

Fertilización nitrogenada en pasto pangola (*Digitaria eriantha* S.) bajo densidades diferentes de siembra

Nitrogen fertilization in pangola (*Digitaria eriantha* S.) grass under different sowing densities

Anadelia Antonio-Medina¹ , Sergio Iban Mendoza-Pedroza^{1*} , Eusebio Ortega-Jiménez² ,
Javier Francisco Enríquez-Quiroz³ , José Guadalupe Herrera-Haro¹ , Glafiro Torres-Hernández¹ , Aurelio Morales Rivera⁴ 

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera. Carretera México-Tezcoco km 36.5, CP. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa de Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, CP. 91700. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.

³Campo Experimental, La Posta-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba km. 22.5, CP. 94277. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz, México.

⁴Instituto Tecnológico Superior De Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas. CP. 95670. Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: sergiomp@colpos.mx

Artículo científico

Recibido: 30 de marzo 2024

Aceptado: 11 de abril 2025

RESUMEN. Las implementaciones de prácticas agrícolas incrementan los rendimientos, la calidad y el contenido nutricional de las gramíneas que son fundamentales para satisfacer la demanda alimentaria animal. El objetivo fue evaluar el rendimiento y composición química del zacate pangola, bajo densidades de siembra (DS) y niveles diferentes de fertilización nitrogenada (DFN), en suelos ácidos. Se estableció un arreglo factorial de 3 x 5 en parcelas divididas; con tres repeticiones. Parcela grande DS: 1 500, 2 000, 2 500 kg MV ha⁻¹ y parcela chica niveles de DFN: 0, 50, 100, 208, 300 kg N ha⁻¹. Se evaluaron variables: cosecha [altura de planta (ALT), forraje verde kg (PV), forraje seco g, kg y t (MSg, MSkg, MSt) y un análisis proximal: [ceniza (Cnz), humedad (Hum), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC), fibras detergentes neutro y ácido (FDN, FDA), sílice (SI) y lignina detergente ácido (LDA)]. Se efectuó un análisis de varianza, pruebas de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) y un análisis de regresión múltiple, con el software SAS. Los mayores rendimientos en MS (5.6 t ha⁻¹) en DS2500 kg MV ha⁻¹ y DFN208-300 kg N ha⁻¹. El contenido de PC se incrementó en DS2500 kg MV ha⁻¹ y DFN208 kg N ha⁻¹, mientras que EE fue mayor DFN100 kg N ha⁻¹. Se concluye que la combinación de DS2500 kg MV ha⁻¹ y DFN208 kg N ha⁻¹ mejora el rendimiento y la calidad nutricional del zacate pangola, en suelos ácidos.

Palabras clave: *Digitaria eriantha* Steud., suelos ácidos, análisis proximal, gramíneas, lignina, proteína cruda.

ABSTRACT. The implementations of agricultural practices increase the yields, quality and nutritional content of grasses that are essential to satisfy animal food demand. The objective was to evaluate the performance and chemical composition of pangola grass, low planting densities (DS) and different levels of nitrogen fertilization (DFN), in acidic soils. A 3 x 5 factorial arrangement was initiated in divided plots; with three repetitions. Large plot DS: 1 500, 2 000, 2 500 kg MV ha⁻¹ and small plot DFN levels: 0, 50, 100, 208, 300 kg N ha⁻¹. Variables were evaluated: harvest [plant height (ALT), green forage kg (PV), dry forage g, kg and t (MSg, MSkg, MSt) and a proximal analysis: [ash (Cnz), humidity (Hum), extract ethereal (EE), crude protein (CP), neutral and acid detergent fibers (NDF, FDA), silica (SI) and acid detergent lignin (LDA)]. An analysis of variance, Tukey mean tests ($\alpha \leq 0.05$) and a multiple regression analysis were carried out with SAS software. The highest DM yields (5.6 t ha⁻¹) in DS2500 kg MV ha⁻¹ and DFN208-300 kg N ha⁻¹. The CP content increased in DS2500 kg MV ha⁻¹ and DFN208 kg N ha⁻¹, while EE was higher in DFN100 kg N ha⁻¹. It is concluded that the combination of DS2500 kg MV ha⁻¹ and DFN208 kg N ha⁻¹ improves the yield and nutritional quality of pangola grass in acidic soils.

Keywords: *Digitaria eriantha* Steud, acid soils, proximal analysis, grasses, lignin, crude protein.

Como citar: Antonio-Medina A, Mendoza-Pedroza SI, Ortega-Jiménez E, Enríquez-Quiroz JF, Herrera-Haro JG, Torres-Hernández G (2025) Fertilización nitrogenada en pasto pangola (*Digitaria eriantha* S.) bajo densidades diferentes de siembra. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(1): e4120. DOI: 10.19136/era.a12n1.4120.

INTRODUCCIÓN

La productividad de los pastos puede ser manejada de forma estratégica desde la siembra, para incrementar rendimientos y contenidos nutricionales (Ngoune y Shelton 2020). No obstante, en el suelo los elementos químicos, no siempre, están, en cantidad suficiente o disponibles para la planta, lo que justifica la implementación de prácticas agronómicas para mejorar la producción y calidad del forraje entre ellas la aplicación de fertilizantes (Delevatti *et al.* 2019, Marques *et al.* 2020). En estudios previos con zacate pangola (*Digitaria eriantha* Steud) indican que la fertilización nitrogenada aplicada en dos estaciones, primavera y otoño, se incrementó la movilización de los carbohidratos (Carreira *et al.* 2023), pero para regiones tropicales es más recomendable en verano, con dosis que van de 50 hasta 500 kg N ha⁻¹ año⁻¹, porque al moverse los carbohidratos lo hacen, de la raíz al los tallos, formando nuevos brotes y hojas; por lo que, en la época de suficiente humedad en el suelo, este (N) será más asimilable por la planta a través de la raíz; mientras que a nivel nutricional, se genera mayor rendimiento de materia seca y proteínas (Delevatti *et al.* 2019, Leite *et al.* 2021), pero hay una disminución en los niveles de pectina y hemicelulosa, pero no de celulosa (Berça *et al.* 2021, Gimenes *et al.* 2023). El valor nutritivo de los pastos se incrementa, en las primeras etapas de crecimiento, decae a medida que la planta se acerca a la madurez fisiológica y fase de senescencia (Balehegn *et al.* 2021).

En la dinámica del crecimiento y la senescencia *Digitaria eriantha* Steud, puede alcanzar diferentes alturas y ser cosechado en dos épocas; seca y lluvias, en la época seca, hay incremento de producción de tallos, con menor altura, por lo que, no logra expresar todo el potencial productivo, esto también está relacionado con factores de nutrición, agua, luz y temperatura, cuando estos son óptimos alcanzan una acumulación mayor del forraje (Gusmão *et al.* 2020). Mientras que Carreira *et al.* (2023), sugieren que el valor alimenticio de una pastura, está en función de la ingesta voluntaria del animal y esto determina la respuesta productiva para una unidad animal, por la cantidad de nutrientes presentes en la pastura como los valores contenidos en zacate pangola que en promedio tienen: proteína cruda (PC) 7.9%, fibra detergente ácida (FDA) 46.6%, fibra detergente neutra (FDN) 69.5%, lignina detergente ácida (LDA) 5%, extracto etéreo (EE) 2% y materia seca (MS) entre 10 y 50%. Todo en función a la cantidad de energía solar que las hojas reciben para realizar la fotosíntesis, donde el dióxido de carbono CO₂ es transformado e integrado a la planta en forma de carbohidratos (Tikam *et al.* 2013). En tanto que Rodríguez *et al.* (2010) y Nascimento *et al.* (2020), señalan que cuando la planta presenta energía almacenada, forma nuevos rebrotes, tallos, hojas y al finalizar semillas, dando lugar a proteínas, fibras y aceites; en el zacate pangola la PC varía de 7.9 a 9.3%, de acuerdo al desarrollo fenológico de la planta. Por lo anterior, en el presente estudio se espera que al menos una dosis de fertilización nitrogenada (DFN) y una densidad de siembra (DS) presente una diferencia significativa, así como su interacción, en los rendimientos de materia seca para producir pacas de 23 kg y en la calidad nutritiva del zacate pangola (*Digitaria eriantha*). Debido a lo anterior, el objetivo fue evaluar, el rendimiento y la composición química del zacate pangola, con diferentes densidades de siembra (DS) y niveles de fertilización nitrogenada (DFN) en suelos ácidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento se estableció en el mes de octubre del 2021, en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, del mismo Municipio en el estado de Veracruz, con coordenadas geográficas 18° 00 6.1 LN y 95° 24 1.7 LO, a una altitud de 133 m. La clasificación del clima es cálido subhúmedo (AW₀), según Köppen modificado por García (2004), donde la temperatura y la precipitación media anual son de 24.5 °C (Figura 1) y 1100 mm, el tipo de suelo es Cambisol dístico de textura arena migajosa, con pH fuertemente ácido 4.6 (Tosquy-Valle *et al.* 2020).

Datos climáticos

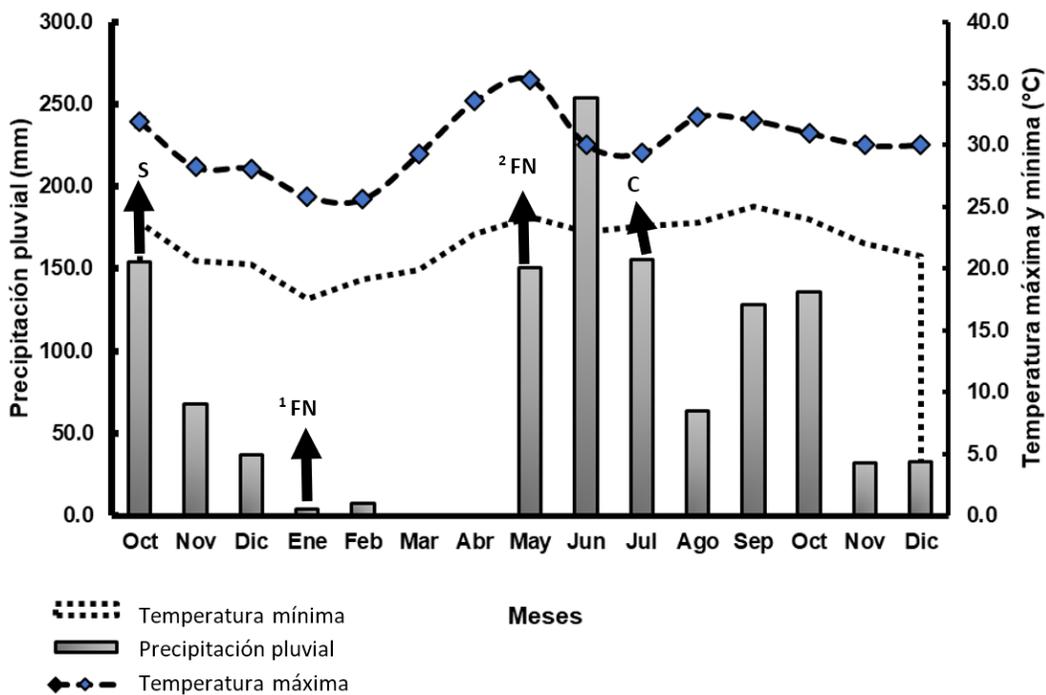


Figura 1. Temperatura máxima y mínima, precipitación mensual acumulada durante el experimento, Juan Rodríguez Clara, Veracruz. Siembra (S), primera fertilización nitrogenada (¹FN), segunda fertilización nitrogenada (²FN), corte (C). Juan Rodríguez Clara, Veracruz. 2021-2022

Establecimiento del material vegetativo

El experimento se estableció en un área de 540 m², en un diseño de 3 x 5 con tres repeticiones. Previo a la siembra se dieron dos pases de rastra y se aplicó Picloram+2, 4-D herbicida premergente. La siembra se llevó a cabo el 15 de octubre de 2021, de forma manual, utilizando material vegetativo (MV), con surcos de 80 cm de ancho. Los tratamientos fueron DS: 1 500, 2 000 y 2 500 kg MV ha⁻¹, cada densidad de 20 x 9 = 180 m², por cada 9 m se sembró, 1.08, 1.44 y 1.88 kg de MV, respectivamente, después del establecimiento, se realizó un control de malezas de forma manual, posteriormente, se aplicaron los tratamientos de DFN dividido en dos estaciones, 50% en invierno y el resto en primavera, de forma manual, cada tratamiento de 4 x 9 = 36 m², en dosis de 0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha⁻¹, no se presentaron plagas durante el establecimiento. Se registraron datos de

precipitación con un pluviómetro manual, temperaturas máximas y mínimas diarias (°C), con un dispositivo electrónico (*Measurement Computing Corporation*, Modelo USB-500 Data logger).

Variables

Rendimiento y cosecha

La altura (ALT), fue medida con una regla graduada en cm, a nivel de suelo hasta el componente más alto, 10 lecturas por repetición, previo a la cosecha. Para peso verde (PV), se obtuvo en forma de zigzag, colocando un marco de madera de 1 x 1 m (Schnellmann *et al.* 2018), se cortó la biomasa de forma manual con machete, dejando un residuo de 10 cm, en cada repetición por unidad experimental, este se pesó con una báscula digital colgante *Noval NBC-S 50 kg*, posteriormente, se hizo una composición del material colectado, se extrajeron tres submuestras del PV de 250 g por cada tratamiento, luego se embolsaron en bolsas de papel Kraft y se etiquetaron, se trasladaron al laboratorio de forrajes del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, para ser introducidas en una estufa de aire forzado a 60 °C (*Binder ED53*) durante 48 a 72 h, hasta obtener el peso constante y determinar materia seca (MS). A continuación, se sacó y se pesó la muestra, con una báscula de laboratorio digital (*RESHY*), con ello se obtuvo, el rendimiento de MS g, kg, y t ha⁻¹.

Análisis bioquímico (proximal)

Sé realizó un análisis proximal con las muestras de materia seca (MS), que fueron molidas en un molino Thomas Wiley, modelo 4. Obteniendo cenizas (CZ), la muestra molida se colocó en crisoles dentro de una mufla (*ARSA AR-340*) a 550 °C, para ser incinerados y posteriormente se tomaron los pesos respectivos de cada proceso, para el contenido de humedad (Hum), se secó dentro en un horno Estufa (80 a 768 l) y su determinación fue por diferencia de peso entre el material seco y lo húmedo, de acuerdo con AACC 44-19,01 (AACC 2009), extracto etéreo (EE) se determinó según AACC 30-25,01 (AACC 2009, Rybicka *et al.* 2021). El contenido de proteína cruda (PC), se cuantificó por la metodología de Harris (1970) a partir del porcentaje del nitrógeno total y multiplicado por el factor de 6.25 (Montegiove *et al.* 2021). Para fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), sílice (SI), lignina detergente ácido (LDA) se realizó, con el método de fraccionamiento con detergente y filtración subsecuente (Van-Soest *et al.* 1991).

Regresión múltiple

En la regresión múltiple se determina la relación entre la altura de la planta (ALTF) a los 180 días y la DFN. Se usó la expresión matemática donde se representa mediante modelos lineales de primero, segundo orden y un modelo polinomial de tercer orden.

Análisis estadístico

El diseño experimental empleado fue bloques al azar en parcelas divididas: DS (parcela principal o grande) de 180 m² (20 x 9 m) y DFN (subparcelas o parcela chica), de 36 m² (4 x 9 m), en un arreglo factorial de 3 x 5, generando un total de 15 unidades experimentales, con tres repeticiones por cada muestra, establecidas en una superficie de 540 m² (Xu *et al.* 2017). Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey; $p \leq 0.05$), cuando hubo diferencia significativas; además de aplicar un análisis de regresión múltiple; por medio del software Statistical Analysis System (SAS 2009).

RESULTADOS

En el Tabla 1 resalta la forma de como las prácticas de manejo agrícola (DS y DFN) impactan en las variables analizadas de producción y composición química del zacate pangola, demuestra las significancias estadísticas en función del factor (DS) con el fin de determinar la cantidad de material vegetativo (MV) que será ideal para ser plantado por ha⁻¹. En referencia con la dosis de fertilización nitrogenada (DFN) aplicada por hectárea y la interacción de ambos factores sobre las variables, la DS muestra efectos altamente significativos ($p \leq 0.01$) en las variables (PV, PC, SI y LDA).

Tabla 1. Análisis de varianza (ANOVA) de cuadrados medios y significancia estadística sobre las variables de producción y composición química del zacate pangola (*Digitaria eriantha* Steud.) en Juan Rodríguez Clara, Veracruz; México. 2021-2022.

FV	GL	ALT	PV	MSg	MSkg	MSt	Cnz	Hum	EE	PC	FDN	FDA	SI	LDA
Rep	2	189.0	0.03	0.0001	169959.4	0.195	0.33	0.1	0.14	0.1	3.5	4.8	1.1	0.1
DS	2	5.8	15.1**	0.003*	6189261.8*	6.18*	13.7*	1.4	2.9*	13.7**	27.2	3.6	22.8**	2.2**
Rep*DS	4	30.0	0.2*	0.0001	153550.9	0.151	0.7	1.0	0.1	0.6	35.5	6.1	3.0	0.04
DFN	4	182.0	0.2	0.002*	3641322.3*	3.63*	5.3	2.7	7.6**	47.9**	58.6	13.0*	12.4*	2.1**
DS*DFN	8	537.7*	0.7**	0.0005	990002.3	1.007	2.6	2.2	2.4**	5.4*	26.0	11.7*	22.3**	2.5**
Error		89.5	0.1	0.0003	533755.1	0.5	1.4	1.2	0.2	0.9	24.0	2.2	1.4	0.07
Total		7690.2	40.3	0.02	48628076.8	48.5	109.5	66.5	62.6	289.8	1224.9	241.9	322.5	35.6
CV (%)		16	8	15	15	15	16	19	19	7	7	3	14	15

† Fuente de variación (FV), Grados de libertad (GL), altura cm (ALT), peso verde kg (PV), materia seca g, kg, t (MSg, MSkg, MSt), ceniza (Cnz) %, humedad (Hum) %, extracto etéreo (EE) %, proteína cruda (PC) %, fibra detergente neutro (FDN) %, acida (FDA) %, sílice (SI) % y lignina detergente ácido (LDA) %, repeticiones (Rep), densidad de siembra (DS), repetición x densidad de siembra (Rep x DS), dosis de fertilización nitrogenada (DFN), densidad de siembra x dosis de fertilización nitrogenada (DS*DFN), Coeficiente de variación (CV). ** Altamente significativo ($p < 0.01$) * Significativo ($p < 0.05$).

Se observa efecto significativo ($p \leq 0.05$) en las diferentes unidades de materia seca (MSg, MSkg, MSt), lo cual indica que establecer densidades de siembra de DS2500 kg MV ha⁻¹ del zacate pangola (Tabla 2), produce 5.6 t ha⁻¹ MS, con un contenido de PC de 13.9%, no obstante, eleva los contenidos de SI y LDA (22.86 y 2.27%), respectivamente. Por otra parte, la DFN tiene un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$), en EE, PC y LDA, además, se observa cómo fue significativo ($p \leq 0.05$) en variables de materia seca (MSg, MSkg, MSt) y también para el contenido nutricional elevando las cantidades de FDA y SI, señalando así, que DFN208 y 300 kg N ha⁻¹, producen los mayores rendimientos, además de alcanzar un máximo de PC de 14.5% en dosis de 208 kg N ha⁻¹ (Tabla 3). Pero al disminuir la DFN100 kg ha⁻¹ se incrementan los contenidos de EE de 5.5%, pero se puede ver afectada la digestibilidad si se aplica la dosis más alta de fertilizante nitrogenado por el aumento de SI y LDA. Para la interacción de ambos factores DS*DFN se tuvo efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) para las variables, PV, EE, SI, LDA y significativo ($p \leq 0.05$) para altura ALT, PC, FDA. Esto apunta, que la combinación de densidad alta y una dosis de fertilización intermedia a alta, principalmente DS2500 kg MV ha⁻¹ con DFN208 kg N ha⁻¹ maximiza el rendimiento y la

calidad del forraje, mientras que dosis más altas de fertilizantes nitrogenados (DFN) puede afectar la digestibilidad al elevar los contenidos de SI y LDA.

Tabla 2. Efectos principales de las medias en densidades de siembra (DS) sobre las variables de respuesta.

DS	ALT	PV	MSg	MSkg	MSt	Cnz	Hum	EE	PC	FDN	FDA	SI	LDA
DS1	60.1	3.2b	0.1b	4623.2b	4.6b	7.1b	5.7	2.9a	12.4b	69.5	44.3	7.1a	1.4b
DS2	59.2	3.2b	0.1b	4542.7b	4.5b	6.9b	5.5	2.1b	12.2b	70.4	44.9	8.7ab	1.6b
DS3	58.8	4.9a	0.1a	5693.3a	5.6a	8.7a	6.1	2.3b	13.9a	72.2	45.2	9.5a	2.2a

† a, b, c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes, Tukey ($p \leq 0.05$). Densidad de siembra (DS), altura cm (ALT), peso verde kg (PV), materia seca gr (MSg), materia seca kg (MSkg), materia seca en toneladas (MSt), ceniza (Cnz) %, humedad (Hum) %, extracto etéreo (EE) %, proteína cruda (PC) %, fibra detergente neutro (FDN) %, acida (FDA) %, sílice (SI) % y lignina detergente ácido (LDA) %.

Al analizar las medias por efectos principales en el Tabla 2, las tres densidades de siembra (DS), 1 500, 2 000, y 2 500 kg MV ha⁻¹, sobre las variables relacionadas con el rendimiento y la composición química del zacate pangola, denota como la DS2500 kg MV ha⁻¹, tiene los mejores resultados en las variables productivas, PV (4.98 kg), MS g, kg y t (0.142), (5693.3), y (5.6), lo que manifiesta la mayor producción en PV, MS. Para el análisis proximal; la PC incrementó con un DS alta 2 500 kg MV ha⁻¹, alcanzando un 13.9%, lo mismo para SI y LDA (9.5 y 2.2%), respectivamente. Estos últimos resultados (SI, LDA), al incrementarse afectan de forma negativa la digestibilidad del forraje, en contraste con una densidad baja DS1500 kg MV ha⁻¹, donde se revelan valores más bajos en muchas variables, pero sugiere que esta densidad de siembra no es la más adecuada para maximizar la producción, sin embargo, en EE, tuvo valores destacados con 2.9%, revela una mayor concentración de energía en el pasto.

Los efectos de cinco niveles de fertilización nitrogenada, se presentan en el Tabla 3 DFN: 0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha⁻¹, sobre las variables respuestas analizadas del zacate pangola, indican que la ALT y el rendimiento de MS, se incrementa significativamente con las DFN altas de 208 y 300 kg de N ha⁻¹, donde la dosis de 208 kg N ha⁻¹, tuvo 0.140 g MS, mientras que, 300 kg N ha⁻¹, con 0.11 g MS, en cuanto al contenido nutricional este también tuvo efectos en PC, en dosis de 208 kg N ha⁻¹, alcanzó un máximo de 14.5%, posteriormente a EE y Cenizas (Cnz) con DFN100 kg N ha⁻¹, los valores máximos son de 4 y 8.8%, respectivamente. Para SI, dosis altas de 300 kg N ha⁻¹ (9.6%), afecta la calidad del forraje. Por tanto, dosis moderadas de fertilización nitrogenada DFN208 kg ha⁻¹ son las más eficaces para aumentar el rendimiento y la calidad nutricional, si se aumenta a dosis altas 300 kg N ha⁻¹, puede afectar la digestibilidad del zacate pangola, por otra parte, dosis bajas (50-100 kg N ha⁻¹) ofrecen ventajas intermedias, especialmente en términos de energía (EE).

Tabla 3. Efectos principales de las medias, para dosis fertilización nitrogenada (DFN), sobre las variables de respuesta.

DFN	ALT	PV	MSg	MSkg	MSt	Cnz	Hum	EE	PC	FDN	FDA	SI	LDA
0	51.5	3.9	0.1 ^b	4053.8 ^b	4.0 ^b	7 ^b	6.0	1.8 ^b	8.8 ^b	72.5	43.3 ^b	6.7 ^c	1.0 ^c
50	60.1	3.8	0.1 ^a	5453.8 ^a	5.4 ^a	7.1 ^b	6.5	2.2 ^b	13.6 ^a	66.5	44.2 ^b	9.1 ^{ab}	2.1 ^a
100	62.0	3.6	0.1 ^{ab}	4788.9 ^{ab}	4.7 ^{ab}	8.8 ^a	6.1	4.0 ^a	13.2 ^a	72.0	44.7 ^{ab}	8.8 ^{ab}	1.7 ^b
208	61	4.02	0.14 ^a	5666.7 ^a	5.6 ^a	7.2 ^{ab}	5.4	1.9 ^b	14.5 ^a	72.4	46.6 ^a	7.8 ^{bc}	1.6 ^b
300	62.4	3.7	0.1 ^{ab}	4802.2 ^{ab}	4.8 ^{ab}	7.9 ^{ab}	5.1	2.4 ^b	14.1 ^a	70.0	45.2 ^{ab}	9.6 ^a	2.2 ^a

ta, b, c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes, Tukey ($P \leq 0.05$). Dosis de fertilización nitrogenada (DFN), altura cm (ALT), peso verde kg (PV), materia seca g (MS), materia seca kg (MSkg), materia seca tonelada (MSt), ceniza (Cnz) %, humedad (Hum) %, extracto etéreo (EE) %, proteína cruda (PC) %, fibra detergente neutro (FDN) % y acida (FDA) %, sílice (SI) % y lignina detergente ácido (LDA) %.

El análisis de regresión múltiple de la Tabla 5, modela el efecto de las distintas dosis de fertilización nitrogenada (DFN), en dos variables, para la altura de la planta (AP) a los 180 días y la proteína cruda (PC) al momento del corte. Para ello se utilizaron tres tipos de modelo, un modelo lineal, donde se relaciona la variable dependiente con la DFN de manera directa, en el modelo cuadrático, aumenta una segunda potencia de la dosis, para capturar posibles relaciones no lineales, y en el modelo cúbico, agrega una tercera potencia para ajustar mejor el modelo en situaciones complejas. Por otra parte, el intercepto, nos va a dar un valor esperado de la variable dependiente cuando no se aplica fertilización (DFN0). La pendiente (β_1 , β_2 , β_3) son los coeficientes que indican cómo cambia la altura o proteína cruda conforme aumentan las dosis de fertilización nitrogenada. Los resultados de la Tablas 5 y 6, muestran que cuando no se fertiliza (DFN0), la altura del zacate pangola presentara en promedio 43.7 cm y su pendiente presentara un coeficiente DFN ($\beta_1 = 0.431$), esto dejar ver, que la altura de la planta aumenta en promedio 0.431 cm, por cada unidad adicional de DFN, lo que sugiere un incremento positivo con la aplicación del fertilizante, por otra parte en un coeficiente cuadrático DFN² ($\beta_2 = -0.0031$), sugiere que se expresa de forma negativa, esto dice, que en dosis más altas, el crecimiento de la altura va a disminuir, por tanto, existe un punto de saturación y el fertilizante deja de ser efectivo; en cuanto al modelo cubico DFN³ ($\beta_3 = 0.00000683$) aunque es un ajuste pequeño, se logra mejorar la dosis de fertilización alta, lo que permite capturar de manera más precisa la relación entre dosis de fertilización y la altura. Esto se representa con una R² del 55% de la variabilidad en la altura de una planta.

Para la PC, el intercepto se presenta en un 9.69% esto denota que, DFN0, el contenido de PC del pasto en promedio será de 9.69%, no obstante, en la pendiente DFN ($\beta_1 = 0.053$) sugiere que la PC aumenta en 0.053% por cada unidad adicional de fertilización nitrogenada, esto expresa una relación positiva entre la cantidad de DFN que fue aplicada y el contenido proteico (PC) del zacate pangola. Por otro lado, al tener un coeficiente cuadrático negativo DFN² ($\beta_2 = -0.00013$), refleja una disminución en la acumulación de PC a DFN más altas, en otras palabras, a mayor dosis de nitrógeno, no mejora el contenido de proteína y este puede tener un efecto adverso. El modelo presenta una R² (55%). El Tabla 5 y 7, acentúan la importancia de optimizar la cantidad de la fertilización nitrogenada (DFN), para maximizar el crecimiento y su contenido en PC de los pastos,

pero sin sobrepasar dosis efectivas, un exceso, no solo pueden ser ineficaz, sino también perjudicial. Efectos principales sobre algunas variables que no se hacen mención, no se colocaron por no presentar significancia (Tabla 2, 3, 4 y 5)

Tabla 4. Efectos de las medias en densidades de siembra (DS) y cinco dosis de fertilización nitrogenada (DFN) sobre las variables de respuesta, en el municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz; México. 2021-2022

DS/DFN (kg Ha ⁻¹)(kg N Ha ⁻¹)	ALT	PV	MSg	MSkg	MSt	Cnz	Hum	EE	PC	FDN	FDA	SI	LDA
1500/0	40.7 ^b	3.3 ^{def}	0.08 ^c	3530.7 ^d	3.5 ^d	7.4 ^{abc}	5.5	1.8 ^{de}	8.5 ^f	69.3	44.1 ^{ab}	6.9 ^b	1.5 ^{cd}
2000/0	57.3 ^{ab}	3.3 ^{def}	0.09 ^{cb}	3882.7 ^{cd}	3.8 ^{cd}	5.2 ^c	6.6	2.1 ^{cde}	7.5 ^g	72.6	41.2 ^b	7.2 ^b	1.0 ^{de}
2500/0	56.5 ^{ab}	5.0 ^{ab}	0.1 ^{abc}	4748.0 ^{abcd}	4.7 ^{abcd}	8.2 ^{abc}	6	1.4 ^e	10.5 ^{ef}	75.5	44.8 ^{ab}	6.03 ^b	0.56 ^e
1500/50	65 ^{ab}	3.6 ^{cde}	0.1 ^{abc}	5052.0 ^{abcd}	5.0 ^{abcd}	7.1 ^{abc}	6.6	3.3 ^{bc}	12.2 ^{cde}	61.7	42.5 ^b	6.7 ^b	1.3 ^{cde}
2000/50	60.6 ^{ab}	3.4 ^{def}	0.1 ^{ab}	5736.0 ^{abc}	5.7 ^{abc}	5.7 ^{abc}	5.2	2.0 ^{cde}	13.9 ^{abcd}	68.6	44.2 ^{ab}	7.4 ^b	1.4 ^{cd}
2500/50	54.7 ^{ab}	4.3 ^{bcd}	0.1 ^{ab}	5573.3 ^{abc}	5.5 ^{abc}	8.4 ^{abc}	7.5	1.3 ^e	14.7 ^{abc}	69.1	45.9 ^{ab}	13.3 ^a	3.7 ^a
1500/100	57.7 ^{ab}	3.5 ^{def}	0.1 ^{abc}	4613.3 ^{abcd}	4.6 ^{abcd}	8.1 ^{abc}	5.1	4.4 ^{ab}	14.0 ^{abc}	70.4	42.6 ^b	6.5 ^b	1.5 ^{cd}
2000/100	62.2 ^{ab}	2.8 ^{ef}	0.1 ^{abc}	4052.0 ^{bcd}	4.0 ^{bcd}	9.5 ^a	6	2.2 ^{cde}	11.2 ^{def}	70.7	45.3 ^{ab}	12.5 ^a	2.6 ^b
2500/100	66.0 ^{ab}	4.6 ^{bc}	0.1 ^{ab}	5701.3 ^{abc}	5.7 ^{abc}	8.8 ^{ab}	7	5.5 ^a	14.3 ^{abc}	74.9	46.1 ^{ab}	7.5 ^b	1.2 ^{cde}
1500/208	64.5 ^{ab}	3.1 ^{ef}	0.1 ^{ab}	6005.3 ^{ab}	6.0 ^{ab}	6.1 ^{abc}	5.3	2.3 ^{cde}	12.3 ^{dce}	73.2	46.3 ^{ab}	8.0 ^b	1.8 ^{bcd}
2000/208	43.1 ^b	3.2 ^{ef}	0.1 ^{abc}	4782.7 ^{abcd}	4.7 ^{abcd}	6.8 ^{abc}	5.1	1.8 ^{de}	15.5 ^{ab}	70.2	49.2 ^a	8.5 ^b	1.3 ^{cde}
2500/208	75.2 ^a	5.7 ^a	0.1 ^a	6212.0 ^a	6.2 ^a	8.7 ^{ab}	5.6	1.5 ^{de}	15.9 ^a	73.8	44.2 ^{ab}	6.8 ^b	1.9 ^{bc}
1500/300	72.4 ^a	2.5 ^f	0.09 ^{cd}	3914.7 ^{cd}	3.9 ^{cd}	6.9 ^{abc}	6.2	2.9 ^{dc}	14.9 ^{abc}	72.9	45.9 ^{ab}	7.2 ^b	1.2 ^{cde}
2000/300	73.1 ^a	3.3 ^{ef}	0.1 ^{abc}	4260.0 ^{abcd}	4.2 ^{abcd}	7.5 ^{abc}	4.6	2.3 ^{cde}	13.0 ^{bcd}	69.6	44.6 ^{ab}	8.0 ^b	1.8 ^{bcd}
2500/300	41.7 ^b	5.2 ^{ab}	0.1 ^a	6232.0 ^a	6.2 ^a	9.30 ^a	4.5	2.0 ^{cde}	14.4 ^{abc}	67.4	45.1 ^{ab}	13.8 ^a	3.6 ^a

†a, b, c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes Tukey ($P \leq 0.05$). Densidad de siembra (DS), dosis de fertilización nitrogenada (DFN), altura (ALT), peso verde (PV) kg, materia seca g (MSg), materia seca kg (MSkg), materia seca t (MSt), ceniza (CZ) %, humedad (Hum) %, extracto etéreo (EE) %, proteína cruda (PC) %, fibra detergente neutro (FDN) %, acida (FDA) sílice (SI) % y lignina detergente ácido (LDA) %.

Tabla 5. Análisis de regresión múltiple, para el modelo de los efectos de las dosis de fertilización nitrogenada (DFN) sobre las variables de altura de planta (ALT) a los 180 días y proteína cruda (PC) al momento del corte.

Variables	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	P > t	P > F	R ²
Altura de planta (ALT) a los 180 días	Intercepto	43.7	3.003	14.5	<0.0001	<0.0001	0.55
	DFN	0.4	0.10	4.2	0.0001		
	DFN ²	-0.003	0.0008	-3.6	0.0008		
	DFN ³	0.000006	0.000001	3.5	0.0010		
Proteína cruda (PC) al momento del corte	Intercepto	9.6	0.52	18.4	<0.0001	<0.0001	0.55
	DFN	0.05	0.0092	5.7	<0.0001		
	DFN ²	-0.0001	0.00002	-4.4	<0.0001		

†: DFN= dosificación de fertilización de nitrogenada

Tabla 6. Análisis de la regresión múltiple, de la relación entre la variable dependiente altura final de la planta (ALT) y la variable independiente dosis de fertilización nitrogenada (DFN).

Variable dependiente	Intercepto	Pendiente / Variable independiente Modelo lineal	Pendiente / Variable independiente Modelo cuadrático	Pendiente / Variable independiente Modelo cubico
Altura de planta (ALT)=	43.7	+ 0.4DFN	-0.003DFN ²	+0.000006DFN ³

Tabla 7. Análisis de la regresión múltiple, de la relación entre la variable dependiente proteína cruda (PC) y la variable independiente dosis de fertilización nitrogenada (DFN)

C	Intercepto	Pendiente / Variable independiente / Modelo lineal	Pendiente / Variable independiente cubica / Modelo cuadrático
Proteína cruda (PC)=	9.6	+ 0.05DFN	-0.00013DFN ²

DISCUSIÓN

La densidad de siembra de 2 500 kg MV ha⁻¹, en efectos principales (Tabla 2), señala que existen diferencias significativas en PV, MS, Springer (2020), expresa que, en pastos, cuando se tienen incrementos en la densidad de población, al utilizar MV de 20 000 plantas ha⁻¹, existe una significancia de ($p < 0.05$) en rendimientos de biomasa, dando 16.3 t ha⁻¹ y rendimientos menores en densidad de población de 1 250 plantas ha⁻¹, se obtuvieron 5.6 t ha⁻¹. Al respecto, Guarneros-Altamirano *et al.* (2000), Enríquez-Quiroz *et al.* (2011) mencionan que *Digitaria eriantha* Steud, se propaga por MV, con densidades de siembra de 1 a 2 t ha⁻¹ (1000, 1 500 a 2 000 kg MV ha⁻¹) y que este zacate, presenta altos contenidos de calidad nutritiva dependiendo de los días del corte a menor edad se tienen promedio de 7.9% de PC sin fertilizar conforme aumenta la edad de la planta este disminuye, por otra parte si se fertiliza llega a presentar más del 15% de PC (Tikam *et al.* 2013, Rossi y Privitello 2019). Por otra parte, otro efecto principal es la dosis de fertilización nitrogenada (DFN), (Tabla 3), al realizar aplicaciones de N con dosis de 50 o 208 kg N ha⁻¹ son estadísticamente iguales para la parte productiva, no obstante, al analizarlo por los componentes nutricionales se observa como la proteína se incrementa al aumentar las dosis de fertilización ($P \leq 0.05$), Al respectp, Leite *et al.* (2021) y Delevatti *et al.* (2019), indican que con el aumento de la fertilización N, hay incrementos en los rendimientos, además de realizar modificaciones en el contenido nutricional, por otra parte se mostraron incrementos en las concentraciones de proteína cruda (PC) ($p < 0.001$). Las variables SI y LIG, mostraron diferencias estadísticas entre la (DS) y (DFN). Al respecto Braga *et al.* (2017), señalan que a medida que se incrementa la edad de la planta también se desarrollan concentraciones de lignina y disminuye la digestibilidad del forraje por la formación del complejo indigerible lignina-carbohidrato, también a medida que se incrementa la DS se incrementa la cantidad de FDN (hemicelulosa, celulosa y lignina) y FDA (celulosa y lignina), de la misma forma al incrementar los niveles de DFN, lo cual es similar (Tabla 2 y 3), y en la interacción (Tabla 4), pero también cuando se usan DFN de 208 kg N ha⁻¹, con DS2500 kg MV ha⁻¹ (Tabla 4), se incrementan los niveles de PC, esto podría verse favorecido por las condiciones climáticas, al momento del corte. Sobre lo mismo Boschma *et al.* (2018), refieren que el zacate pangola tolera una precipitación entre 700 y 4 000 mm al año. En tanto que Hernández *et al.* (2020), reportan que los contenidos de proteína mejoran durante la época de lluvia, además de favorecer el rendimiento del forraje, mientras que Nascimento *et al.* (2020), menciona que zacate pangola mejora el contenido de proteína cruda de

un 10 a 15%, como se observó en el presente estudio (Tabla 4), además del rendimiento de materia seca (MSg, MSkg y MST), proteína cruda (PC). Pero al incrementar la población (2 500 kg) y la DFN se observó que el contenido de fibra no digerible se incrementa, en cuanto a esa misma densidad de población sin fertilizar se tienen niveles bajos de sílice (SI) y lignina detergente acida (LDA), mas no para dosis de fertilización nitrogenada (FDN) que mostro los resultados más altos, cuando se cambia a una DS 1 500 kg y DFN 50 kg N ha⁻¹, estos sufren modificaciones en la FDN, SI y LIG, respectivamente. Pero no presenta diferencia significativa para el primero, esto indica que la DS, modifica la composición química del cultivo como lo expresan, Wu *et al.* (2020) y Reyes-Pérez *et al.* (2023) menciona que la fibra detergente neutra (FDN) se correlacionó en gran medida con la lignina (0.83), indicando que en la época de lluvia es la LDA dentro de la FDN quien mayor alcance tiene en su variabilidad. Desde otra perspectiva, se entiende que en DS altas al fertilizar, se incrementan los rendimientos, contenido de PC, energía EE, en cierta medida, pero, si no se corta en el momento adecuado, se lignifica y en DS bajas con DFN baja, se pueden mejorar los contenidos de digestibilidad, mas no de rendimiento. En investigaciones realizadas por Cardoso *et al.* (2021) y Chaves *et al.* (2021), indican que cuando se realizaron fertilizaciones nitrogenadas de 200 y 300 kg de N ha⁻¹, hay mejor acumulación del forraje, que en dosis bajas de 100 kg de N ha⁻¹, esto se puede deber al efecto del nitrógeno fijado en el suelo que posteriormente estuvo de forma absorbible para la planta y con ello se aceleró el metabolismo celular e incrementaron los procesos morfogénicos provocando una acumulación del forraje, lo que coincide con Pezo y García (2018). Mienrtras que Gil *et al.* (2014) mencionan que cuando se aumentó la dosis de N se incrementa el rendimiento de forraje verde en un 42% y de materia seca en 48%. Pero por otra parte Delavatti *et al.* (2019) menciona que cuando existe un aumento de dosis nitrogenada en los cultivos se puede presentar la Ley de Rendimientos Decrecientes (Ley de Mitscherlich), que a mayor aumento del uso de fertilizantes el rendimiento se puede ver afectado y disminuir por cada unidad agregada de fertilizante. Al respecto Mousavi y Nagy (2021), realizaron modelos para medir rendimientos, en referencia a la fertilización, encontrando que fue significativo al uno por ciento, como la significancia que se mostró en las Tabla 1 y 5. No obstante, la altura de los cultivos se puede ajustar en referencia a las dosis de fertilización, como se observa en las Tablas 5, 6 y 7. Al respecto, Montenegro *et al.* (2019) muestran que por medio de labores agronómicas y la dosificación de fertilizantes con N y K ajustan la altura deseada de una planta.

CONCLUSIONES

El establecimiento de zacate pangola en suelos ácidos puede ser optimizado, al utilizar una densidad de siembra alta de 2 500 kg de material vegetativo ha⁻¹ y una fertilización nitrogenada de 208 kg N ha⁻¹, se maximiza el rendimiento en materia seca, además de mejorar el contenido en proteína cruda hasta 15.9%. Pero con dosis mayores de fertilización, como 300 kg N ha⁻¹, se pueden tener efectos negativos, al incrementar los niveles de fibra no digerible y sílice, afectando la digestibilidad del forraje. Por lo que es necesario definir la dosis de los fertilizantes nitrogenados y realizar prácticas agrícolas que mejoren el rendimiento y la calidad nutricional de los zacates.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Aurelio Morales Rivera del Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara (ITSJRC) y al Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. Posgrado Agroecosistemas Tropicales.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

LITERATURA CITADA

- Balehegn M, Ayantunde A, Amole T, Njarui D, Nkosi BD, Müller FL, Meeske R, Tjelele TJ, Malebana IM, Madibela OR, Boitumelo WS, Lukuyu B, Weseh A, Minani E, Adesogan AT (2021) Forage conservation in sub-Saharan Africa: Review of experiences, challenges, and opportunities. *Agronomy Journal* 114(1): 75-99 <https://doi.org/10.1002/agj2.20954>
- Berça AS, Cardoso AdS, Longhini VZ, Tedeschi LO, Boddey RM, Reyes RA, Ruggieri AC (2021) Protein and carbohydrate fractions in warm-season pastures: Effects of nitrogen management strategies. *Agronomy* 11(5): 1-15. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050847>
- Boschma SP, Murphy SR, Harden S (2018) Optimum plant density of *Digitaria eriantha* for herbage accumulation and hydrological performance in a summer dominant rainfall zone. *Grass and Forage Science* 74(3). <https://doi.org/10.1111/gfs.12409>
- Braga AP, Cortes ALCD, Alves dLJ, Silva dLJS, Barbosa BTF, Ferreira AAVdA, Castro AFGd, Fonseca PG (2018) Fractionation of nitrogen compounds and carbohydrates in forages of different ages. *Semina: Ciências Agrárias. Londrina* 39(2): 819-832 <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p819>
- Cardoso SCC, Baptaglin MD, Romeiro de AA, Batista EVP, dos Santos DG, Chaves Gurgel AL, Lopes de SD (2021) The soil-plant interface in *Megathyrus maximus* cv. Mombasa subjected to different doses of nitrogen in rotational grazing. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12(4): 1098-1116. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5904>
- Carreira E, Serrano J, Lopes de Castro J, Shahidian S, Pereira AF (2023) Montado Mediterranean ecosystem (Soil-Pasture-Tree and Animals): A review of monitoring technologies and grazing systems. *Applied Sciences* 13(10): 1-40. <https://doi.org/10.3390/app13106242m>
- Chaves GAL, dos Santos DG, Baptaglin MD, Romeiro de AA, Batista EVP (2021) The effect of residual nitrogen fertilization on the yield components, forage quality, and performance of beef cattle fed on Mombaça grass. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo* 53(1): 296-308. <https://doi.org/10.48162/rev.39.029>
- Delevatti LM, Cardoso AS, Barbero RP, Leite RG, Romanzini EP, Ruggieri AC, Reis RA (2019) Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientific Reports* 9(7596): 1-9 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44138-x>
- Enríquez-Quiroz JF, Meléndez-Nava F, Bolaños-Aguilar ED, Esqueda-Esquivel VA (2011) Producción y manejo de forrajes tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. México. 404p.
- García AE (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246p.

- Gil GH, Martínez RCG, Estrada CG (2014) Impacto del sistema de labranza y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad nutricional de forraje de avena. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6): 1-14
- Gimenes ML, Mativi RRS, Domingues DCF, Avelino CCH, Avelino CCE (2023) Nitrogen fertilization time affects the root reserves of tropical grasses. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 53: e754444. <https://doi.org/10.1590/1983-40632023v5375444>
- Guarneros-Altamirano R, De-los-Santos-Valadez SG, González-Valenzuela EA (2000) Recomendaciones prácticas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 85p.
- Gusmão FJD, Deitos FD, Maia de Lana SB, Lara FJ, Acosta BA, Santos DDL, Campos PSS, Andrade TF (2020) Dinámica de crecimiento y senescencia del pasto pangola como respuesta a diversas alturas de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(1): 38-52. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4913>
- Harris LE (1970) Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Gainesville: Center for Tropical Agriculture, University of Florida. Florida. USA. 174p.
- Hernández HM, López OS, Jarillo RJ, Ortega JE, Pérez ES, Díaz RP, Crosby GMM (2020) Rendimiento forrajero y calidad nutricional en *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania en un sistema silvopastoril intensivo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 11(1): 53-69. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>
- Leite RG, Cardoso AdS, Fonseca NVB, Silva MLC, Tedeschi LO, Delevatti LM, Ruggieri AC, Reis RA (2021) Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports* 11(14786): 1-8 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94098-4>
- Marques CC, Graciano da CAB, de Farias TG, dos Santos DG, Chaves GAL, Santos SJC, Camargo FC, Menezes de AE (2020) The 4R management for nitrogen fertilization in tropical forage: A review. *Australian Journal of Crop Science* 14(11): 1834-1837
- Montegiove N, Pellegrino RM, Emiliani C, Pellegrino A, Leonardi L (2021) An alternative approach to evaluate the quality of protein-based raw materials for dry pet food. *Animals* 11(458): 1-18 <https://doi.org/10.3390/ani11020458>
- Montenegro O, Magnitsky S, Darghan A (2019) Efecto del nitrógeno y potasio sobre la altura de la planta y el diámetro del tallo de *Jatropha curcas* L. en el bosque seco tropical de Colombia. *Agronomía Colombiana* 37(3): 203-212. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n3.78172>
- Mousavi SMN y Nagy J (2021) Evaluation of plant characteristics related to grain yield of FAO410 and FAO340 hybrids using regression models. *Cereal Research Communications* 49: 161-169. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00076-3>
- Nascimento FPT, de Lana SBM, Ganassali de OJLF, Jailson Lara Fagundes, Acosta BA, Alves NG, Rodrigues FRS, Hora dSAL (2020) Dinámica poblacional y características estructurales del pasto dígito 'Survenola' sometido a estrategias de defoliación intermitente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 55. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01602>
- Ngoune LT, Shelton CM (2020) Factors affecting yield of crops. *Agronomy - Climate change and food security*. IntechOpen. United Kingdom. pp. 1-16 <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90672>
- Pezo DA y García FJ (2018) Uso eficiente de fertilizantes en pasturas. 1er. Edición. Serie Técnica. Boletín Técnico 98. CATIE. Costa Rica. 56p.
- Reyes-Pérez JJ, Méndez-Martínez Y, Espinosa-Cunuhay KA, Bastidas-Espinoza RL, Apolo-Bosquez JA, Ramírez de la-Ribera JL, Ruiz-Espinoza FH (2022) Composición química, digestibilidad y rendimiento de *Brachiaria decumbens* a diferentes edades de rebrote. *Biotecnia* 24(2): 1-10. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1606>
- Rodríguez AJ, Gutiérrez OE, Rodríguez FH (2010) Dinámicas de sistemas de pastoreo. Trillas. México. 272p.
- Rossi RE, Privitello LMJ (2019) Defoliación de *Digitaria eriantha* Steudel: Producción forrajera, estructura y eficiencia de uso de las radiaciones y el agua. *Pastos y Forrajes* 42(2): 114-124

- Rybicka I, Kiewlicz J, Kowalczewski PŁ, Gliszczynska-Świgło A (2021) Selected dried fruits as a source of nutrients. *European Food Research and Technology* 247: 2409-2419 <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03802-1>
- SAS (2009) SAS Institute. SAS/STAT®9.2. User Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 111p.
- Schnellmann LP, Verdoljak JJO, Bernardis A, Martínez-González JC, Castillo-Rodríguez SP (2019) Frecuencia y altura de corte en *Panicum maximum* cv Gatton Panic. *Agronomía Mesoamericana* 30(2): 553-562 <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34216>
- Springer TL (2020) How does plant population density affect the biomass of *Ravenna grass*? *Global Change Biology Bioenergy* 13(1): 1-10. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12767>
- Tikam K, Phatsara C, Mikled C, Vearasilp T, Phunphiphat W, Chobtang J, Cherdthong A, Karl-Heinz S (2013) Pangola grass as forage for ruminant animals: A review. *SpringerPlus* 2(604): 1-6 <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-604>
- Tosquy-Valle OH, Zetina-Lezama R, López-Salinas E, Ibarra-Pérez FJ, Villar-Sánchez B. y Rodríguez-Rodríguez JR (2020) Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana* 38: 91-102 <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>
- Van-Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 35-83.
- Wu L, Deng Z, Cao L, Meng Y (2020) Efect of plant density on yield and quality of perilla sprouts. *Scientific Reports* 10(9937): 1-8 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67106-2>
- Xu C, Huang S, Tian B, Ren J, Meng Q, Wang P (2017) Manipulating planting density and nitrogen fertilizer application to improve yield and reduce environmental impact in chinese maize production. *Frontiers in Plant Science* 8(1234): 1-11 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01234>