época de menor precipitación (Cuadro 1, Figura 8), posiblemente debido a la presencia de rebrotes tiernos; pre-

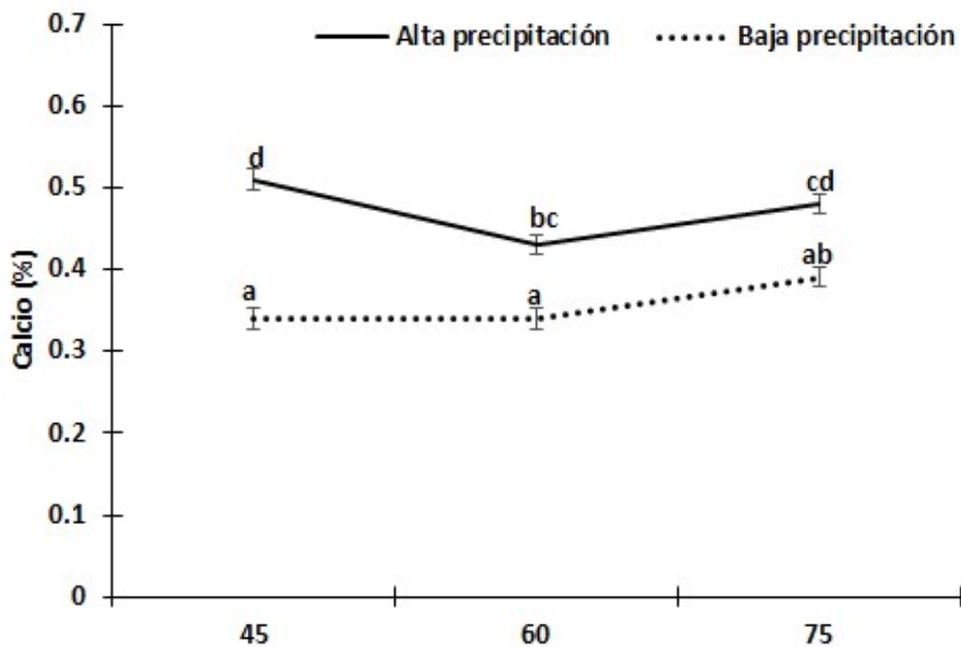


Figura 8. Contenido de calcio (Ca, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días)

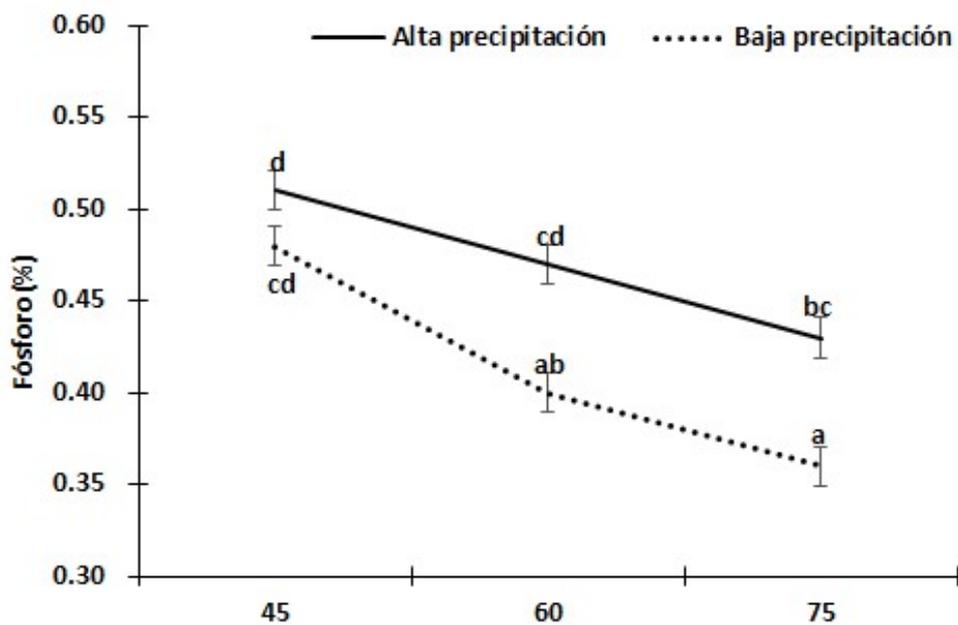


Figura 9. Contenido de fósforo (P, %) en maralfalfa *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa), en dos épocas del año (alta y baja precipitación) y tres momentos de corte (45, 60 y 75 días)

cisando que en esa época se presentaron las primeras lluvias a los 75 días del estudio. Correa (2006) reporta valores de 0.37 y 0.34% de Ca a los 56 y 105 días de rebrote, respectivamente, siendo similares a los reportados en esta investigación. A su vez, Ruiz (2016) encontró valores de 0.39, 0.32 y 0.26% de Ca a los 30, 45 y 60 días de rebrote.

Fósforo disponible (%)

El descenso del contenido de fósforo (Cuadro 1, Figura 9) fue marcado entre los 45 y 60 días de rebrote en la época de baja precipitación. Cabe destacar la importancia de este pasto en la alimentación animal, ya que presenta valores de minerales muy por encima al valor crítico (0.19%) en gramíneas (NRC, 2001). Similares tendencias de extracción de minerales reportan Núñez *et al.* (2019) en otras gramíneas tropicales (*Panicum maximum* Jacq) en la época lluviosa, donde el agua es un vehículo de transporte natural de iones en el suelo, haciéndolos más disponibles para las plantas (Casanova y Eduardo, 2005). En la época de baja precipitación ocurre lo contrario, ya que la poca humedad reduce el flujo de minerales y afecta directamente al crecimiento y calidad del forraje (Quintero y Boschetti, 2005). Correa (2006) reporta valores de 0.50 y 0.33% de P a los 56 y 105 días de rebrote, respectivamente, siendo similares a los del presente estudio; en tanto que Ruiz (2016) reporta valores de 0.28, 0.25 y 0.23% a los 30, 45 y 60 días de rebrote, valores mucho más bajos a los reportados en esta investigación, especialmente si se comparan con la época de alta precipitación.

CONCLUSIONES

- Los rendimientos de biomasa del *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) fueron crecientes en ambas épocas del año; sin embargo, el mayor rendimiento de biomasa se obtuvo a los 75 días en la época de baja precipitación (16.35±0.49 t MS/ha vs 14.09±0.49 t MS/ha).

- La proteína cruda y la digestibilidad de la materia seca de *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) disminuyó con la edad al corte de la planta, evidenciando sus máximos valores (16.06±0.43 y 83.2±0.51%, respectivamente) en la época de baja precipitación a los 45 días de edad.
- El contenido de calcio y fósforo en la planta varía según la época y edad de corte, siendo mayor su valor a los 45 días con 0.51±0.01 y 0.51±0.01% para calcio y fósforo, respectivamente.
- La edad óptima en donde la producción y el valor nutritivo de *Pennisetum* spp (cv. Maralfalfa) tuvo mejores indicadores fue a los 60 días, por lo que se recomienda su uso a esta edad para la alimentación de ganado.

LITERATURA CITADA

1. **Andrade A. 2009.** Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en la localidad de Chalguayacu, Canton Cumanda, Provincia de Chimborazo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 103 p.
2. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2019.** Official methods for analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 21st ed. Washington DC.
3. **[ASRM] American Society of Range Management and Agriculture Board. 1962.** Basic problems and techniques in range research. Washington DC, USA: National Academy of Sciences Pub. N°. 890. 336 p.
4. **Calzada MJ, Enríquez JF, Hernández GA, Ortega JE, Mendoza SI. 2014.** Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) en clima cálido subhúmedo. Rev Mex Cienc Pecu 5: 247-260.
5. **Cárdenas LR, Pinto-Ruiz R, Medina FJ, Guevara F, Gomez H, Hernández A, Carmona J. 2012.** Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum*

- sp) durante la época seca. Quehacer Científico Chiapas 1: 38-46.
6. **Casanova O, Eduardo F. 2005.** Introducción a la ciencia del suelo. Caracas: UCV Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 482 p.
 7. **Cerdas RR. 2015.** Comportamiento productivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) con varias dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes 16: 124-145.
 8. **Chiquini-Medina RA, la Cruz-Chi EN, Pech-May NJ, Guerrero-Turriza HO, Castillo-Aguilar CC. 2019.** Phenological development and biomass production of maralfalfa grass (*Pennisetum* sp) cultivated in Southeastern Mexican. Agro Productividad 12: 87-92. doi: 10.32854/agrop.vi0.1424
 9. **Cifuentes LC, Coutiño BD, Zebadúa MO, Cruz AM, Muñoz BS, Lara MC, Rojas JL, et al. 2012.** Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum* spp) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Quehacer Científico Chiapas 1: 19-23.
 10. **Clavero T, Razz R. 2009.** Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. Rev Fac Agron 26: 78-87.
 11. **Correa HJ. 2006.** Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Res Rural Develop 18(6). [Internet]. Disponible en: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd18/6/corr18084.htm>
 12. **Cruz PD. 2008.** Evaluación del potencial forrajero del pasto maralfalfa *pennisetum violaceum* con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con una base estándar de potasio. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 144 p.
 13. **Decreto Supremo N° 017-2009-AG. 2009.** Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor. 2 de septiembre del 2009. Diario Oficial El Peruano.
 14. **Dixon AP, Faber Langendoen D, Josse C, Morrison J, Loucks CJ. 2014.** Distribution mapping of world grassland types. J Biogeogr 41: 2003-2019. doi: 10.1111/jbi.12381
 15. **Gibson DJ. 2009.** Grasses and grassland ecology. Oxford University Press. 323 p.
 16. **Goering MK, Van Soest PJ. 1970.** Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook No. 379, USDA, Washington DC.
 17. **Gómez A, Olguin L, Ramírez J, Benítez J. 2020.** Composición química y producción del pasto *Pennisetum* sp (Maralfalfa) en la época de secas en diferentes cortes. Educate con Ciencia 28(29): 268-278.
 18. **Holdridge L. 2000.** Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 216 p.
 19. **Martínez D, Leiva K. 2019.** Efecto del biol sobre la producción de biomasa y calidad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp), en un segundo rebrote, Centro Experimental El Plantel, 2018. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua: Univ. Nacional Agraria. 42 p.
 20. **Márquez 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*). Rendimiento y contenido de proteína. Zootec Trop 25: 253-259.
 21. **Musco N, Koura IB, Tudisco R, Awadjihè G, Adjolahoun S, Cutrignelli MI, Mollica PN, et al. 2016.** Nutritional characteristics of forage grown in south of Benin. Asian Austral J Anim 29: 51-56. doi: 10.5713/ajas.15.0200
 22. **[NRC] National Research Council. 2001.** Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. Washington DC, USA: National Academic Press. 408 p.
 23. **Ortega-Gómez R, Castillo-Gallegos E, Jarillo-Rodríguez J, Escobar-Hernández R, Ocaña-Zavaleta E, De la Mora BV. 2011.** Nutritive quality of

- ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. Trop Subtrop Agroecosys 13: 481-491.
24. **Núñez J, Ñaupari J, Flores E. 2019.** Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). Rev Inv Vet Perú 30: 178-192. doi: 10.15381/rivep.v30i1.15681
25. **Ortiz RF, Reyes EO, Carrete CF, Sánchez AJ, Herrera TE, Murillo OM, Rosales SR. 2017.** Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maralfalfa (*Pennisetum* sp) a diferentes edades de corte y niveles de maíz molido. Rev Fac Cienc Agrar 49: 345-353.
26. **Pilco SR, Pérez C. 2017.** Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en un ambiente atemperado en el Altiplano Central de Bolivia. Apthapi 3: 620-633.
27. **Quintero C, Boschetti N. 2000.** Manejo del fósforo en pasturas. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. [Internet]. Disponible en: <https://docplayer.es/61532943-Manejo-del-fosforo-en-pasturas.html>
28. **Ramírez Y, Pérez J. 2006.** Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp). Rev Unellez Cienc Tecnol 24: 57-62.
29. **Ruiz R. 2016.** Establecimiento y respuesta a la frecuencia de corte de maralfalfa (*Pennisetum* sp) vs. Camerun (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon) en el distrito de Contamán, provincia de Ucayali, Loreto. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 114 p.
30. **Tilley JMA, Terry A. 1963.** Two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Grass Forage Sci 18: 104-111. doi: 10.1111/j.13652494.1963.tb00335.x
31. **Uvidia H, Ramírez J, Vargas J, Leonard I, Sucoshañay J. 2015.** Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. REDVET 16(6). [Internet]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63641399006.pdf>
32. **Van Soest PJ. 1994.** Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca, USA: Comstock Publishing Associates. 476 p.
33. **Van Soest PJ, Wine RH, Moore LA. 1966.** Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. In: Proc 10th Int. Grasslands Congress. Helsinki.