

Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en mijo perenne: influencia en la producción y calidad forrajera en el sudeste de La Pampa

Paredes, Silvia Susana ^{1@ib}, Fernández, Romina ^{2,3ib}, Ortiz, Daniela Alejandra ^{2,4ib}
Huespe, Daiana Susana ^{1ib}

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural Guatraché, La Pampa, Argentina.

2 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Anguil, La Pampa, Argentina.

3 Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, La Pampa, Argentina.

4 Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, La Pampa, Argentina.

@paredes.susana@inta.gob.ar

Recibido: 12/09/24

Aceptado: 17/12/24

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en la producción y la calidad de *Panicum coloratum* L (mijo perenne), en un suelo del sudeste de La Pampa. La experiencia se realizó sobre una pastura de mijo perenne en la localidad de Jacinto Arauz. Los tratamientos de fertilización fueron 0, 40 y 80 kg N ha⁻¹ con y sin P (dosis fija de 10 kg P ha⁻¹) denominados: T- P- N40, N40+P- N80 y N80+P. El diseño experimental fue en bloques aleatorizados con tres repeticiones. Se cuantificó la materia seca acumulada (MSAC kg ha⁻¹) (sumatoria de tres cortes durante el ciclo de crecimiento), la tasa de crecimiento (TC, kg MS ha⁻¹ día⁻¹), la eficiencia de uso del agua (EUAp, kg MS ha⁻¹ mm⁻¹) y del uso aparente del nitrógeno (EUN). Además, se cuantificó la materia seca diferida (MSTD) y parámetros de calidad: proteína bruta (PB) y digestibilidad de la materia seca (DMS). La respuesta a la fertilización en la MSAC mostró incrementos con valores del 51 % en el tratamiento P y del 59 % con N80+P en comparación con la MSTD, indicando mayor respuesta en la producción de biomasa en la MSAC respecto a la MSTD. La fertilización nitrogenada produjo respuestas positivas en la producción de forraje. La dosis de 80 kg N ha⁻¹ resultó ser la más efectiva durante su ciclo de crecimiento (MSAC). Para el forraje diferido la combinación de 40 kg N ha⁻¹ + P demostró ser la mejor estrategia. La fertilización nitrogenada mejoró la calidad del forraje, con mayores % de PB en los tratamientos que sólo recibieron N. La combinación con N y P es una estrategia viable para incrementar la producción y calidad del mijo perenne en el sudeste de La Pampa.

Palabras clave: pastura perenne; productividad; calidad del forraje.

Abstract. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on perennial millet: influence on forage production and quality in the southeast of the Pampas. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the production and quality of *Panicum coloratum* L. (perennial millet), in a soil in southeastern La Pampa. The experiment was conducted on a perennial millet pasture in the town of Jacinto Arauz. The fertilization treatments were 0, 40 and 80 kg N ha⁻¹ with and without P (fixed dose of 10 kg P ha⁻¹) called: T- P- N40, N40+P- N80 and N80+P. The experimental design was randomized blocks with three replications. The accumulated dry matter (MSAC kg ha⁻¹) (sum of three cuts during the growth cycle), the growth rate (TC, kg MS ha⁻¹ day⁻¹), the water use efficiency (EUA, kg MS ha⁻¹ mm⁻¹) and the apparent use of nitrogen (EUN) were quantified. In addition, deferred dry matter (DMS) and quality parameters were quantified: crude protein (PB) and dry matter digestibility (DMS). The response to fertilization in the MSAC showed increases with values of 51 % in the P treatment and 59 % with N80+P compared to the MSTD, indicating a greater response in biomass production in the MSAC compared to the MSTD. Nitrogen fertilization produced positive responses in forage production. The dose of 80 kg N ha⁻¹ was the most effective during its growth cycle (MSAC). For deferred forage, the combination of 40 kg N ha⁻¹ + P proved to be the best strategy. Nitrogen fertilization improved forage quality, with higher % of PB in treatments that only received N. The combination with N and P is a viable strategy to increase the production and quality of perennial millet in the Southeast of La Pampa.

Key words: perennial pasture; productivity; forage quality.

INTRODUCCIÓN

En zonas semiáridas, los factores climáticos, especialmente las precipitaciones, son erráticos tanto en cantidad como en distribución. Por ello, las especies perennes tolerantes a la sequía son fundamentales para la producción ganadera (Lauric et al., 2016). En la provincia de La Pampa, la expansión de la agricultura

Cómo citar este trabajo:

Paredes, S. S., Fernández, R., Ortiz, D. y Huespe, D. S. (2025). Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en mijo perenne: influencia en la producción y calidad forrajera en el sudeste de La Pampa. *Semiárida*, 35(2), 7-18.

ha desplazado a la actividad ganadera hacia zonas marginales, lo que ha impulsado la búsqueda de especies y variedades adaptadas a estos nuevos ambientes. Estas áreas se caracterizan por una mayor deficiencia hídrica, suelos más frágiles y menos fértiles, amplias fluctuaciones térmicas y heladas severas (Blain y Ruiz, 2024). Los períodos de sequía invernal, que pueden extenderse por 3 a 4 meses o más, son comunes en esta región (Paredes, 2015). Estas condiciones limitan el crecimiento vegetal debido a las precipitaciones escasas y variables, baja fertilidad del suelo y temperaturas extremas, factores que influyen en la fluctuación estacional de la biomasa (Frigerio et al., 2016). Además, la presencia de tosca en el subsuelo limita la profundidad del suelo, aumentando la dependencia de las precipitaciones (Paredes, 2015).

Entre las especies perennes se encuentra el mijo perenne (*Panicum coloratum* L.), una gramínea C4 introducida en la región semiárida pampeana a principios de la década de 1990. Su uso ha crecido en los sistemas productivos (Scherger, 2020), gracias a sus beneficios, como la estabilidad en los niveles de producción de forraje (Lauric et al., 2018), su alta calidad nutritiva en estado verde durante los meses de diciembre y enero, su eficiencia en la captación de CO₂ en condiciones bajas de este compuesto y su resistencia estomática, que reduce la pérdida de agua (Wentworth, 1983). Estas características hacen que las especies C4 resulten adecuadas para ambientes semiáridos ya que presentan alta eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno (N) disponibles en el suelo (Ehleringer et al., 1997).

El mijo perenne se destaca por su resistencia a la sequía y las heladas. En particular, la variedad coloratum cultivar "Verde" puede tolerar heladas de hasta -18 °C (Petruzzi et al., 2003), adaptándose a suelos de baja fertilidad (Paredes et al., 2018). La disponibilidad de agua en el suelo es crucial para el estado de nutrición nitrogenada de una pastura de gramíneas (Durand et al., 2010). Las gramíneas megatérmicas son ventajosas por su alta eficiencia en el uso del agua (EUA) (Paredes et al., 2018; Stritzler et al., 2007), especialmente *Panicum coloratum* L. se adapta a la estacionalidad estival de las lluvias, alta radiación solar y al régimen térmico imperante (Veneciano, 2006). En la región semiárida pampeana rebrota desde el mes de septiembre, no siendo afectada en forma importante por las heladas tardías. Su crecimiento se intensifica en primavera y verano, disminuyendo en otoño hasta detenerse con las primeras heladas, aunque es capaz de conservar brotes verdes (Labarthe et al., 2009).

La digestibilidad del mijo perenne varía de 67 % en primavera y al 50 % en diferido, mientras que su contenido proteico lo hace desde el 14 % en diciembre al 7 % en diferido (Labarthe et al., 2009). Además, contribuye a mejorar la calidad del suelo, asegura la estabilidad en la producción de forraje y reduce los costos de alimentación del ganado en comparación con los verdeos tradicionales (Kruger et al., 2019). Su forraje diferido es superior al de otras especies (Ferri, 2011; Paredes, 2015) y se destaca por su eficiencia en la captación de energía solar y el uso del agua (Vasiseck et al., 2017). Asimismo, puede adaptarse a suelos de baja fertilidad y diversas texturas, e incluso prospera en suelos con tosca cerca de la superficie (Rossi y Ruiz, 2015; Torres Carbonell y Marinissen, 2010). La implantación de este tipo de pastura no solo contribuye a la conservación de los suelos en una región sensible a la erosión, sino que también reduce los costos de producción ganadera y otorga mayor estabilidad a los sistemas productivos (Cabo et al., 2021; Pesqueira, 2017; Petruzzi et al., 2003).

En cuanto a su respuesta a la fertilización, los estudios son limitados, pero han mostrado resultados positivos ante la adición de nitrógeno (Petruzzi et al., 2005; Stritzler y Petruzzi, 2005). El contenido de nitrógeno (proteína) es considerado el componente más importante de la calidad del forraje (Jahanzad et al., 2013). El nivel mínimo necesario para mantener una fermentación ruminal activa es del 6 % (Minson, 1990), y para cubrir el requerimiento proteico de una vaca de cría seca, es del 5,9 % (National Research Council, 1973). En este contexto, el mijo perenne se presenta como una alternativa forrajera para los sistemas agropecuarios del sudeste de La Pampa. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo en la producción y calidad del mijo perenne, en un suelo del sudeste de La Pampa.

METODOLOGÍA

La experiencia se realizó sobre un suelo clasificado como Paleustol Petrocálcico, ubicado a 3 km de la localidad de Jacinto Arauz, La Pampa (38°01'50,4"; 63°20'51,7") (Figura 1).

Sobre una pastura de *Panicum coloratum*, L. var. *Klein* verde (mijo perenne) implantada en noviembre del 2008, se realizó un muestreo compuesto de 5 piques a una profundidad de 0-20 cm

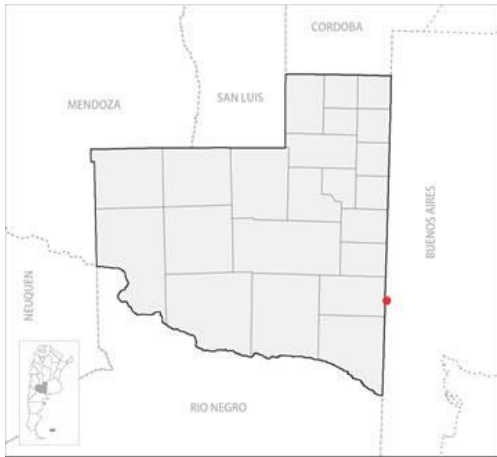


Figura 1. Mapa de La Pampa, donde se detalla (círculo rojo) la zona de estudio.

Figure 1. Map of La Pampa, detailing (red circle) the study area.

para caracterizar el suelo. Se realizaron las siguientes determinaciones: análisis granulométrico (Hidrómetro de Bouyoucus), materia orgánica (Walkley & Black, 1934), pH (1:2,5) y fósforo extractable (Bray & Kurtz, 1945) (Tabla 1).

Textura	A+L (%)	MO (%)	Pe (mg kg ⁻¹)	pH	Profundidad (m)
Franco	50,2	2,5	4,9	6,7	0,6

Tabla 1. Arcilla y limo (A+L), materia orgánica (MO), fósforo extractable (Pe), pH en el estrato de 0-20 cm del perfil y profundidad del suelo.

Table 1. Clay and silt (A+L), organic matter (MO), extractable phosphorus (P) and pH in the 0-20 cm layer profile and depth of the soil.

Se establecieron tres tratamientos de fertilización con nitrógeno (N) al voleo en dosis crecientes con y sin fósforo (P). En este sentido los tratamientos fueron 0, 40 y 80 kg N ha⁻¹ con y sin P (dosis fija de 10 kg P ha⁻¹), los cuales quedaron conformados de la siguiente manera: T- P- N40- N40+P- N80 y N80+P, donde T es el testigo sin fertilizar. Se fertilizó el 18 de octubre del 2023, en función a la distribución de las lluvias durante el año. El diseño experimental fue en bloques aleatorizados con tres repeticiones por cada tratamiento.

Productividad y calidad de la pastura

Se cuantificó la materia seca (MS kg ha⁻¹) del mijo perenne en tres momentos diferentes: el 11 de enero, el 29 de febrero y el 3 de mayo del 2024. Se cortó una superficie de 1 m² a 5 cm de altura y se midió la materia seca del forraje (MS).

Se analizó la tasa de crecimiento (TC, kg MS ha⁻¹ día⁻¹) para cada corte y para el tratamiento diferido, la eficiencia de uso del agua (EUAp, kg MS ha⁻¹ mm⁻¹), definida como la producción de la pastura en función de las precipitaciones ocurridas desde la fertilización del ensayo hasta el 3 de mayo y la eficiencia del uso aparente del nitrógeno (EUN) como la diferencia entre la MS del tratamiento a evaluar y del testigo, dividida por la dosis de nitrógeno (N) aplicada (Fageria & Baligar, 2005), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$TC \text{ (kg MS ha}^{-1}\text{día}^{-1}\text{)} = MS D^{-1}$$

Dónde: MS: producción de materia seca (kg ha⁻¹); D: días.

$$EUA_p \text{ (kg MS ha}^{-1}\text{mm}^{-1}\text{)} = MS P^{-1}$$

Dónde: MS: producción de materia seca (kg MS ha⁻¹); P: precipitaciones durante el ciclo de la pastura (mm).

$$EUN \text{ (kg MS kg N}^{-1}\text{)} = MS N^{-1} - MS$$

Dónde: MS: producción de materia seca sin fertilizar (kg MS ha⁻¹); MS N: producción de materia seca fertilizado con nitrógeno (kg MS N ha⁻¹).

En cada tratamiento de fertilización se cuantificó la materia seca acumulada (MSAC), como la suma de la MS obtenida en los tres cortes de la pastura y se evaluó la producción de MS total diferida de la pastura (MSTD), que representa el ciclo completo sin intervención (cortes) hasta el 3 de mayo.

Respecto a los parámetros de calidad nutricional evaluados, se tomaron muestras de forraje en cada corte. Las muestras fueron secadas en estufa a 60 °C durante 72 horas y posteriormente fueron molidas en molino Wiley a cuchillas, con malla de 2 mm. En laboratorio de forrajes, alimentos y NIRS de la EEA INTA Anguil se determinó Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) y Cenizas (CEN) utilizando espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS). Con el dato de FDA se calculó la Digestibilidad de la Materia seca (DMS) como $DMS = 88,9 - (0,779 \times FDA)$. Los espectros se obtuvieron utilizando un espectrómetro Vis-NIR modelo DS2500 (FOSS, Hillerød, Dinamarca), en modo absorbancia como $[\log (1/R)]$, siendo R la reflectancia, utilizando una cubeta portamuestra de 7 cm de diámetro con una cantidad aproximada de 10 g de forraje para cada lectura. El espectro se registró en el rango de 400 a 2500 nm, con una resolución de 0,5 nm, 49 escaneos por muestra y por duplicado. El espectrómetro Vis-NIR se conectó a una computadora con el software ISISCAN NOVA™ (FOSS) para la adquisición de los espectros. Luego se utilizaron otros dos softwares uno para la exportación de los espectros (MOSAIC™ FOSS), y otro para la predicción de las muestras (WinISI III FOSS) utilizando el modelo de calibración desarrollado por el laboratorio de calidad de forrajes y NIRS de la Estación Experimental INTA Anguil La Pampa (Juan et al., 2016). Los resultados se informaron en base seca, el valor de proteína se llevó a kg ha⁻¹ mediante la relación del porcentaje de proteína y la MS en kg ha⁻¹.

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue mediante el análisis de la varianza (ANOVA) con el software INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2020). La comparación de medias de tratamientos fue analizada por el Test de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0,10 \%$.

RESULTADOS

Precipitaciones y temperatura

Las precipitaciones registradas durante el período de crecimiento y el invierno posterior fueron 286 mm inferiores al promedio de los últimos 104 años registrados en la región (641 mm). La distribución mensual de las mismas no se correspondió con el promedio de los últimos 10 años (fuente datos propios de registros de precipitaciones AER Guatraché). En el mes de septiembre 2023, se registraron 7 mm de lluvia, mientras que la media mensual para la zona es de 53 mm. En diciembre de 2023, las lluvias superaron en un 157 % al promedio de los últimos 10 años (172 vs 67 mm). Entre noviembre de 2023 y enero de 2024, las precipitaciones fueron escasas, registrándose un 60 % por debajo del promedio. En febrero de 2024 se registraron 79 mm, un aumento del 12 % con respecto a la media de los últimos 10 años. Los meses de marzo y abril de 2024 también

registraron precipitaciones por debajo del promedio, con déficits del 56 y 27 %, respectivamente (Figura 2).

Desde el momento de fertilización hasta el primer corte las precipitaciones fueron 186 mm, mientras que entre el primer y segundo corte se registraron 81 mm, y entre el segundo y tercer corte 93 mm, sumando un total de 360 mm.

Las temperaturas medias mensuales registradas durante la primavera fueron entre 11 y 22 °C, similares a las registradas en los últimos 10 años (Fuente EEA INTA Bordenave) (Figura 3).

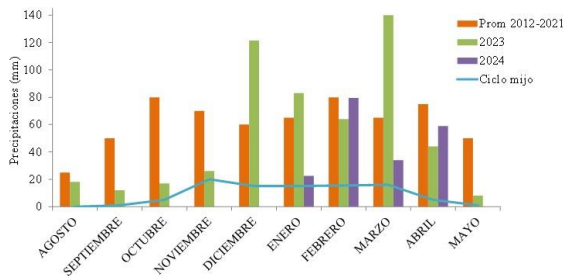


Figura 2. Precipitaciones ocurridas en el período de evaluación de octubre 2023 a mayo 2024 y producción media mensual de materia seca (porcentaje) de la pastura de mijo perenne. Fuente: datos de lluvia registrados por productor de Jacinto Arauz.

Figure 2. Precipitation occurred in the evaluation period from October 2023 to May 2024 and average monthly dry matter production (percentage) of the perennial millet pasture. Source: rainfall data recorded by Jacinto Arauz producer.

Durante el verano, las temperaturas estuvieron levemente por encima de la media, con aumentos de entre 1 y 2 °C, mientras que en otoño se situaron cerca del promedio.

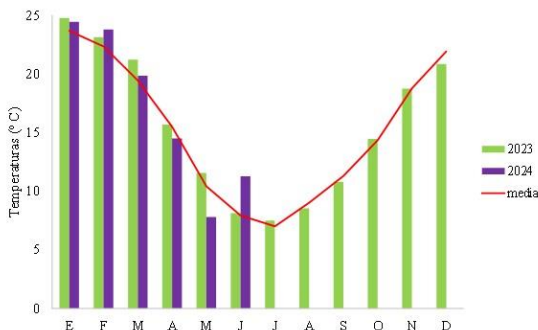


Figura 3. Temperaturas medias ocurridas en el período de evaluación de octubre 2023 a mayo 2024 y media mensual en los últimos 10 años. (Fuente: Estación meteorológica EEA INTA Bordenave).

Figure 3. Average temperatures that occurred in the evaluation period from October 2023 to May 2024 and monthly average in the last 10 years. (Source: EEA INTA Bordenave meteorological station).

Productividad y calidad

La fertilización con N tuvo un efecto significativo en la materia seca (MS) de la pastura en el II y III corte (Tabla 2). En el II corte, la máxima producción se registró en el tratamiento N80, con 801 kg ha⁻¹, lo que representó un 60 % más de biomasa en comparación con el tratamiento T. En el III corte, el tratamiento N40+P logró la mayor producción de biomasa, con un incremento del 70 % en MS respecto al tratamiento T, seguido por el tratamiento N80, que alcanzó una producción de 637 kg ha⁻¹ (Tabla 2). El tratamiento N40+P alcanzó la producción máxima de 856 kg ha⁻¹, mostrando diferencias estadísticas significativas en comparación con los tratamientos T, P y N40.

En cuanto a las variables relacionadas con la calidad de la pastura, se registraron valores medios PB entre 6 % y 12 %, y de DMS entre 58 % y 63 % en los tres cortes (Tabla 2). En el I corte, la fertilización tuvo un efecto significativo ($p < 0,01$) en la PB, con un valor máximo de 11 % en el

tratamiento N40+P, un 32 % superior al tratamiento T. En el II y III corte no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, se observó una tendencia hacia un mayor valor de PB en el tratamiento P en el II corte. En el III corte, el tratamiento N40+P volvió a alcanzar un valor máximo de 11 %, superando en un 24 % al tratamiento T (Tabla 2).

En el análisis de la tasa de crecimiento (TC), se observó un comportamiento similar entre los tratamientos en los tres cortes realizados a la pastura (Tabla 2). En el II corte, el tratamiento 80N mostró un efecto significativo en la TC ($p < 0,10$), con un valor de $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, que fue un 60 % superior al del tratamiento P, que registró $12 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. En el III corte, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos N40 ($5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y N40+P ($13 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) (Tabla 2).

Tabla 2. Producción y calidad del mijo perenne en los tres momentos de corte realizados durante el ensayo para los distintos tratamientos de fertilización.

Table 2. Production and quality of perennial millet at the three cutting moments carried out during the trial for the different fertilization treatments.

Corte	Tratamientos						
	T	P	N40	N40+P	N80	N80+P	p valor
I	MS (kg ha^{-1})	2507 a	1760 a	3276 a	2935 a	3160 a	0,19
	PB (%)	7,4 a	8 ab	8,8 abc	11,4 d	10,6 cd	0,03
	DMS	59 a	60 a	60 a	62 a	60 a	0,66
	TC ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	26 a	21 a	38 a	34 a	34 a	0,19
II	MS (kg ha^{-1})	502 a	558 ab	653 abc	520 ab	801 c	0,07
	PB (%)	8,8 a	11,6 a	10,6 a	10,7 a	8,2 a	0,18
	DMS	59 a	61 a	60 a	61 a	61 a	0,17
	TC ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	10 a	12 ab	13 ab	10 a	16 b	0,05
III	MS (kg ha^{-1})	503 ab	371 a	355 a	856 c	637 bc	0,01
	PB (%)	5,7 a	6,9 a	6,9 a	10,7 a	7,3 a	0,58
	DMS	58 a	60 a	60 a	63 a	60 a	0,53
	TC ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	8 abc	6 ab	5 a	13 c	10 abc	0,01

I, primer corte. II, segundo corte. III, tercer corte. MS, materia seca expresada en kg ha^{-1} . PB, proteína bruta en %. DMS, digestibilidad de la materia seca en %. TC, tasa de crecimiento expresada en $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. T, tratamiento de fertilización testigo. P, tratamiento de fertilización con 10 kg P ha^{-1} . N40, tratamiento con 40 kg N ha^{-1} . N40+P, tratamiento con 40 kg N ha^{-1} y 10 kg P ha^{-1} . N80, tratamiento con 80 kg N ha^{-1} . N80+P, tratamiento con 80 kg N ha^{-1} y 10 kg P ha^{-1} . Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,10$) dentro de cada corte.

I, first cutting. II, second cutting. III, third cutting. MS, dry matter expressed in kg ha^{-1} . PB, crude protein in %. DMS, dry matter digestibility in %. TC, growth rate expressed in $\text{kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$. T, control fertilization treatment. P, fertilization treatment with 10 kg P ha^{-1} . N40, treatment with 40 kg N ha^{-1} . N40+P, treatment with 40 kg N ha^{-1} and 10 kg P ha^{-1} . N80, treatment with 80 kg N ha^{-1} . N80+P, treatment with 80 kg N ha^{-1} and 10 kg P ha^{-1} . Different letters indicate significant differences ($P < 0.1$) within each cutting.

En el análisis de la EUAp en el I y II corte no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, con valores en promedio de $14 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para el corte I y $7 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para el II corte. En el III corte se obtuvo diferencias estadísticas ($p < 0,01$) con valores mínimos de 4 con los tratamientos T y N40 y los valores máximos fueron de 8 y $9 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en los tratamientos N80P y N40P.

La EUN, mostró diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización en ninguno de los cortes analizados. Los valores obtenidos fueron de 0 a $10 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ kg N}^{-1}$ en el I corte, de 0 a $5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ kg N}^{-1}$ en el II corte y de 0 a $9 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ kg N}^{-1}$ en el III corte.

Producción y calidad: acumulada (MSAC) y total diferida (MSTD)

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la MSAC de la pastura ($p < 0,10$). Todos los tratamientos fertilizados mostraron un efecto positivo significativo en comparación con los tratamientos T y P. El valor máximo se obtuvo con el tratamiento N80, que alcanzó 4598 kg ha^{-1} , con diferencias significativas respecto al tratamiento P, que registró 2377 kg ha^{-1} (Figura 4). La respuesta a la fertilización en la producción de biomasa fue mayor durante el ciclo de

crecimiento (MSAC) en comparación con la MSTD. En este sentido, la respuesta en biomasa en cada tratamiento fue del 17 % en T, 51 % en el tratamiento P, 59 % en el tratamiento N80+P y del 13 % en el tratamiento N80+P. En el tratamiento N40+P, los valores de biomasa fueron similares en la MSAC y la MSTD, mientras que en el tratamiento N40+P se obtuvo mayor biomasa (12 %) en la MSTD. La máxima respuesta en la MSAC se obtuvo con el tratamiento de 80N, mientras que en la MSTD se alcanzó con el tratamiento N40+P (4269 kg ha⁻¹). El efecto de la fertilización sobre la MSAC mostró incrementos en la producción respecto a los testigos (T y P). Esto concuerda con Ferri (2010), quien demostró que la fertilización aumentó la concentración del nitrógeno en el forraje con mayor frecuencia de cortes. La MSAC fue 14 % mayor en comparación a la MSTD, poniendo en evidencia el efecto favorable del uso de la pastura en su ciclo de crecimiento. En este estudio, no se observaron diferencias significativas en la TC en la MSAC y la MSTD. Sin embargo, la TC en la MSAC fue un 14 % mayor que la registrada en la MSTD. La baja TC de la pastura, con valores de 14 a 22 unidades en la MSAC y de 12 a 20 unidades en la MSTD, podría deberse a la escasez de precipitaciones sumado al corto período de evaluación del ensayo.

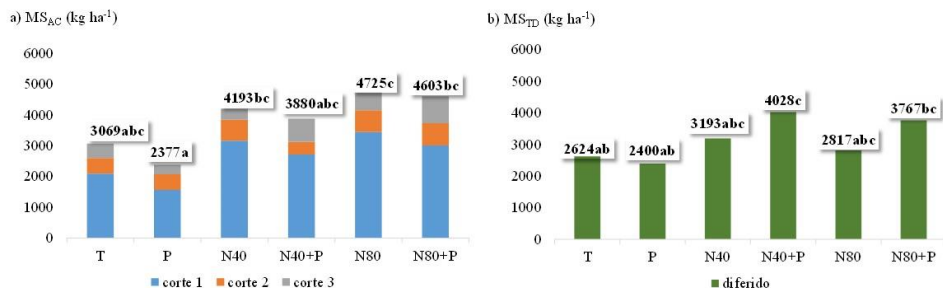


Figura 4. Producción de a) materia seca acumulada (MSAC kg ha⁻¹) y b) materia seca total diferida (MSTD kg ha⁻¹); en los tratamientos: T, P, N40, N40+P, N80 y N80+P para los tres cortes realizados en la pastura durante el período evaluado. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$).

Figure 4. Production of a) accumulated dry matter (MSAC kg ha⁻¹) and b) deferred total dry matter (MSTD kg ha⁻¹); in the treatments: T, P, N40, N40+P, N80 and N80+P for the three cuts made in the pasture during the evaluated period. Different letters indicate significant statistical differences ($p < 0,10$).

En cuanto a la EUAp, en la MSAC se observó diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización, con valores mínimos de 4 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹ en los tratamientos N40 y P respecto a los valores más altos encontrados en el tratamiento N40P (9 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹) ($p < 0,01$; EE 1,01), mientras que, en la MSTD no se observó diferencias significativas ($p > 0,26$; EE 2,41) entre los tratamientos con valores entre 7 y 11 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹.

Respecto a la EUN no se observó diferencias significativas en la MSAC ni en la MSTD. El valor máximo obtenido fue con el tratamiento de 40N+P con un valor de 37 kg MS kg N⁻¹) en la MSAC y de 41 kg MS kg N⁻¹ en la MSTD y los valores mínimos fueron con el tratamiento 80 N con un valor de 21 kg MS kg N⁻¹ en la MSAC y de 2 kg MS kg N⁻¹ en la MSTD.

El contenido de proteína obtenido en los tratamientos diferidos en promedio fue de 4 %, mientras que en los tratamientos sin diferir fue del 7 % con un máximo de 11 % con diferencias significativas entre sí. Se analizó el contenido de proteína expresado en kg ha⁻¹ de la MSAC respecto a la MSTD y se observó un 9 % menos de PB kg ha⁻¹ en todos los tratamientos de fertilización en el forraje diferido (MSTD) respecto a la MSAC (Figura 5).

En cuanto a la DMS se obtuvieron valores promedio para la MSAC de 60 % mientras que en la MSTD fue menor con un valor medio del 56 %.

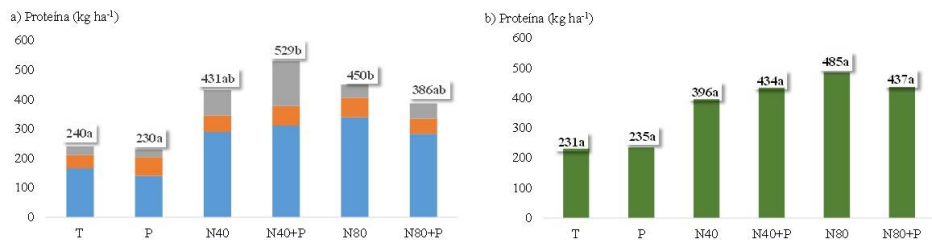


Figura 5. Proteína (kg ha^{-1}) en los tratamientos con diferentes combinaciones de fertilización con N y P en: a) la MSAC (materia seca acumulada) y b) la MSTD (materia seca total diferida incluida la fecha y producción del primer corte). Letras indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$).

Figure 5. Protein (kg ha^{-1}) in treatments with different combinations of N and P fertilization in: a) the MSAC (accumulated dry matter) and b) the MSTD (deferred total dry matter including the date and production of the first cut). Letters indicate significant statistical differences ($p < 0,10$).

Respecto a la EUAp, se observó que en la MSAC la máxima eficiencia en producción fue de $13 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en el tratamiento N80 y la mínima eficiencia fue de $7 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en el tratamiento P, mientras que en MSTD los valores fueron de $11 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ y de $7 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ en los tratamientos N40+P y P respectivamente.

DISCUSIÓN

Precipitaciones y temperatura

Las precipitaciones registradas durante el período del ensayo fueron 185 mm inferiores al promedio para el mismo período. A pesar de que en diciembre de 2023 y entre enero y marzo de 2024 las lluvias superaron la media, la distribución irregular afectó la producción de biomasa. Durante la etapa de mayor crecimiento del mijo perenne, a mediados de octubre y noviembre, las precipitaciones fueron escasas. Las lluvias de diciembre de 2023, después de la prolongada sequía, favorecieron el rebrote de la gramínea, lo que permitió realizar el primer corte a mediados de enero.

La baja capacidad de retención del agua en el suelo, debido a la presencia del manto calcáreo a los $0,60 \text{ m}$ de profundidad, representa una limitante para el almacenamiento del agua en el perfil del suelo. En trabajos realizados en Villa Mercedes, San Luis, se ha observado una reducción progresiva de los rendimientos de las pasturas que no es explicada por las precipitaciones, sino atribuida a la baja disponibilidad de nutrientes edáficos (Veneciano, 2006).

Las temperaturas registradas durante el estudio fueron superiores a la media posiblemente favorecieron los procesos de evaporación del agua del suelo.

Productividad y calidad

Los resultados de este estudio son inferiores a lo normalmente obtenido en la zona, ya que el mijo perenne ofrece un alto potencial de producción, de 4000 a $5000 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ con buena calidad y palatabilidad, aún mediante su uso como diferido en el invierno (Paredes y Lerh, 2019). A partir de febrero la producción declina hasta que las heladas detienen su crecimiento.

Los valores de PB obtenidos en este trabajo fueron inferiores a los reportados por Paredes y Lerh (2019), para el mes de diciembre (14%), probablemente debido a las escasas precipitaciones ocurridas en el período de crecimiento activo de la pastura. Sin embargo, los valores de digestibilidad que rondaron el 60% , fueron similares a los obtenidos por Paredes y Lerh (2019) en la misma zona. En general, las gramíneas megatérmicas tienen una calidad nutricional inferior a las gramíneas templadas, no obstante, es posible incrementar el contenido de PB mediante la fertilización con nitrógeno y un manejo adecuado de la defoliación (Paredes, 2015). El porcentaje promedio de proteína en el forraje de gramíneas megatérmicas, cuantificada a través de la

evaluación de un gran número de especies, es entre 4 y 6 puntos porcentuales menor que en especies templadas (Minson, 1990).

En el análisis de la tasa de crecimiento, en este estudio se observó un comportamiento similar entre los tratamientos en los tres cortes realizados a la pastura. En el II corte, el tratamiento N80 fue un 60 % superior al del tratamiento P. En el III corte, el tratamiento N40 con un 61 % inferior respecto al tratamiento N40+P. Tales resultados concuerdan con trabajos realizados en La Pampa, en donde se observó una respuesta positiva de *Panicum coloratum* a la aplicación de fertilizantes con mayor acumulación de materia seca al incrementar la dosis de nitrógeno (Alonso et al., 2021) y a otros estudios realizados en otros países en donde se obtuvo una respuesta positiva de esta especie a la fertilización nitrogenada (Rudmann et al, 2001). Otros estudios mostraron que el mijo perenne presenta plasticidad fenotípica a la defoliación (Jouve y Ferri, 2021). Cornacchione et al. (2008) encontraron respuesta positiva a la fertilización nitrogenada para la producción de materia seca para otras megatérmicas con dosis de 69 kg ha⁻¹ de nitrógeno, mientras que en dosis de 46 kg ha⁻¹ no hubo diferencia significativa.

En cuanto a la fertilización fosforada, en este trabajo se observó similar comportamiento a lo reportado por Insausti (2016), quien observó un rápido aprovechamiento del nutriente N en el primer corte, no ocurriendo lo mismo con el nutriente P, donde no se observaron diferencias significativas, posiblemente debido a su lenta disolución al quedar en superficie, y posterior liberación en el suelo.

En cuanto al análisis de la EUAp en el III corte los tratamientos T y N40 fueron un 55 % más bajos respecto a los tratamientos N80P y N40P.

Respecto a la EUN, en este estudio no se observó diferencias entre los tratamientos de fertilización. Sin embargo, otros estudios realizados en *Panicum coloratum* L. var *coloratum* mostraron que la aplicación de N incrementó la longitud final de la lámina foliar, la tasa de aparición de hojas, la acumulación de lámina foliar, biomasa aérea y longitud del pseudotallo/tallo. Asimismo, demostraron que la eficiencia de uso fisiológico de N aumentó en 1,4 veces en N120 en comparación con el tratamiento N40 (Alonso et al., 2021).

Producción y calidad: acumulada (MSAC) y total diferida (MSTD)

La disponibilidad de nitrógeno es una de las limitantes más importantes en la producción de pasturas en la zona semiárida, independientemente de la posibilidad que algunas de ellas respondan a fósforo (Lauric et al., 2019). En este sentido se encontró que en los tratamientos con N y P la TC fue 63 % superior en la MSAC y del 54 % superior en la MSTD respecto al T. En este trabajo, los valores de PB de la MSTD fueron inferiores al valor mínimo reportado por Minson (1990). Tal resultado podría deberse a que la cantidad de forraje acumulado aumenta con la duración del período de clausura al pastoreo, pero su calidad nutricional y el consumo diario animal disminuyen (Ferri et al., 2011), ya que a medida que avanza la edad del forraje disminuye su foliosidad y aumenta la relación tallo:hoja. Los tallos presentan calidad nutritiva más baja que las hojas, especialmente en forraje maduro (Minson, 1990). La defoliación del forraje puede atenuar la disminución del valor nutritivo del mismo al limitar la elongación de los tallos, aunque esto no impide una moderada disminución en la digestibilidad y el contenido de proteína bruta respecto al rebrote primaveral (De León, 2005). Sin embargo, la defoliación severa después de marzo resulta en rebrote primaveral pobre, reducción del vigor de la mata, eventual pérdida de plantas y, en consecuencia, mayor ocupación del suelo por parte de las malezas (Paredes, 2015). Un estudio demostró que la fertilización, tanto nitrogenada como fosforada, de una pastura de *Panicum coloratum* implantada sobre suelos halomórficos de la Pampa Deprimida generó un leve incremento en la cobertura total del suelo como también en la acumulación de biomasa total (Insausti, 2016).

En cuanto a la EUAp se observó que, con los cortes realizados durante el ciclo de la pastura, la eficiencia en producción de MS fue un 20 % superior respecto a la eficiencia de la MSTD, independientemente del tratamiento de fertilización. Por lo expuesto, las pasturas perennes

megatérmicas representan una alternativa viable para la producción ganadera en ambientes marginales como es el Sudeste de La Pampa.

CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada produjo respuestas positivas en la producción de forraje.

La dosis de 80 kg N ha⁻¹ resultó ser la más efectiva durante su ciclo de crecimiento (MSAC). Para el forraje diferido, la combinación de 40 kg N ha⁻¹ + P demostró ser la mejor estrategia.

La fertilización nitrogenada mejoró la calidad del forraje, con mayores % de PB en los tratamientos que sólo recibieron N.

Si bien los resultados son preliminares, la combinación de fertilización con N y P es una estrategia viable para incrementar la producción y calidad del mijo perenne en el Sudeste de La Pampa.

Para un próximo estudio se debería considerar la ocurrencia de las precipitaciones en cuanto a momento para decidir el momento óptimo para fertilizar principalmente con N. A fin de generar más información acerca de la producción de forraje y su calidad, se prevé continuar con la experiencia de modo tal de lograr establecer este sitio como “Nodo” de larga duración para acumular efectos de manejo y evaluar además el impacto de los distintos tratamientos de fertilización sobre la calidad edáfica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con la financiación del Proyecto Estructural 001 INTA “Ganadería bovina sostenible en el semiárido del centro oeste argentino” y el proyecto regional PE 009. Los autores agradecen a la familia Grand por facilitar el sitio del ensayo; a las cooperativas Atreuco Macachín y Agrícola Agropecuaria sucursal Guatraché por el fertilizante; al laboratorio de suelo y agua de la EEA INTA Anguil por el análisis de las muestras de suelo; al Dis. Gráf. Francisco Etchart por la elaboración del mapa y a los técnicos de la AER Guatraché por su colaboración en la realización del ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A., Trelles, L. E., Jouve, V. V. y Ferri, C. M. (2021). Alonso, A., Trelles, L. E., Jouve, V. V. y Ferri, C. M. (2021). Fertilización nitrogenada en *Panicum coloratum* L. var *coloratum*: dinámica foliar, macollaje, partición de la biomasa y concentración de nitrógeno. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(2), 189-197. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v47n2/0325-8718-RIA-47-02-00189.pdf>
- Blain, G. y Ruiz, M. (2024). Evaluación de la frecuencia de defoliación en especies megatérmicas en la región semiárida. En: Información técnica N°203. Plataforma interregional de innovación territorial (PIT) Semiárido central 2020-2024. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/19019>
- Bray, R. H. & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59(1), 39-45.
- Cabo, S. E., Ruiz, M. D. L. A. y Rossi Fraire, M. E. (2021). Sistematización del proceso de adopción tecnológica de *Panicum coloratum* en la región del caldenal pampeano. EEA Anguil, INTA. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/9608/INTA_CRLaPampaSanLuis_EEAAnquil_Cabo_S._Sistematizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20adopci%C3%B3n%20tecnologica%20de%20Panicum%20Coloratum.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cornacchione, M. V. y Sánchez, M. C. (2008). *Efecto de la fertilización líquida en pasturas subtropicales en el sudeste santiagueño*. Proyecto Regional Llanura chaqueña Oeste. INTA.
- De León, M. (2005). *Cómo mejorar la ganadería subtropical con pasturas megatérmicas*. cuadernillo clásico de forrajes. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/136-subtropical_2.pdf
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2020). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Durand, J. L., González Dugo, V., & Gastal, F. (2010). How much do water deficits alter N nutrition status of forage crops? *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 88, 231-243.
- Ehleringer, J. R., Cerling, T. E., & Helliker, E. R. (1997). C4 photosynthesis, atmospheric CO₂ and climate. *Oecologia*, 112, 285-299.

- Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Advances in Agronomy*, Academic Press, 88, 97-185. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)
- Ferri, C. M. (2011). The seasonal and inter annual patterns of biomass accumulation and crude protein in kleingrass (*Panicum coloratum*) in the semiarid Pampean region of Argentina. *Ciencia e Investigación Agrícola* (Chile), 38, 191-198. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071816202011000200003&script=sci_abstract&tlng=en
- Ferri, C. M. y Jouve, V. V. (2007). Efectos del intervalo de corte y la fertilización nitrogenada en *Panicum coloratum* L. cv Verde. APPA - ALPA - Cusco, Perú. https://www.academia.edu/28379354/Efectos_del_intervalo_de_corte_y_la_fertilizaci%C3%B3n_nitrogenada_en_Panicum_coloratum_L_cv_Verde_Cutting_interval_and_nitrogen_fertilization_effects_in_Panicum
- Ferri, C., Jouve, V. V., & Sáenz, A. M. (2017). Defoliation management of kleingrass (*Panicum coloratum* L. var *coloratum*) cv Verde. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 86, 190-198.
- Frigerio, K. L., Blanco, E. M., Privitello, J. M. L., Panza, A. A. y Frasinelli, C. A. (2016). Curva de dilución e índice de nutrición nitrogenada para *Digitaria eriantha* cv. Irene bajo diferentes regímenes de agua y nitrógeno. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(2), 175-185. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142016000200010&lng=es&tlng=es
- Insausti, M. (2016). Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la acumulación de biomasa de pasturas de *Panicum coloratum* implantadas sobre suelos hidro-halomórficos de la Pampa Deprimida (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M. R., & Dashtaki, M. (2013). Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural water management*, 117, 62-69.
- Juan, N. A., Ortiz, D. A. y Ruiz, M. de los A. (2016). Análisis de calidad de gramíneas forrajeras perennes de ciclo otoño-inverno-primaveral con tecnología NIRS. *Revista de la Asociación Argentina de Producción Animal*, 36(Supl.), 189-293, 229. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/772>
- Jouve, V. y Ferri, C. (2021). Respuesta del área foliar específica de *Panicum coloratum* L. con diferente manejo de la defoliación. *Semiárida*, 31(2), 63-70. [https://doi.org/10.19137/semiaria.2021\(02\).63--70](https://doi.org/10.19137/semiaria.2021(02).63--70)
- Krüger, H., Zilio, J., Frolla, F., Lauric, A., De Leo, G., INTA, C. y Bordenave, E. E. A. (2019). Fertilización y escarificación de pasturas perennes en un ambiente semiárido. https://www.researchgate.net/publication/340633886_Fertilizacion_y_escarificacion_de_pasturas_perennes_en_un_ambiente_semiarido
- Lauric, A., C. Torres Carbonell, G. De Leo, A. Marinissen, C. Cerdá, y S. Carrasco. (2016). *Guía práctica para la implantación de las principales pasturas perennes en zona semiárida* (Pdos. de Bahía Blanca y Cnel. Rosales): Pasto llorón (*Eragrostis Curvula*) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*), Agencia de Extensión Bahía Blanca-Cnel. Rosales, INTA EEA Bordenave.
- Lauric, A., De Leo, G. y Torres Carbonell, C. (2018). Resultados de implantación de pasturas perennes dentro de una estrategia de extensión para la adopción de tecnologías sustentables en ambientes semiáridos, 2005-2007 (Pdos Bahía Blanca y Coronel Rosales, Buenos Aires). Congreso de la Asociación Argentina de Extensión Rural.
- Lauric, A., De Leo, G., Torres Carbonell, C. y Krüger, H. (2019). Fertilización nitrogenada creciente en agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en dos sitios dentro del sudoeste bonaerense semiárido. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bordenave_fertilizacion
- Labarthe, F. S., Pelta, H. R. y Bordenave, I. T. E. (2009). Introducción básica a la fotosíntesis y características de especies forrajeras megatérmicas. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/143-caracteristicas_forrajeras_megatermicas.pdf
- Minson, D. J. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press, San Diego, California, U.S.A.
- Mousel, E. M., Schacht, W. H., Zanner C. W. & Moser L. E. (2005). Effects of summer grazing strategies on organic reserves and root characteristics of big bluestem. *Crop Science*, 45, 2008-2014.
- National Research Council. (1973). *Necesidades nutritivas del ganado vacuno de carne*. National Research Council. 1ª edición. Ed. Hemisferio Sur.
- Paredes, S. (2015). Evaluación de biomasa aérea y subterránea en pasturas megatérmicas creciendo con limitaciones edáficas en la región pampeana semiárida. [Tesis maestría]. Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2502>
- Paredes, S. S., Stritzler, N. P., Bono, A., & Distel, R. A. (2018). Perennial warm-season grass monocultures and mixtures: Biomass production and soil improvement in semiarid and shallow soil conditions, *Journal of Arid Environments*, 154, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.02.008>
- Paredes, S. y Lerh, F. (2019). *Mijo perenne En: Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa*. Ediciones INTA Anguil. 8, 37-39. <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/6054>

- Pesqueira, J. (2017). Producción de biomasa, cobertura y calidad forrajera de *Chloris Gayana* y *Panicum Coloratum* en un suelo alcalino sódico de la Depresión del Salado. *Revista de investigaciones agropecuarias* (RIA), 43(3), 231-238. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S16693142017000300007&script=sci_arttext
- Petruzzi, H. J., Stritzler, N. P., Adema, E. O., Ferri, C. M. y Pagella, J. H. (2003). Mijo perenne-*Panicum coloratum*. EEA Anguil INTA. https://fucreea.org/system/comfy/cms/files/files/000/001/400/original/MIJOPE_1.PDF
- Petruzzi, H. J., Castro, M., González, H., Stritzler, N. y Ruiz, M. (2005). Efecto de la fecha de cosecha y la fertilización sobre la producción de semillas en *Panicum virgatum* (pp. 451- 453). XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal.
- Rossi Fraire, M. E. y Ruiz, M. A. (2015). Mijo perenne en la provincia de La Pampa. *Revista Horizonte Agropecuario Pampeano-Puntano* N°107, 10, INTA EEA Anguil y EEA San Luis.
- Rudmann, S. G., Milham, P. J. y Conroy, J. P. (2001). Influence oh High CO₂ Partial Pressure on Nitrogen Use Efficiency ok the C4 Grasses *Panicum coloratum* and *Cenchrus ciliaris*. *Annals of Botany*, 88, 571-577.
- Scherger, E. D. (2020). Dinámica de macollaje, acumulación de material seco y patrón de enraizamiento de *Panicum coloratum* L. en respuesta a la defoliación [Tesis maestría], Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7211/atpschdin020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Stritzler, N. P. y Petruzzi, H. J. (2005). *Las gramíneas perennes estivales y su impacto productivo en la región pampeana semiárida*. Seminario técnico: Forrajes 2005, (pp. 99-116). Editorial INTA.
- Stritzler, N. P., Petruzzi, H. J., Frasinelli, C. A., Veneciano, J. H., Ferri, C. M. y Viglizzo, E. F. (2007). Variabilidad climática en la Región Semiárida Central Argentina. Adaptación tecnológica en sistemas extensivos de producción animal. *Revista Argentina Producción Animal*, 27,111-123.
- Tadesse, B., Tolemariam, T. & Hassen, W. (2022). Effect of different levels of biochar and inorganic fertilizer application on the growth of two grass species (*Chloris gayana* and *Panicum coloratum*). *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 13(1), 1-11.
- Torres Carbonell, C. A. y A. Marinissen. (2010). Pasturas perennes megatérmicas en la región de Bahía Blanca. Hoja técnica N° 13, Agencia de Extensión INTA Bahía Blanca y Coronel Rosales, EEA INTA Bordenave.
- Veneciano, J. H. (2006). Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos: Características y productividad. Información técnica N° 171, 84. EEA INTA San Luis.
- Walkey, A., & Black, I. (1934). An examination of the Degtjareff method for the determining soil organic matter and proposed modification of the chromic titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Wentworth, T. R. (1983). Distribution of C4 plants along environmental and compositional gradients in southeastern Arizona. *Vegetation*, 52, 21-34.