







Demanda de Macronutrientes en Pasto *Brachiaria humidicola* en Respuesta a Época del Año, Fertilización y Frecuencia de Corte Demand of Macronutrients in Grass *Brachiaria humidicola* in Response to Time of Year, Fertilization and Cutting Frequency

Gloria Esperanza De Dios-León¹ , Armando Guerrero-Peña^{2*} ,
Alejandro Alonso-López³ , Eusebio Ortega-Jiménez³ ,
Catalino Jorge López-Collado³  y Eduardo Daniel Bolaños-Aguilar⁴ 

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Carretera Peñuelas-Amatlán Kilómetro 177. 94500, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México; (G.E.D.L.).

² Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n km 3, Ranchería Río Seco y Montaña. 86500 Cárdenas, Tabasco, México; (A.G.P.).

* Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

³ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km 26.5 Carretera Federal Veracruz-Xalapa, vía Paso de Ovejas. 91700 Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México; (A.A.L.), (E.O.J.), (C.J.L.C.).

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. Huimanguillo. Carretera Federal Huimanguillo-Cárdenas km 1, Centro. 86400 Huimanguillo, Tabasco, México; (E.D.B.A.).

RESUMEN

La especie *Brachiaria humidicola* tiene alto potencial productivo en el trópico húmedo mexicano por su alta adaptabilidad a suelos inundados y ácidos de baja fertilidad debido a su alta eficiencia en la extracción de nutrientes del suelo a través de su sistema radicular y de la asociación con las micorrizas. El presente estudio tuvo por objetivo determinar la demanda de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) del pasto *Brachiaria humidicola* Rendle en tres épocas climáticas, diferentes niveles de fertilización (N, P y K) y tres frecuencias de corte. Los tratamientos fueron nueve, distribuidos en diseño de parcelas divididas con arreglo factorial, distribuidos al azar, cada uno con tres repeticiones. Se usó el paquete SAS para análisis de varianza y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey. Las mayores demandas de nitrógeno y potasio se observaron a los 30 días de rebrote y lluvias con 167.0 y 146.6 kg ha⁻¹, respectivamente y las menores a los 20 días y época de nortes con 69.1 y 33.5 kg ha⁻¹, respectivamente para los dos elementos. Respecto al fósforo, la mayor demanda fue en la época de lluvias y a los 20 días de rebrote del pasto con 27.6 kg ha⁻¹, y fue menor en la época de nortes, y a los 20 días de rebrote (8.2 kg ha⁻¹). Aunque no se observó interacción entre las épocas y los niveles de fertilización, los dos factores son importantes por separado en la fisiología para la planta. Para estimar la demanda fue necesario medir el requerimiento interno y la biomasa total datos que se obtuvieron en esta investigación.

Palabras clave: biomasa total, porcentaje de nitrógeno, porcentaje de fósforo, porcentaje de potasio, requerimiento interno.

SUMMARY

The species *Brachiaria humidicola* has high productive potential in the humid Mexican tropics due to its adaptability to flooded and acidic soils of low fertility, supported by its high efficiency in nutrient extraction through its root system and its association with mycorrhizae. The objective of this study was to determine the demand for nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) of *Brachiaria humidicola* Rendle under three climatic periods, different fertilization levels (N, P, and K), and three cutting frequencies. Nine treatments were evaluated in a split-plot design with a factorial arrangement, randomly distributed, each with three replications. The SAS



Cita recomendada:

De Dios-León, G. E., Guerrero-Peña, A., Alonso-López, A., Ortega-Jiménez, E., López-Collado, C. J., & Bolaños-Aguilar, E. D. (2025). Demanda de Macronutrientes en Pasto *Brachiaria humidicola* en Respuesta a Época del Año, Fertilización y Frecuencia de Corte. *Terra Latinoamericana*, 43, 1-9. e2139. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2139>

Recibido: 23 de octubre de 2024.

Aceptado: 21 de julio de 2025.

Artículo. Volumen 43.

Noviembre de 2025.

Editor de Sección:

Dr. Luis G. Hernandez Montiel

Editor Técnico:

Dr. David Cristóbal Acevedo



Copyright: © 2025 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

software package was used for the analysis of variance, and mean comparisons were conducted using Tukey's test. The highest nitrogen and potassium demands were observed after 30 days of regrowth during the rainy season, with 167.0 and 146.6 kg ha⁻¹, respectively, and the lowest at 20 days during the northern season, with 69.1 and 33.5 kg ha⁻¹ for both elements, respectively. Regarding phosphorus, the highest demand occurred in the rainy season after 20 days of regrowth, with 27.6 kg ha⁻¹, and the lowest in the northern season after 20 days of regrowth (8.2 kg ha⁻¹). Although no interaction was detected between climatic periods and fertilization levels, both factors are individually important in plant physiology. Estimating nutrient demand required measuring the internal requirement and total biomass, data that were obtained in this research.

Index words: *total biomass, nitrogen percentage, phosphorus percentage, potassium percentage, internal requirement.*

INTRODUCCIÓN

La especie *Brachiaria humidicola* tiene alto potencial productivo en el trópico húmedo mexicano por su alta adaptabilidad a suelos inundados y ácidos de baja fertilidad (Cruz-López *et al.*, 2011); las especies del género *Brachiaria* cubren el 6.5% aproximadamente de la superficie total de pasturas sembradas en la región tropical (López-Avendaño, López-Inzunza, Tirado-Ramírez, Estrada-Acosta y Martínez, 2024). debido a su alta eficiencia en la extracción de nutrientes del suelo a través de su sistema radicular y una asociación de micorriza (Rodríguez, Sánchez, Morales y Cruz, 2006), sin embargo, tiene la limitante de que su valor nutritivo es bajo, particularmente en concentración de proteína, cuando se compara con otras especies de su género (Reyes, Bolaños, Hernández, Aranda y Izquierdo, 2009; Juárez, Bolaños, Vargas, Medina y Martínez, 2011). Una de las formas de mejorar el valor nutritivo de los pastos es mediante la aplicación de fertilizantes minerales, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), con los que también se incrementan los rendimientos de materia seca (Bregliani, Temminghoff, Van Riemsdijk y Haggi, 2006). La fertilización mineral es esencial para sostener un sistema de producción, incrementar los rendimientos y mejorar la fertilidad del suelo (Quirós, Villalba, Muñoz, Font y Gabarrel, 2014); pero debe conocerse la dosis óptima para evitar aplicaciones innecesarias en altas dosis que conllevan a un impacto negativo al ambiental (Mosier, Halvorson, Reule y Lui, 2006). El conocimiento de la demanda y el requerimiento interno de nutrientes del pasto ayuda a precisar la dosis óptima y uso eficiente del fertilizante y manteniendo la productividad de los pastos a través del tiempo (Andrade *et al.*, 2011); la demanda nutrimental de un cultivo es la cantidad de un nutrimento que debe estar presente en los tejidos de la planta en cada etapa fenológica para que no sea un factor restrictivo del crecimiento y rendimiento de la misma (Rodríguez, Pinochet y Matus, 2001; Medina, Borges y Soria, 2010); y depende de la biomasa aérea que puede producir un cultivo y de la concentración óptima del nutrimento contenido en ella (Escalona y Pire, 2008; Rodríguez, 1993). El requerimiento interno es la concentración crítica mínima del elemento en la biomasa total al momento de la cosecha de la planta, con una nutrición óptima; esta función es válida para un mismo periodo de crecimiento de los cultivos con una tasa de crecimiento constante y una misma eficiencia fotosintética (Rodríguez, 1993). La información básica para establecer una dosis de fertilización en pastos tropicales en el sureste de México es mínima por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la demanda y requerimiento interno de nitrógeno, fósforo y potasio del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en tres épocas climáticas, bajo tres diferentes niveles de fertilización y tres frecuencias de corte, variables que se usan para determinar dosis más precisas de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El experimento se estableció en el ejido Posa Redonda segunda sección del municipio de Cárdenas, Tabasco México, sitio ubicado en las coordenadas 18° 14' N y 93° 29' O y con una altitud de 10 m. El sitio cuenta con un clima Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano y parte del otoño; la precipitación y temperatura promedio anuales son de 2151 mm y 25.8 °C, respectivamente (García, 2004) y el suelo pertenece a la unidad Vertisol (Palma, Cisneros, Moreno y Rincón, 2007). En el Cuadro 1 se presentan las características físicas y químicas del suelo donde se estableció el experimento.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo en el sitio de estudio.
Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the study site.

pH	CE	MO	Nt	P Olsen	K	Ca	Mg	Na	CIC	Clase textural
1:2	ds m ⁻¹	----- % -----	-----	mg kg ⁻¹	-----	-----	cmol kg ⁻¹	-----	-----	
5.5	0.04	2.5	0.15	5.3	0.16	7.5	3.9	0.16	16.8	Franco arcilloso

Fuente = NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002). CE = conductividad eléctrica; MO = materia orgánica; Nt = nitrógeno total; P = fósforo disponible; K = potasio; Ca = calcio; Mg = magnesio; Na = sodio; CIC = capacidad de intercambio catiónico.
 Source = NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2002). EC = electrical conductivity; OM = organic matter; TN = total nitrogen; P = available phosphorus; K = potassium; Ca = calcium; Mg = magnesium; Na = sodium; CEC = cation exchange capacity.

Especie Evaluada y Unidad Experimental

Se evaluó el pasto Humidicola (*Brachiaria humidicola* Rendle) en pradera establecida. Antes de iniciar las evaluaciones, se asignaron 45 días de reposo para posteriormente realizar el corte de homogeneización y empezar el conteo de días de rebrote. En la pradera fueron establecidas 27 parcelas producto de la combinación de los tres niveles de fertilización y las tres frecuencias de corte, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una parcela útil de 4 m² con separación de 1 metro entre parcelas para eliminar el efecto de borde.

Periodos de Evaluación

La evaluación se realizó durante el período del 02 de enero del 2015 a 02 de enero del 2016, en las tres épocas climáticas definidas en la zona de acuerdo con Moguel y Molina (2000): época seca (15 de febrero al 15 de junio), lluvias (15 de junio al 15 de octubre) y nortes (15 de octubre al 15 de febrero). Se evaluaron tres frecuencias de corte (20, 30 y 40 días de rebrote) en cada una de las épocas del año. Las condiciones climatológicas presentes en el sitio durante el periodo de estudio se presentan en la Figura 1.

Tratamientos y Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue en parcelas divididas con arreglo factorial. Los tratamientos evaluados fueron nueve que resultaron de la combinación de los tres niveles de fertilización (testigo, dosis normal y dosis alta) y las tres frecuencias de corte (20, 30 y 40 días de rebrote), cada uno con tres repeticiones estas son las parcelas chicas y las tres épocas climáticas (seca, lluvias y nortes), las parcelas grandes. Los niveles de fertilización expresados en kg ha⁻¹ año⁻¹ (N, P y K, respectivamente), fueron: T1 = Testigo (00-00-00, T), T2 = Dosis normal de fertilizante (200-50-100, DN) y T3 = Dosis alta de fertilizante (400-100-200, DA). Las fuentes de fertilizante fueron: urea, superfosfato triple y cloruro de potasio para N, P y K, respectivamente; aplicados en tres tiempos y al voleo.

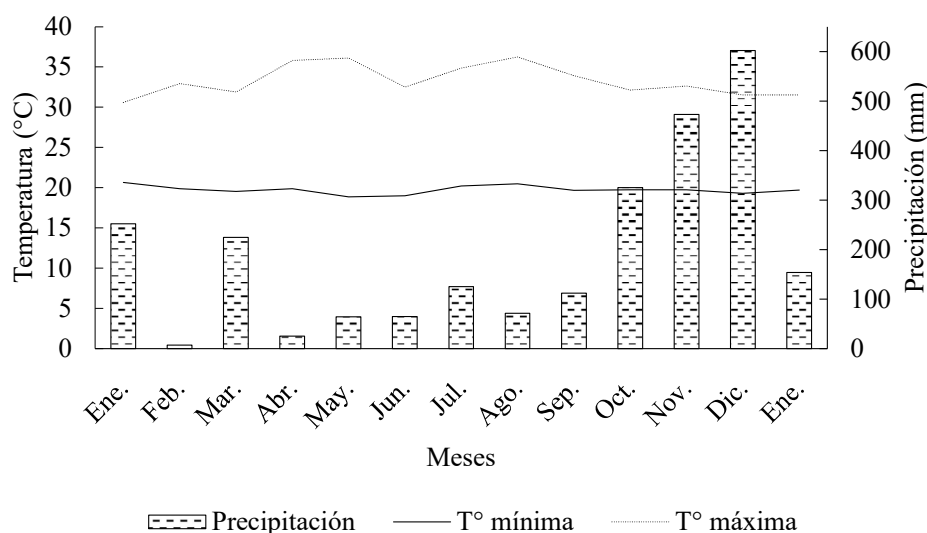


Figura 1. Condiciones de temperaturas y precipitación durante la fase de experimento.
Figure 1. Temperature and precipitation conditions during the experiment phase.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron con el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002). En las interacciones en las cuales se observó significancia, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Muestreo y variables de respuesta

Para obtener la biomasa aérea, se cosechó todo el pasto de la parcela cortando al ras del suelo. Y para la biomasa radical, se tomó un bloque de suelo de 25 cm × 25 cm × 25 cm en de cada parcela (Kolesnikov, 1971). El material cosechado fue lavado, secado, molido y tamizado para su posterior análisis. Las variables fueron estimadas de la siguiente manera: la biomasa total (BT, kg ha⁻¹) que es la biomasa aérea más la biomasa radical, en base seca, en el material vegetal se cuantifico el N-total con el método micro-Kjeldahl modificado para incluir nitratos; el P y el K fueron medidos en el digestado con HNO₃/HClO₄; la cuantificación del P se realizó con espectrofotómetro UV-Visible y el K por espectrometría de absorción atómica. El requerimiento interno (RI, %) de N, P y K mediante la fórmula RI= (nutriente absorbido/biomasa total) *100 (Rodríguez, 1993); el nutriente absorbido (kg ha⁻¹) fue calculado con la fórmula: (biomasa seca*porcentaje del nutriente)/100; y la demanda (kg ha⁻¹) de N, P y K= (biomasa total*requerimiento interno)/100 (Rodríguez (1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interacción Época por Frecuencia de Corte

Se observaron diferencias significativas por las interacciones de los factores época y frecuencia de corte en todas las variables evaluadas ($p \leq 0.05$) en pasto humidícola (Figura 2). Respecto a la demanda de N ($p = 0.0005$), la mayor fue observada en la época de lluvias a los 30 días de rebrote con 167.0 kg ha⁻¹; y la menor fue encontrada en época de nortes y a los 20 días de rebrote (69.1 kg ha⁻¹), como se observa en la Figura 2a. La mayor demanda de P ($p = 0.0001^{***}$) se encontró en la época de lluvias junto a los 20 días de rebrote del pasto con 27.6 kg ha⁻¹ (Figura 2b), y fue menor en la época de nortes, y a los 20 días de rebrote (8.2 kg ha⁻¹). Respecto a la demanda de potasio ($p = 0.0170$), en la época de lluvias y a los 30 días de frecuencia de corte se observó la mayor demanda con 146.6 kg ha⁻¹ y en la época de nortes y 20 días de rebrote, se encontró la menor demanda con 33.5 kg ha⁻¹ lo que representa únicamente el 23% respecto al mayor valor (Figura 2c).

El mayor requerimiento interno de N ($p = 0.0163$) fue encontrado en la época de nortes a los 20 días de rebrote del pasto con 1.78% y el menor valor fue observado en secas en las últimas frecuencias de corte y en lluvias junto a las tres frecuencias de corte con un promedio de 1.10% (Figura 2d). En referencia al requerimiento interno de P ($p = 0.0171$), el mayor valor se encontró en la época de lluvias y a los 20 días de frecuencia de corte con 0.24%; y el menor porcentaje fue observado en esta misma época, pero a los 30 días de rebrote y en nortes en la última frecuencia de corte (40 días) con 0.18% en los dos casos (Figura 2e). El mayor requerimiento interno de K ($p = 0.0001$) se observó en la época de nortes y 30 días de rebrote del pasto con 1.51%; y el menor porcentaje se encontró en época seca y 40 días de frecuencia de corte con 0.86%, lo cual es un 57% del mayor valor. Respecto a la biomasa total ($p = 0.0001$) la mayor producción se obtuvo en lluvias y a los 30 días de rebrote, siendo la menor en la época de nortes y a los 20 días con 5515 kg ha⁻¹ (Figura 2f), lo que representa el 34% de la mayor producción. Entre los factores época por nivel de fertilización, no se observó diferencia significativa en las interacciones en ninguna de las variables evaluadas.

La demanda de nitrógeno presentó una relación directamente proporcional con la producción de biomasa total en esta misma época (nortes). La menor demanda de este nutriente fue en la época de nortes y en la primera frecuencia de corte, que también se relaciona con la menor producción de biomasa total; esto debido al estrés por frío al exponerse la planta a las bajas temperaturas de Tabasco (Retuerto, Rodríguez, Fernández y Obeso, 2006). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Rao, Miles y Granonles (1998) quienes encontraron la menor demanda de N en diez genotipos de *Brachiaria* en época seca cuando la compararon con la época de lluvia y Cevallos (2015¹) reportan demanda de *Brachiaris* en seca de 128 ± 29 kilogramos por hectárea.

¹ Cevallos, L.V. C. (2015). Exportación de nutrientes de genotipos de *Brachiaria* durante la época seca en el trópico húmedo. Tesis para obtener el grado de licenciatura. Santo Domingo de los Tsáchila Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.13066/19947>

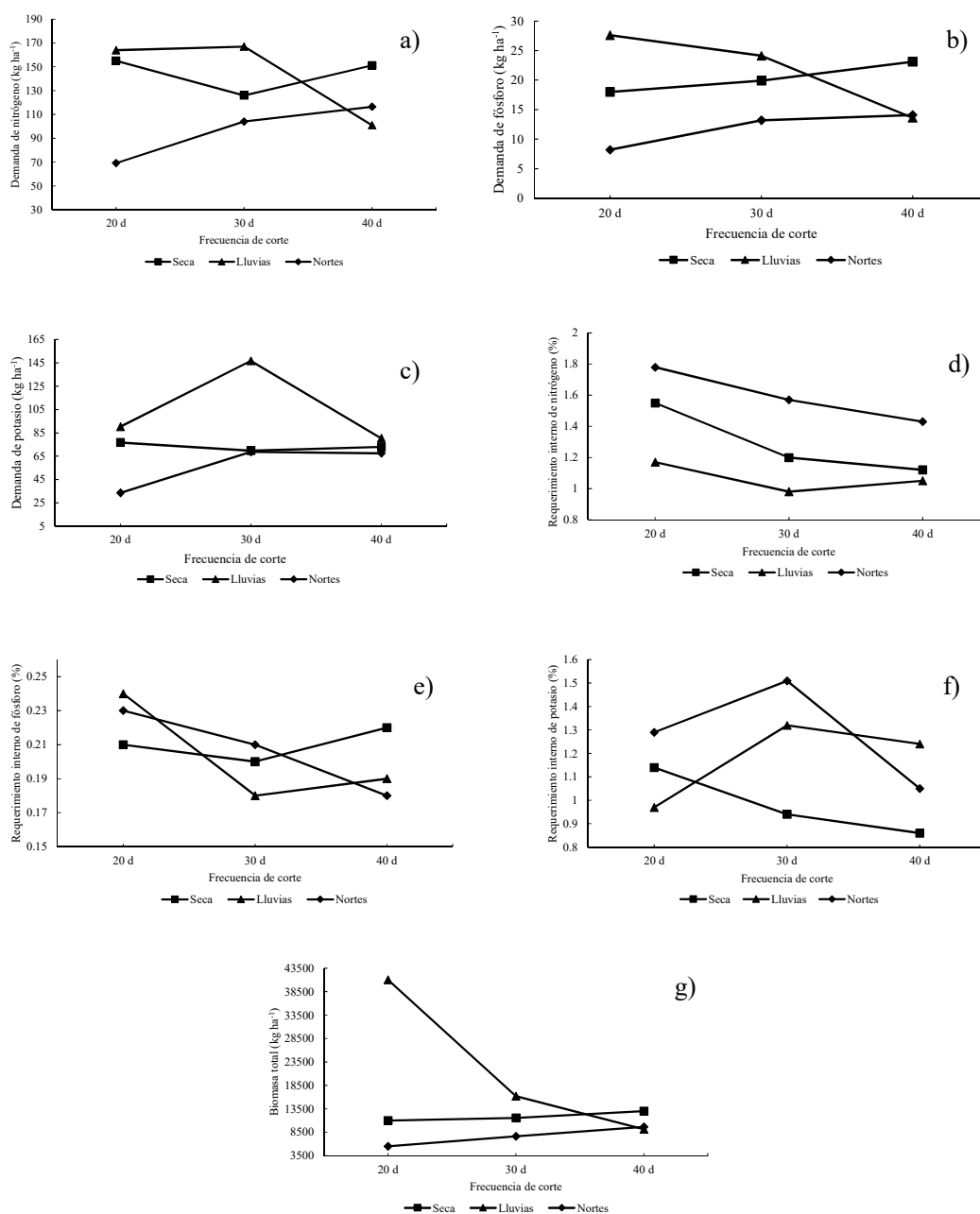


Figura 2. Efecto de las interacciones de las tres frecuencias de corte y las tres épocas climáticas. a) Demanda de nitrógeno b) Demanda de fósforo, c) Demanda de potasio, d) Requerimiento interno de nitrógeno, e) Requerimiento interno de fósforo, f) Requerimiento interno de potasio y g) Biomasa total. Figure 2. Effect of the interactions of the three cutting frequencies and the three climatic seasons. a) Nitrogen demand b) Phosphorus demand, c) Potassium demand, d) Internal nitrogen requirement, e) Internal phosphorus requirement, f) Internal potassium requirement and g) Total biomass.

La demanda de P y K tuvo el mismo comportamiento que el N en épocas de lluvias y nortes y con las mismas frecuencias de corte. Esto tiene relación directa con la producción de biomasa total ya que el pasto inicia el desarrollo sus puntos de crecimiento; Cevallos (2015¹), encontró, en cinco especies de *Brachiaria*, una demanda promedio de P de 16.3 kg ha⁻¹ en la época seca. Borges, Barrios y Escalona (2012) mencionan que el movimiento de los nutrientes hacia las raíces ocurre por difusión o flujo de masas y el contenido de agua está relacionado con el abastecimiento del potasio; en lluvias se presentan temperaturas que oscilan los 25 °C que benefician la absorción de este elemento debido a una mejor difusión en el suelo. Salas y Cabalceta (2009) en Xaraés (*B. brizantha*) y Cevallos (2015¹) reportan una demanda de 133.6 ± 25 kg ha⁻¹ de K en *B. decumbens*.

Respecto al requerimiento interno de nitrógeno (RIN), se ha demostrado que la concentración de N disminuye conforme avanza la edad de la planta por efecto de dilución del N, además, en nortes la planta crece más lento por lo que el nutriente puede permanecer más tiempo en ella (Juárez *et al.*, 2011) por lo que los mayores porcentajes se encuentran a edades más tempranas. Vieyra-Alberto *et al.* (2013) y Muñoz, Huerta, Rangel, Lara y De la Rosa (2014) reportan variaciones en requerimiento interno de minerales en forrajes tropicales dentro de épocas; Guenni, Marín y Baruch (2002) realizaron un experimento bajo simulación de lluvias y observaron un RIN de 1.11% en *B. humidicola*, siendo el mismo promedio que el encontrado en esa época en esta investigación.

El menor requerimiento de fósforo (RIP) fue debido a que el P disminuye con la edad de la planta, debido a su movilidad de partes viejas a las partes nuevas o en crecimiento (brotes y hojas) las cuales son los órganos de mayor demanda (Thomas, 2013). Ortega y González (1990) y Vega-Espinosa, Ramírez, Leonard e Igarza (2006) muestran resultados en evaluación de gramíneas donde este nutriente disminuye con el aumento de la edad de la planta; Jarma-Orozco, Maza, Pineda y Hernández (2012), Muñoz *et al.*, (2014) y Cevallos (2015¹) cuando evaluaron gramíneas del género de las *Brachiarias* reportan un RIP promedio de $0.17 \pm 0.05\%$ en la época seca, $0.18 \pm 0.03\%$ en lluvias y 0.21% en nortes; siendo promedios inferiores a los del presente estudio. Ramírez *et al.* (2014) observaron en *B. decumbens* RIP de 0.50, 0.30 y 0.28% a los 30, 45 y 60 días, respectivamente; y con una disminución conforme aumentan los días de rebrote.

El comportamiento del requerimiento interno de potasio (RIK) en nortes se atribuye a que en esta época el pasto crece más lento, permaneciendo más tiempo el nutriente en la planta, además de atribuir el comportamiento a cambios en la humedad del suelo entre épocas ya que las plantas absorben más K cuando el suelo está húmedo, al haber una mejor difusión del mismo a la raíz (Roldán, Venialgo y Gutiérrez, 2004). Vieyra-Alberto *et al.* (2013) y Morales-Almaráz *et al.* (2007) reportan los mayores requerimientos de K en época de baja precipitación, siendo el promedio de precipitación anual de 1000 mm de los sitios de estudio, ocurriendo menos lixiviación del nutriente, comparado a nuestras condiciones de estudio. Muñoz *et al.* (2014) evaluaron tres especies de *Brachiarias* y reportan un promedio de RIK de 1.39, 1.96 y 1.73 %, con respecto a las épocas seca, lluvias y nortes. La concentración de K disminuye a mayor edad de la planta, principalmente porque están más concentrados en las partes jóvenes y en crecimiento, especialmente en los brotes, hojas jóvenes y extremos radicales Vázquez y Torres (2006). Jarma-Orozco *et al.* (2012) mencionan que *B. humidicola* presenta un RIK de 0.85 y 1.79% a los 40 y 60 días, respectivamente; Navajas (2011²) evaluando dos *Brachiarias* reporta concentración de K de 2.3 y 1.25% a los 35 y 70 días de rebrote, respectivamente; y se observó el mismo comportamiento en el pasto de esta investigación.

La biomasa total (BT) presentó la mayor producción en lluvias y a los 30 días de rebrote ($41\ 018\ \text{kg ha}^{-1}$) y la menor biomasa se observó en época de nortes y 20 días de rebrote ($5515\ \text{kg ha}^{-1}$). El mayor valor, se considera que fue así debido a que en esta época se presentan mejores condiciones de precipitación y temperatura en las regiones tropicales (Figura 1); en esa frecuencia de corte el pasto tiene sus puntos de crecimiento muy bien desarrollado. El alto potencial de producción las especies forrajeras de los ciclos fotosintéticos C_4 se atribuye a la alta eficiencia en el uso del agua y tolerancia a la alta insolación y temperaturas elevadas (Rodrigues y Rodrigues, 1987); este mismo comportamiento se ha observado en experimentos realizados por Avellaneda *et al.* (2008), Cerdas y Vallejos (2013), Rincón, Ligarreto y Garay (2008) y Homen, Entrena y Arriojas (2010). En la época de nortes el estado vegetativo es afectado por la temperatura baja que puede dañar los componentes fotosintéticos de la hoja y reducir la tasa de asimilación de dióxido de carbono, con una inhibición de la fotosíntesis y de la respiración, así como una reducción de la tasa de crecimiento (Escaso, Martínez y Planelló, 2010); además de menores horas luz y el exceso de agua en el suelo, afectan la fotosíntesis y el crecimiento de las especies forrajeras. Cruz-López *et al.* (2011) cuando evaluaron 24 genotipos de *Brachiaria* encontraron producciones de biomasa promedio de 11275, 1167 y 1112 kg ha^{-1} en base seca en épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente, sin incluir la biomasa radical. Fernández, Benítez, Gómez, Cordoví y Leonard (2001) en *Brachiaria radicans* (tanner) reportan producciones de 1200, 1800 y 2200 Mg ha^{-1} MS a los 21, 28 y 35 días, respectivamente y Benítez *et al.* (2007) encontraron 1800 y 1600 Mg ha^{-1} a los 35 y 49 días de rebrote, respectivamente en pasto humidícola, los cuales son similares a los encontrados en el presente estudio.

Interacción Frecuencia de Corte por Nivel de Fertilización

Se observaron diferencias significativas en la interacción entre los factores frecuencia de corte por nivel de fertilización únicamente en el requerimiento interno de N ($p = 0.0008$), como se muestra en la Figura 3. El mayor porcentaje se identificó a los 20 días de rebrote junto a la dosis alta de fertilización con 1.80% y el menor fue encontrado a los 30 días de frecuencia de corte y tratamiento testigo con 0.94%. Así mismo, no se observaron diferencias significativas en ninguna variable en la triple interacción.

² Navajas, M. V. M. (2011). Efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa y la absorción de nutrientes en *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria* híbrido Mulato. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Bogotá D. C. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

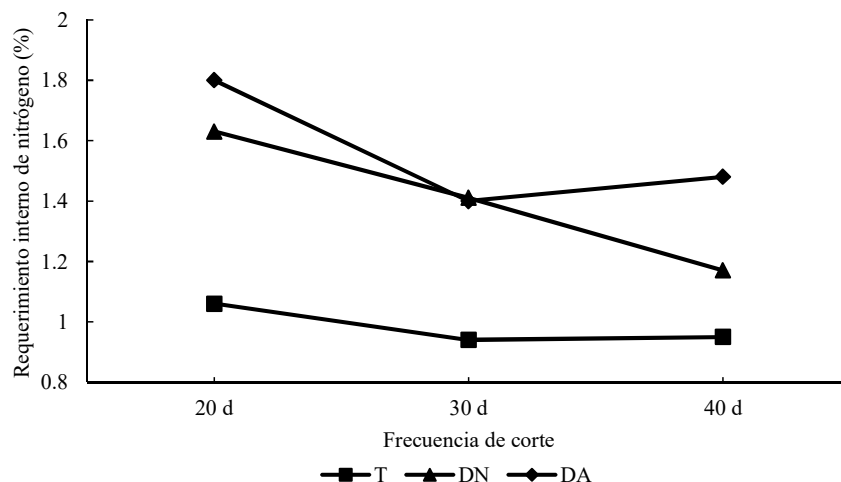


Figura 3. Efecto de las interacciones de las tres frecuencias de corte y los tres niveles de fertilización en el requerimiento interno de nitrógeno.

Figure 3. Effect of the interactions of the three cutting frequencies and the three fertilization levels in the internal nitrogen requirement.

El comportamiento del RIN en pasto humidícola fue mayor, a los 20 días, con la dosis de fertilizante alta. La alta disponibilidad de nutrientes de los fertilizantes es aprovechada por la planta en el periodo de máxima asimilación y para la acumulación de biomasa. Jácome y Saquilanda (2008) evaluaron la fertilización del pasto Mulato I y Xaraés y reportan concentraciones de N de 2.51 y 2.42%, respectivamente. Navajas (2011²) en dos *Brachiarias* reporta 2.1% en tratamiento fertilizado y 1.4% en el testigo. Se ha demostrado que la concentración de N en la planta disminuye conforme avanza la edad de la planta, por un efecto de dilución (Juárez *et al.* 2011). Rodríguez (1993) señala que el RIN es mayor en cultivos que han sido cosechados antes de alcanzar su producción máxima y su madurez fisiológica; y el pasto, a los 20 días de rebrote, no tiene la madurez fisiológica máxima.

CONCLUSIONES

La demanda de nutrientes en el manejo de praderas es necesaria para calcular dosis de fertilización. En esta investigación se estimó la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en pasto Humidícola (*Brachiaria humidicola* Rendle) en condiciones de campo en el trópico húmedo mexicano evaluando los factores: época climática, nivel de fertilización y frecuencia de corte. Las mayores demandas de nitrógeno y potasio se observaron a los 30 días de rebrote y lluvias con 167.0 y 146.6 kg ha⁻¹, respectivamente y las menores a los 20 días y época de nortes con 69.1 y 33.5 kg ha⁻¹, respectivamente para los dos elementos. En el caso del fósforo la mayor demanda fue en la época de lluvias y a los 20 días de rebrote del pasto con 27.6 kg ha⁻¹), y fue menor en la época de nortes, y a los 20 días de rebrote (8.2 kg ha⁻¹). Aunque no se observó interacción entre las épocas y los niveles de fertilización, los dos factores son importantes por separado en la fisiología para la planta. Para estimar la demanda fue necesario medir el requerimiento interno y la biomasa total datos que se obtuvieron en esta investigación.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

No aplicable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: G.E.D.L., A.G.P. y C.J.L.C. Curación de datos: G.E.D.L., A.G.P. y E.D.B.A., Análisis formal: G.E.D.L., A.G.P. y E.D.B.A. Investigación: G.E.D.L., A.G.P. y C.J.L.C. Metodología: G.E.D.L., A.G.P. y C.J.L.C. Administración de proyecto: G.E.D.L., A.G.P., A.A.L., C.J.L.C., E.O.J. y E.D.B.A. Software: G.E.D.L. Recursos: G.E.D.L. y A.G.P. Supervisión: G.E.D.L., A.G.P., A.A.L., C.J.L.C., E.O.J. y E.D.B.A. Validación: G.E.D.L. y A.G.P. Visualización: G.E.D.L. y A.G.P. Redacción, borrador-original: G.E.D.L. y A.G.P. Redacción - revisión y edición: G.E.D.L. y A.G.P.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al M.C. Francisco Meléndez Nava por las facilidades otorgadas en el rancho "Santa Rosa" para el desarrollo de la fase experimental de este estudio, al Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua y Laboratorio de Instrumentación Analítica del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por el apoyo para la realización de los análisis químicos. Un agradecimiento y reconocimiento especial al Dr. Alejandro Alonso López (q.e.p.d.) por su apoyo incondicional en muchos aspectos para el desarrollo en general de esta investigación, sabemos que está en el lugar que se merece por ser esa persona cálida y siempre estaba cuando más se necesitaba.

LITERATURA CITADA

- Andrade, T. F., Bonomo, P., Pires, A. J. V., Silva, F. F. D., Fries, D. D., & Hora, D. S. D. (2011). Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33, 241-248. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.10194>
- Avellaneda, C. J., Cabezas, G. F., Quintana, Z. G., Luna, M. R., Montañez, V. O., Espinoza, G. I., ... & Pinargote M. E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Revista Ciencia y Tecnología* 1, 87-94.
- Benítez, D., Fernández, J. L., Ray, J., Ramírez, A., Torres, V., Tandrón, I., ... & Guerra, J. (2007). Factores determinantes en la producción de biomasa en tres especies de pastos en sistemas racionales de pastoreo en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3), 231-235.
- Borges, J. A., Barrios, M. & Escalona, O. (2012). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zootecnia Tropical*, 30, 2-25.
- Bregliani, M. M., Temminghoff, E. J., van Riemsdijk, W. H., & Haggi, E. S. (2006). Nitrogen fractions in arable soils in relation to nitrogen mineralization and plant uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(11-12), 1571-1586. <https://doi.org/10.1080/00103620600710124>
- Cerdas, R., & Vallejos, E. (2013). Productividad del pasto Brachipará (*B. arrecta* x *B. mutica*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes*, 14(27), 19-42.
- Cruz-López, P. I., Hernández-Garay, A., Enríquez-Quiroz, J. F., Mendoza-Pedroza, S. I., Quero-Carrillo, A. R., & Joaquín-Torres, B. M. (2011). Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), 123-131.
- Escalona, A., & Pire, R. (2008). Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 25, 243-260.
- Escaso, S. F., Martínez, G. J. L., & Planelló, C. M. R. (2010). *Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal*. (1ra. Ed.). Madrid, España: Prentice Hall.
- Fernández, J. L., Benítez, D. E., Gómez, I., Cordoví, E., & Leonard, I. (2001). Dinámica de crecimiento del pasto *Brachiaria radicans* cv Tanner en las condiciones edafoclimáticas del valle del Cauto en la provincia Granma. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 35, 399-405.
- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Distrito Federal, México: Instituto de Geografía-Universidad Autónoma de México.
- Guenni, O., Marín, D., & Baruch, Z. (2002). Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant and Soil*, 243(2), 229-241. <https://doi.org/10.1023/A:1019956719475>
- Homen, M., Entrena, I., & Arriojas, L. (2010). Biomasa y valor nutritivo de tres gramíneas forrajeras en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 115-127.
- Jácome, L., & Saquilanda, M. (2009). Fertilización organo-mineral del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido) y Xaraes (*Brachiaria brizantha* Xaraés). Santo Domingo De Los Tsáchilas. *Eídos*, 1, 62-72. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i1.43>
- Jarma-Orozco, A., Maza-Angulo, L., Pineda-Pérez, A., & Hernández-Ciodaro, J. (2012). Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 7(1), 88-99.
- Juárez, J., Bolaños, E. D., Vargas, L. M., Medina, S., & Martínez-Hernández, P. A. (2011). Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(3), 321-331.

- Kolesnikov, V. (1971). *The root system of fruit plants. Translated from the Russian by L. Aksenova*, Moscow, Russia: Mir Publishers.
- López-Avendaño, J. E., López-Inzunza, H. J., Tirado-Ramírez, M. A., Estrada-Acosta, M. D., & Martínez-Gallardo, J. A. (2024). Requerimiento Hídrico, Coeficiente de Cultivo y Productividad de Pasto Híbrido Convert 330 (*Brachiaria* sp) en un Clima Semiárido Cálido de México. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-15. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1797>
- Medina, N. J., Borges, G. L., & Soria, F. M. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 219-228.
- Moguel, O. E. J., & Molina, E. M. J. F. (2000). La precipitación pluvial en Tabasco y Chiapas. *Kuxulkab*, 5, 1-8.
- Morales-Almaráz, E., Domínguez-Vara, I., González-Ronquillo, M., Jaramillo-Escutia, G., Castelán-Ortega, O., Pescador-Sálas, N., & Huerta-Bravo, M. (2007). Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria en México*, 45(3), 329-344.
- Mosier, A. R., Halvorson, A. D., Reule, C. A., & Liu, X. J. (2006). Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. *Journal of Environmental Quality*, 35(4), 1584-1598. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0232>
- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., Lara-Bueno, A., & De la Rosa-Arana, J. L. (2014). Evaluación mineral de forrajes del trópico húmedo mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2), 285-287.
- Ortega, L. E., & González, B. (2014). Efecto de la fertilización nitrogenada y frecuencia de corte sobre los rendimientos de materia seca y valor nutritivo del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*, 7(4), 217-228.
- Palma-López, D. J., Cisneros, J. D., Moreno, E. C., & Rincón, J. A. (2007). *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Villahermosa, Tabasco, México: Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. ISBN: 968-839-552-8
- Quirós, R., Villalba, G., Muñoz, P., Font, X., & Gabarrel, L. X. (2014). Environmental and agronomical assessment of three fertilization treatments applied in horticultural open field crops. *Journal of Cleaner Production*, 67, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.039>
- Ramírez, L. J., Leonard, I., Verdecia, D., Pérez, Y., Arseo, Y., & Álvarez, Y. (2014). Relación de dos minerales con la edad y los elementos del clima en un pasto tropical. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15, 1-8.
- Roldán, M. F., Venialgo, C. A., & Gutiérrez, N. C. (2004). Potasio disponible, de reserva y energía de reemplazamiento en suelos y el nivel foliar en rye-grass. Universidad Nacional del Nordeste (Argentina). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, 072, 1-3.
- Rao, I. M., Miles J. M., & Granobles, J. C. (1998). Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the tropical forage grass genus, *Brachiaria*. *Field Crops Research*, 59, 43-52. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(98\)00106-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00106-3)
- Retuerto, R., Rodríguez, R. S., Fernández, L. B., & Obeso, J. R. (2003). Respuestas compensatorias de plantas en situaciones de estrés. *Ecosistemas*, 12(1), 1-7.
- Reyes-Purata, A., Bolaños-Aguilar, E. D., Hernández-Sánchez, D., Aranda-Ibañez, E. M., & Izquierdo-Reyes, F. (2009). Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia*, 25(3), 213-224.
- Rincón, A., Ligarreto, G., & Garay, E. (2008). Producción de forraje en los pastos *B. decumbens* cv. Amarga y *B. Brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones de piedemonte llanero colombiano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61, 4336-4346.
- Rodrigues, L. R. A., & Rodrigues, T. J. D. (1987). Ecofisiología de plantas forrageiras. En P. R. C. Castro, S. O. Ferreira & T. Yamada (Eds.), *Ecofisiología da produção agrícola* (pp. 203-227). Piracicaba, Brasil: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS).
- Rodríguez, S. J. (1993). *La fertilización de los cultivos: Un método racional*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Rodríguez, J., Pinochet, D., & Matus, F. J. (2001). *Fertilización de los cultivos*. Santiago, Chile: Ed. LOM. ISBN: 9562888800
- Rodríguez, S. T., Sánchez, N. J., Morales, G. E., & Cruz, C. F. (2006). Interacción micorrizas arbusculares-*Trichoderma harzianum* (*Moniliaceae*) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (*Poaceae*). *Acta Biológica Colombiana*, 11, 43-54.
- SAS Institute (2002). *Statistical Analysis System. User's Guide. Release 9.0*. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.
- Salas, R., & Cabalceta, G. (2009). Manejo del Sistema Suelo-Pasto: Partida para la producción de forrajes. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica-Centro de Investigaciones Agronómicas.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021 SEMARNAT-2000 antes NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. D. F., México: SEGOB.
- Thomas, H. (2013). Senescence, ageing and death of the whole plant. *New Phytology*, 197, 696-711. <https://doi.org/10.1111/nph.12047>
- Vázquez, E., & Torres, S. (2006). *Fisiología Vegetal*. En C. Lamsfus Arrien & P. M. Aparicio Tejo (Eds.) *Nutrición mineral: Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales* (692 p.). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra. ISBN: 978-84-9769-165-9.
- Vega-Espinosa, M., Ramírez-de la Ribera, J., Leonard-Acosta, I., & Igarza, A. (2006). Rendimiento, caracterización química y digestibilidad del pasto *Brachiaria decumbens* en las actuales condiciones edafoclimáticas del Valle del Cauto. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(5), 1-6.
- Vieyra-Alberto, R., Domínguez-Vara, I. A., Olmos-Oropeza, G., Martínez-Montoya, J. F., Borquez-Gastelum, J. L., Palacio-Núñez, J., ... & Morales-Almaráz, E. (2013). Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la huasteca potosina, México. *Agrociencia*, 47(2), 121-133.