



InterSedes

ISSN: 2215-2458

ISSN: 2215-2458

Sedes Regionales

Cerdas-Ramírez, Roberto; Vidal-Vega, Edgar; Vargas-Rojas, Jorge Claudio
Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x
Pennisetum glaucum) con distintas dosis de fertilización nitrogenada
InterSedes, vol. XXII, núm. 45, 2021, Enero-Julio, pp. 136-161
Sedes Regionales

DOI: <https://doi.org/10.15517/ISUCR.V22I45.47069>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66670035006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNAM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada

Productivity of Cuba OM-22 grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) with different levels of nitrogen fertilizer

Roberto Cerdas-Ramírez

Sede Regional de Guanacaste
Universidad de Costa Rica
Liberia, Guanacaste, Costa Rica

rcerdasucr@hotmail.com

Jorge Claudio Vargas-Rojas

Sede Regional de Guanacaste
Universidad de Costa Rica
Liberia, Guanacaste, Costa Rica

jorgeclaudio.vargas@ucr.ac.cr

Edgar Vidal Vega-Villalobos

Sede Regional de Guanacaste
Universidad de Costa Rica
Liberia, Guanacaste, Costa Rica

edgar.vega@ucr.ac.cr

RESUMEN: Se realizó un ensayo para evaluar el comportamiento productivo del pasto Cuba OM-22, en Santa Cruz, Guanacaste, localidad situada a 54 msnm, con una precipitación anual de 1834 mm. Se evaluó la producción de biomasa verde y seca, el contenido y la producción de proteína cruda por hectárea y el contenido de macronutrientes y micronutrientes del Cuba OM-22 sometido a cuatro dosis de nitrógeno, con cortes a los 56 días: 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹. El rendimiento de biomasa seca varió con las dosis de N aplicado, lo cual produjo 6,7 t, 8,5 t, 10,9 t y 11,3 t MS ha⁻¹ corte-1, la tasa de crecimiento de biomasa presentó valores de 120 kg, 152 kg, 195 kg y 201 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, la producción de proteína cruda por hectárea fue de 459 kg, 751 kg, 1180 kg y 1459 kg PC ha⁻¹ corte-1, con la aplicación de 50 kg, 100 kg, 150 kg y 200 kg N ha⁻¹ corte-1 respectivamente. Todos los nutrientes se presentaron en cantidades adecuadas para la salud y producción animal, con la excepción del potasio (K), que mostró valores superiores a 3,0% de la materia seca, con las dosis de 150 y 200 kg N ha⁻¹ corte-1. Se recomienda aplicar al pasto Cuba OM-22, 150 kg N ha⁻¹ por corte de 56 días.

PALABRAS CLAVE: Cuba OM-22, Ppurpureum x Pglaucum, fertilización nitrogenada, proteína por hectárea, contenido de micro y macronutrientes

ABSTRACT: A study was conducted to evaluate the productive behavior of the Cuba OM-22 grass, in Santa Cruz, Guanacaste, county located at 54 masl, with a 1834 mm annual rainfall. Production of green and dry biomass, content and production of crude protein per hectare, and macro-nutrient and micro-nutrient content of Cuba OM-22 were evaluated, subjected to four doses of nitrogen, with cuts at 56 days; 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹. The yield of dry biomass varied with the dosage of N applied, which produced 6.7 t, 8.5 t, 10.9 t and 11.3 t MS ha⁻¹ cut-1, biomass growth rate presented values of 120 kg, 152 kg, 195 kg and 201 kg MS ha⁻¹ day-1, production of crude protein per hectare was 459 kg, 751 kg, 1180 kg and 1459 kg PC ha⁻¹ cut-1, with the application of 50 kg, 100 kg, 150 kg and 200 kg N ha⁻¹ cut-1 respectively. All nutrients are presented in suitable animal health and production quantities, with the exception of potassium (K), which showed values greater than 3.0% of the dry matter, with the doses of 150 and 200 kg N ha⁻¹ cut-1. It is recommended to apply 150 kg N ha⁻¹ to Cuba OM-22 grass per cut of 56 days.

PALABRAS CLAVE: Cuba OM-22, Ppurpureum x Pglaucum, nitrogen fertilization, protein per hectare, macro and micronutrients content

Recibido: 16-11-2020 | Aceptado: 16-04-2021

CÓMO CITAR (APA): Cerdas-Ramírez, R. et al. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 22(45), 136-161. DOI 10.15517/iusucr.v22i45.47069

Publicado por la Editorial Sede del Pacífico, Universidad de Costa Rica
DOI: 10.15517/iusucr.v22i45.47069

Introducción

Con el propósito de ofrecer una alternativa al desempeño que los pastos nativos y naturalizados han presentado en el trópico seco de Costa Rica, se buscaron nuevas especies forrajeras, estos forrajes deben resistir períodos secos de entre 5 y 6 meses, así como, producir una buena cantidad y calidad de biomasa para la adecuada alimentación del ganado de las fincas locales.

Estos forrajes, presenta una gran variabilidad de su demanda nutricional, que depende de tres factores: la capacidad para extraer nutrientes del suelo, el requerimiento interno de la planta y el potencial de producción de la especie. Por lo que el rendimiento de forraje es el factor que controla la extracción y consumo de nutrientes y la práctica de fertilización adquiere mayor significado en aquellas especies con alto potencial genético de producción. Para identificar la dosis apropiada de fertilizante se debe tomar en cuenta el nivel esperado de producción de forraje, las condiciones del suelo, el ambiente, la tecnología aplicada el potencial genético de productividad de la especie (Bernal y Espinosa, 2003).

Entre los beneficios de fertilizar forrajes, se puede observar un incremento en el contenido de nitrógeno (proteína), digestibilidad, altura de la planta, densidad, relación hoja-tallo y mayor producción de biomasa. Además, se obtiene un ligero incremento en el consumo de forraje y la producción de carne y leche, por lo que si se fertiliza y no se aumenta la carga animal para aprovechar la biomasa producida, los beneficios económicos de esta práctica en la producción de carne o leche son pocos. Y debido a los altos costos de los fertilizantes, esta práctica se ha dejado de realizar en Guanacaste y solo se puede aplicar en las zonas de uso intensivo de la finca y en los forrajes de corte (Cerdas, 2011).

Carmona et al. (2005), indican que el mejoramiento de las características nutricionales del forraje y la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, como de la presencia de otros estratos vegetales en el área de pastoreo (sistemas silvopastoriles), pueden mejorar las características de la fermentación ruminal, lo cual se reflejaría en mayor productividad y generalmente en una disminución en las emisiones de CH_4 . Una forma de manejar los forrajes para suplementar el ganado y utilizar los fertilizantes de una manera eficiente es sembrar bancos forrajeros en la finca.

De los forrajes disponibles (Urbano et al., 2008), el pasto gigante (*Pennisetum*) es la especie más utilizada por su fácil establecimiento, disponibilidad de semilla, tolera plagas y enfermedades, soporta la sequía, presenta buena persistencia, alta producción de biomasa de mediana a alta calidad y permite mantener o elevar la carga animal de la finca.

Específicamente, los pastos Cuba CT-115, Cuba CT-169, Cuba OM-22 pertenecen al género *Pennisetum*, y se caracterizan por presentar altos rendimientos, digestibilidad de sus componentes y contenido proteico (Martínez et al., 2009). Dentro de ellos, el híbrido Cuba OM-22 se considera un excelente forraje, de rápido crecimiento y aumento de densidad poblacional de tallos, hojas anchas, además de que soporta cambios climáticos. (Martínez et al., 2010; Martínez y González, 2017).

Martínez et al. (2009), explican que el pasto Cuba OM-22 es un híbrido entre dos especies de *Pennisetum purpureum*. Como progenitor masculino se utilizó el *P. purpureum* Cuba CT-169 y como progenitor femenino el *P. glaucum*, Tifton este cultivar de millo perla se seleccionó como progenitor femenino por poseer un largo período de crecimiento en verano y alta talla, con abundante producción de forraje. El cruzamiento se hizo por polinización cruzada manual y la selección del híbrido Cuba OM-22, en el cual dominan las características de la especie *purpureum*. La alta proporción de hojas largas y anchas del cultivar Cuba OM-22, especialmente en el período seco y la ausencia de pelos en las hojas lo hacen muy atractivo para el corte a mano. El mayor contenido de hojas en el período seco equivale a un contenido superior de proteína y digestibilidad.

Un aporte adicional, describe al pasto Cuba 22 como una planta de exuberante crecimiento, tallos y hojas completamente lisos, no contiene espinas, ni vellosidades, no causa irritación a operarios o animales. Su crecimiento es erecto macollante, pero su follaje se dobla desde edades muy tempranas debido a su abundante biomasa y alcanza una talla de 1,5 a 1,8 metros de altura. Produce un abundante follaje desde su base y presenta tallos gruesos con muy buena digestibilidad. Contiene hojas muy anchas y al mes de sembrada ya brota con 8 a 10 hijos, su principal propiedad es la alta proporción de follaje. Para su desarrollo requiere suelos drenados, ácidos y neutros. Uno de las características más importantes que

posee es que soporta períodos de sequía prolongados por la profundidad de sus raíces (Clavijo, 2016).

Además, el cultivar OM-22 aventaja en ancho y largo de la hoja al progenitor masculino Cuba CT-169 y al King grass que son excelentes cultivares forrajeros de *Pennisetum purpureum*. Su principal ventaja productiva es el alto porcentaje de hojas en la materia seca. Mientras que el King grass tiene 51% y 59% de hojas entre los 42 días y 70 días de edad, el cultivar OM-22 adquiere entre 59% y 67% en el mismo intervalo de edades. Las diferencias se acentúan durante el periodo poco lluvioso donde el cultivar OM-22 alcanza entre 74% y 80% de hojas en la materia seca entre 42 días y 70 días de edad, mientras que a igual edad el King grass tiene valores entre 61% y 67%. Trece unidades porcentuales más de hojas en el periodo seco equivalen a tenores proteicos y de digestibilidad superior en el forraje cortado que llega al animal, específicamente el pasto Cuba OM-22 presentó a los 56 días, un rendimiento de 7,2 toneladas de materia seca por hectárea, con 76,4% de hojas (Martínez et al., 2009).

Martínez et al. (2010) expresan que, al evaluar varios *Pennisetum*, el híbrido Cuba OM-22 es el que mejor proporción de hojas presentó, por lo que se sugiere su utilización donde se necesite mayor cantidad de nutrientes digestibles y que se debe cosechar entre los 42 y 70 días del rebrote, cuando muestra el mejor valor nutritivo (42 días) y la mayor producción de biomasa (70 días). También se recomienda este pasto, por no tener vellosidades en las hojas para el corte manual en pequeñas fincas.

Al utilizar los *Pennisetum* cubanos, se demostró (Martínez y Herrera, 2005) que con la sustitución del 30% del área de pastoreo con el CT-115, en una lechería, permitió reservar suficiente biomasa para cubrir las necesidades de pasto de 138 vacas (1,2 vacas por UA.) durante todo el período seco.

El presente estudio se realizó para evaluar la productividad y el contenido de nutrientes del pasto Cuba OM-22, sometido a distintas dosis de nitrógeno, en Guanacaste, Costa Rica.

Materiales y métodos

Ubicación y caracterización del área experimental

La prueba de fertilización en pasto Cuba OM-22 se sembró a una altitud de 54 msnm, en la Finca Experimental de Santa Cruz (FESC) de la Universidad de Costa Rica, lugar que posee una precipitación promedio de 1834 mm.año⁻¹, temperatura media anual de 27,9°C, con evaporación media diaria de 6,8 mm. y radiación solar global diaria de 18,7 MJ. La FESC muestra valores de lluvia mínimos de diciembre a abril y dos períodos lluviosos: de mayo a junio y de agosto a noviembre. El suelo en la Finca Experimental de Santa Cruz se clasifica como Vertic Rhodustalf, orden Alfisol, subgrupo Vertic de textura arcillosa (Chavarría, 1990) y el análisis del suelo se presenta en la Tabla 1, producto del muestreo que se realizó en junio de 2017 (CIA, 2017).

TABLA 1

CONDICIONES EDÁFICAS DEL ENSAYO EN SANTA CRUZ, GUANACASTE
2019

H_2O	%			$cmol(+).L^{-1}$			$mg.L^{-1}$					
pH	MO	N	$AcEx$	Ca	Mg	K	P	Zn	Cu	Fe	Mn	S
6,3	2,32	0,16	0,11	17,64	6,96	0,26	2	2,0	18	38	23	14

Establecimiento del pasto Cuba OM-22

La siembra se realizó con semilla vegetativa, utilizando una densidad de 4500 kg.ha⁻¹ de tallos, distribuidos en forma continua, en doble fila, dentro de surcos de 7 cm de profundidad. Se sembró a una distancia entre surcos de 80 cm, en 16 parcelas de 42 m² (6 x 7 m) cada una.

El combate de malezas se realizó en forma manual y con un herbicida del grupo químico “fosfórico” en la periferia y las divisiones internas del ensayo, y con 2,4 D + picloran para malezas de hoja ancha dentro de las parcelas experimentales. Se aplicó riego complementario en los períodos de baja precipitación. Además, se mantuvo monitoreo de plagas y enfermedades durante todo el experimento.

Las parcelas se fertilizaron de acuerdo con las necesidades de *Pennisetum purpureum* y con el análisis de suelo (Tabla 1). El fertilizante se colocó en el fondo del surco y se cubrió con suelo antes de colocar los tallos o esquejes de tres nudos de longitud. En el período de establecimiento se aplicaron 38 kg de nitrógeno y 114 kg de P_2O_5 por hectárea a la siembra, en el fondo del surco. Además, se adicionaron 38 kg de K_2O , 16 kg de SO_4 y 50 kg de N por hectárea en banda, 15 días después de la siembra. A los 30 días, luego de la siembra, se aplicó 1,0 litro por hectárea de fertilizante foliar completo (N: 110, P_2O_5 : 80, K_2O : 60, S: 1500, B: 400, Co: 20, Zn: 800, Cu: 400, Mo: 50, Ca: 250, Mn: 400, Fe: 500 y Mg: 250 mg.L⁻¹) y 50 kg de N por hectárea al voleo. En la última fertilización de establecimiento se aportaron 50 kg de N al voleo, a los 45 días de la siembra.

Manejo del experimento

Nueve meses después de la siembra, se realizó el corte de uniformidad, el ensayo (2 de mayo de 2018), a 15 cm del suelo. A los cinco días después del corte de uniformidad, se aplicaron las dosis de nitrógeno a las parcelas de acuerdo con los tratamientos: 50, 100, 150 y 200 kg de N por hectárea por corte. Las dosis de nitrógeno por corte se dividieron en dos aplicaciones, con 5 días entre ellas, para evitar algún síntoma de toxicidad. Además del tratamiento con nitrógeno, se realizó una aplicación adicional de 114 kg de P_2O_5 y 38 kg de K_2O por hectárea para cada tratamiento, con el propósito de corregir las deficiencias del suelo y satisfacer las necesidades de nutrientes de la forrajera evaluada. El nitrógeno se aplicó como nitrato de amonio, el fósforo y potasio como 10-30-10.

Variabes a evaluar

La cosecha del rebrote, de 56 días, se realizó durante la estación lluviosa entre mayo y junio, a una altura de 15 centímetros del suelo y las variables que se evaluaron fueron, altura de la planta, índice de clorofila (SPAD), biomasa verde y seca, porcentaje de hojas, crecimiento de biomasa, contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B en la materia seca, contenido de proteína cruda (%) y producción de proteína por hectárea.

Las muestras de follaje se secaron en una estufa para forrajes a 60 °C durante 72 horas (Herrera, 2007). Todos los parámetros de laboratorio se analizaron por las metodologías convencionales, (AOAC, 1991). Se realizó un análisis foliar completo de cada muestra en el Laboratorio de Suelos y Foliareos de la Universidad de Costa Rica, para los macro y micro elementos. El nitrógeno resultante de este análisis se multiplicó por 6,25, para obtener el contenido de proteína cruda de la biomasa.

Un día antes de cosechar, a las parcelas se les realizó una medición de altura y contenido de clorofila con un equipo portátil Minolta SPAD 502, tomando el promedio de 10 lecturas de cada parcela de pasto (Peterson et al., 1993). El medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 (Soil Plant Análisis Development) mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. (Sainz y Echeverría, 1998; Caires et al., 2005 citados por García y Daverede, 2008).

Para contrastar la hipótesis de igualdad de medias poblacionales entre los distintos tratamientos se ajustó un análisis de varianza, con un nivel de significación (α) igual a 0,05, según el modelo que se especifica en la Ecuación 1. Además, se comprobaron los supuestos de este modelo mediante gráficos diagnósticos (cuantiles de términos del error, gráfico de residuos y gráfico de residuos vs predichos). En las variables donde existió diferencias significativas entre tratamientos se realizó una prueba de separación de medias con el procedimiento de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher con un nivel de significación (α) igual a 0,05. Las variables N, Mg y Fe presentaron heterocedasticidad, por lo que se utilizó una función varianza con modelo identidad (varIdent), que permitió que cada grupo, en este caso tratamiento, que fue el criterio de agrupamiento que se utilizó, tuvieran varianza distinta. Para la comparación entre los modelos ajustados (con función varianza vs sin función varianza) se usaron el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) y el criterio de información bayesiano (BIC, por sus siglas en inglés).

Ec. 1

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Los datos de las variables evaluadas, se analizaron mediante el correspondiente análisis de varianza con InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020) y se basó en la comparación de las medias de los tratamientos, según la prueba LSD Fisher ($p \leq 0,05$). Para algunos de los parámetros de calcularon regresiones de predicción.

Adicionalmente, para los contenidos de macro y micro elementos, a partir de la matriz de correlación de los datos (matriz de covarianza de las variables originales centradas y escaladas) se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y con los resultados obtenidos se construyó un biplot.

Resultados y discusión

Producción de biomasa verde y seca

La producción de forraje verde mostró diferencias significativas, entre las dosis de nitrógeno (N) aplicadas ($p < 0,0001$). Todas las dosis de nitrógeno evaluadas con el pasto Cuba OM-22 presentaron diferencias entre medias y fueron superiores en producción de biomasa verde, en kilogramos por hectárea, por corte, que cuando se aplicaron dosis bajas de nitrógeno al pasto (Tabla 2). Las dosis crecientes de nitrógeno causaron un incremento en la producción de biomasa verde en relación con aplicar 50 kg N por hectárea, de 28 %, 157 % y 159 % con 100, 150 y 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea, a los 56 días de rebrote luego del corte de uniformidad. Pero entre las dosis de 150 kg N y 200 kg N por hectárea no existió diferencia significativa (Tabla 2).

Lo anterior indica que específicamente en la producción de biomasa verde, la mejor dosis de fertilizante fue de 150 kg N ha⁻¹.

TABLA 2
PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y SECA DEL PASTO CUBA OM-22 EN
SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Biomasa verde <i>t.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Biomasa seca <i>t.ha⁻¹.corte⁻¹</i>
50	27,7 c	6,7 c
100	35,3 b	8,5 b
150	43,5 a	10,9 a
200	44,0 a	11,3 a

a,b,c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

Clavijo (2016), indica rendimientos del pasto Cuba OM-22 desde 70 a 180 toneladas de forraje verde por hectárea, por año. Y en una evaluación de *Pennisetum*, encontraron (Pastrana y Rivas, 2015), valores de 90 toneladas de forraje verde para Cuba OM-22 y de 65 toneladas de forraje verde por hectárea para Cuba CT-169, con cortes de 90 días. Otros (León y Cardona, 2015), observaron rendimientos de 88 toneladas de materia verde por hectárea, por año, al evaluar el comportamiento del Cuba OM-22 con cortes entre los 84 días y los 112 días. El pasto Cuba OM-22 mostró una producción de aproximadamente 17 tMV.ha⁻¹ a los 60 días de edad del rebrote (Grajales et al., 2018).

También, se reporta en pasto Camerúm (*Pennisetum purpureum*) una producción de biomasa verde de 53,4 toneladas, cuando se aplicaron 300 kg N ha⁻¹ por año (100 kg N ha⁻¹ corte⁻¹) con cortes promedio de 60 días (Cerdas y Vallejos, 2010) y de 26 t MV, 44 t MV y 55 t MV ha⁻¹ con la aplicación de 30 kg N, 60 kg N y 90 kg N por hectárea, en pasto Maralfalfa a los 49 días del rebrote (Cerdas, 2015).

Los datos de la Tabla 2, son similares a los reportados por Citalán et al. (2012) de 30,7 y 37,9 toneladas de forraje verde de pasto Maralfalfa cortado a los 45 días de edad, y fertilizado con urea. Otros trabajos presentan resultados acordes a la producción de biomasa obtenida en este ensayo: 43,75 toneladas de biomasa verde, a los 50 días, con la aplicación de 95,8 kg N ha⁻¹ (Buelvas, 2009) y de 48 toneladas de biomasa verde a los 42 días (González et al., 2009).

Un aspecto importante por considerar, cuando se fertilizan pastos, es el costo de la aplicación y el beneficio que produce. En las fincas de Guanacaste, se han dejado de fertilizar los potreros debido a los altos costos y solo se pueden aplicar fertilizantes a las áreas de uso intensivo y a los forrajes de cortes, para ofrecer forraje fresco, ensilado o henificado (Cerdas, 2011).

La altura de las plantas, solo fue significativamente diferente ($p < 0,0001$) entre la dosis de 50 kg N por hectárea y el resto de las dosis, con un promedio de altura de planta de 178 cm, para los tratamientos de 100 kg N, 150 kg N y 200 kg N por hectárea, por corte. Algunos autores, reportan alturas del pasto Cuba OM-22 de entre 150 cm a 180 cm (Clavijo, 2016), de 95 cm a los 60 días de edad (Grajales et al., 2018) y de 132 cm a los 60 días durante la época lluviosa (Caballero et al., 2016).

Los tratamientos de nitrógeno evaluados (N) en el pasto Cuba OM-22, presentan diferencias significativas (Tabla 2) entre casi todas las dosis utilizadas en la producción de forraje seco ($p < 0,0001$). Excepto por la respuesta entre 200 kg N y 150 kg N por hectárea (Tabla 2). Las dosis crecientes de nitrógeno causaron un incremento en la producción de biomasa seca de 27%, 63% y 68% con la aplicación de 100, 150 y 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea, a los 56 días de crecimiento, comparado con fertilizar con una dosis de 50 kg N ha⁻¹ corte⁻¹.

Es recomendable realizar un análisis beneficio-costos para tomar la decisión más acertada para invertir grandes cantidades de nitrógeno al pasto de corte. Sin embargo, parece apropiado concluir que la mejor dosis de nitrógeno, para producir una adecuada cantidad de biomasa seca, fue de 150 kgN.ha⁻¹.corte⁻¹, bajo las condiciones de este ensayo.

Con el aporte de 150 kg N ha⁻¹ corte⁻¹ al suelo, según la Tabla 2, se pueden obtener 10,93 t MS ha⁻¹ corte⁻¹, aproximadamente 54,7 t MS ha⁻¹ año⁻¹, del pasto Cuba OM-22.

Producciones similares a las encontradas en este ensayo, indican que, al aplicar 50 kg N por hectárea por corte, en el pasto OM-22 se obtuvo (Caballero et al., 2016) una producción de 11 t MS ha⁻¹ corte⁻¹ durante la estación menos lluviosa y de 19 t MS ha⁻¹ corte⁻¹ durante la lluviosa. Martínez et al. (2010) reportaron rendimientos de 7,2 t MS ha⁻¹ corte⁻¹, al fertilizar el Cuba OM-22 con 70 kg N ha⁻¹ por corte de 56 días.

Varios investigadores reportaron producciones de biomasa seca por hectárea superiores a las encontradas en esta investigación: Ramos et al. (2015) al evaluar cuatro *Pennisetum*, entre ellos el Cuba OM-22, encontraron producciones de 36 t MS durante la época seca y 28 t MS ha⁻¹ durante la época lluviosa, con el aporte anual de 200 kg N y 60 kg P por hectárea y específicamente para el Cuba OM-22 de 39 kg MS por hectárea durante las lluvias, además, al fertilizar el Cuba OM-22 la producción fue de 38 t MS por hectárea comparado con no fertilizar de 30 t MS ha⁻¹, con cortes de 90 días.

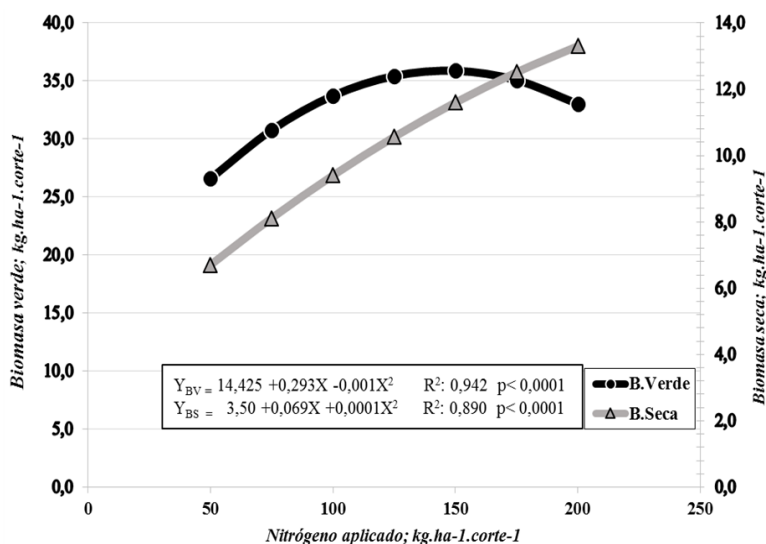
Ramos, Canul y Duarte, (2013) reportaron rendimientos de 26 t MS por hectárea por corte de 60 días, cuando aplicaron 300 kg N por hectárea, por año, en el pasto Cuba OM-22. Otros resultados superiores fueron reportados, 16,6 t MS ha⁻¹ corte⁻¹ de 60 días (Martínez y González, 2017) y de 26 t MS ha⁻¹ corte⁻¹ (Pastrana y Rivas, 2015) al evaluar el pasto Cuba OM-22.

Según Bernal y Espinosa (2003) la respuesta de los pastos a la fertilización, se expresa de diferente manera y el efecto más notable es en el rendimiento de materia seca. Esta respuesta es la que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos al fertilizar forrajes, pero la aplicación de nutrientes, afecta también la calidad del forraje que se mide evaluando el contenido de proteína, minerales o por las variaciones en la digestibilidad del pasto. El tercer efecto se manifiesta con el aumento en la producción de carne y leche o en la capacidad de carga animal.

Se calcularon curvas de regresión para predecir la producción de biomasa verde y seca del pasto Cuba OM-22 con varias dosis de fertilizante nitrogenado (Figura 1).

FIGURA 1

REGRESIONES DE PREDICCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y SECA DEL PASTO CUBA OM-22, A LOS 56 DÍAS DE REBROTE, CON VARIAS DOSIS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS EN SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2018.



En esta investigación no se detectaron diferencias significativas, en el contenido de hojas (%) del pasto Cuba OM-22, al aplicar las dosis crecientes de nitrógeno y el promedio de los tratamientos fue de 61% de hojas. Varios investigadores encontraron valores similares, de 76% de hojas a los 56 días de edad (Martínez et al., 2009) y de 61% de hojas entre los 30 y 70 días del rebrote (Maldonado et al., 2019). Otros, señalan valores inferiores de 31,3% de hojas verdes en la época lluviosa (Ledea et al., 2018) y 39% de hojas a los 60 días (Ramos, Canul y Duarte, 2013).

La relación hoja-tallo tiende a disminuir conforme se incrementa la madurez del pasto. Esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos y material muerto (Calzada et al., 2014).

Crecimiento de biomasa

El crecimiento de biomasa o tasa de crecimiento del pasto presentó diferencias significativas ($p>0,0001$) al aplicar las dosis de nitrógeno evaluadas (Tabla 3), excepto entre las dosis de 150 kg N y 200 kg N por hectárea, por lo que la mejor dosis fue la de 150 kg N por hectárea que mostró un crecimiento de biomasa seca de 195 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, en el pasto Cuba OM-22 con cortes de 56 días.

TABLA 3

CRECIMIENTO DE BIOMASA DEL PASTO CUBA OM-22 EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Crecimiento <i>kgMS.ha⁻¹.día⁻¹</i>
50	120 c
100	152 b
150	195 a
200	201 a

*a,b,c muestran diferencias significativas $p\leq0,05$ LSD Fisher;
corte: 56 días*

Valores similares a los apuntados en la Tabla 3, sobre el crecimiento de biomasa del Cuba OM-22, fueron aportados por Caballero et al. (2016), de 122 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, con la aplicación de 50 kg N por hectárea; de 214 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ con Cuba OM-22 a los 56 días (Maldonado et al., 2019) y de 129 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ a los 56 días fertilizado con 70 kg N ha⁻¹ (Martínez et al., 2010); valores superiores, de 420 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ (Rodríguez et al., 2011) y 350 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ en pasto Cuba OM-22 fertilizado, a los 90 días de edad (Ramos et al., 2015). Estudios con otros Pennisetum similares indican: que la máxima tasa de crecimiento en Maralfalfa, se alcanzó a los 56 días (109 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) al aplicar 141 kg N, 43 kg P y 20 kg K por hectárea (López et al., 2020).

Contenido y producción de proteína del pasto

Las dosis de crecientes de nitrógeno muestran diferencias significativas (Tabla 4) en el contenido de proteína cruda (% PC) de Cuba OM-22 ($p < 0,0001$), cuando se cortó a los 56 días. La proteína cruda se calcula multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor 6,25. La mejor respuesta en % PC del pasto Cuba OM-22 se obtuvo con la aplicación de 200 kg N ha⁻¹ corte⁻¹ y fue de 12,95 % PC. Se encontró una respuesta lineal en el contenido de proteína, a la aplicación de fertilización nitrogenada (Tabla 4).

TABLA 4

CONTENIDO Y PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA CRUDA EL PASTO CUBA O M-22
EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Proteína cruda %	Proteína cruda <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>
50	6,9 d	459 d
100	8,9 c	751 c
150	10,8 b	1180 b
200	13,0 a	1459 a

a, b, c, d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

León y Cardona (2015), al evaluar varios Pennisetum, a los 60 días de edad observaron valores de 8,27 %, 10,81 % y 10,34 %PC por hectárea para los pastos Cuba OM-22, King grass morado y Maralfalfa respectivamente. Además, el pasto Cuba OM-22 presentó un valor de 8,8 % PC a los 60 días, con la aplicación de 50 kg N por hectárea (Ramos, Canul y Duarte, 2013). Martínez y González (2017), al aplicar 250 kg N por hectárea, por año, señalan valores de 8,36 % PC a los 90 días de la época poco lluviosa y de 11,35 % PC a los 90 días de la época lluviosa. Otros investigadores indican valores promedios de 8,5 % PC en varios genotipos de Pennisetum al fertilizar con 69 kg N y 92 kg N por hectárea (Vivas et al., 2019).

El porcentaje de proteína decrece al aumentar la edad del pasto y generalmente, el corte incrementa el porcentaje de proteína del forraje debido a que remueve el tejido maduro y lo reemplaza con tejidos más jóvenes. Existe una correlación negativa entre materia

seca y contenido de nitrógeno del forraje, por lo que, el momento adecuado de corte representa un problema fisiológico desde el punto de vista de manejo. Si el pasto se cosecha tierno el contenido de nitrógeno es alto, pero el rendimiento de materia seca es bajo (Bernal y Espinosa, 2003).

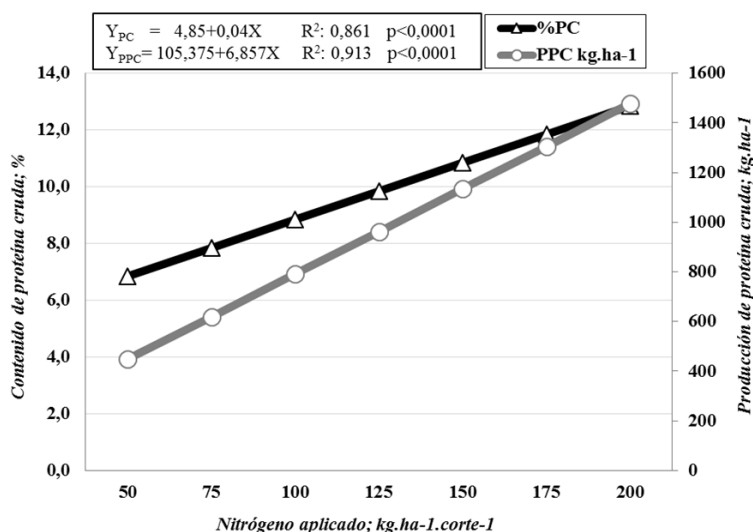
La producción de materia seca y el contenido de proteína son dos de las variables que mayormente han sido utilizadas en la evaluación de pastos; sin embargo, ambas variables se correlacionan negativamente. Lo anterior significa que si un pasto se selecciona por su producción forrajera, esto puede ir en detrimento de su valor en proteína y viceversa. De ahí la importancia de ofrecer alternativas que permitan evaluar simultáneamente la producción de materia seca y el contenido de proteína en pastos tropicales (Juárez y Bolaños, 2007).

La producción de proteína cruda del pasto Cuba OM-22, en kilogramos por hectárea, incrementó significativamente ($p < 0,0001$) al aplicar las dosis de nitrógeno evaluadas (Tabla 4), este parámetro presentó una respuesta lineal en producción de proteína con dosis crecientes de fertilización nitrogenada. La mejor producción fue de 1459 kg PC ha⁻¹ y se obtuvo con 200 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, sin embargo, el incremento entre la dosis de 50 kg N ha⁻¹ y la de 100 kg N ha⁻¹ fue de 64% en producción de proteína, entre las dosis de 100 kg N ha⁻¹ y 150 kg N ha⁻¹ fue de 57% y entre las dosis más altas, de 150 kg N ha⁻¹ y 200 kg N ha⁻¹ fue de solo 23%.

Martínez y González (2017) señalan, en pasto Cuba OM-22, producciones promedio de proteína por hectárea de 533 kg PC por hectárea en la época seca y de 399 kg PC por hectárea durante la época lluviosa a los 90 días de rebrote del pasto, al utilizar 250 kg N por hectárea, por año. Al evaluar los pastos Cuba OM-22 y el CT-169 se encontró (Maldonado et al., 2019), una producción de 3320 kg PC ha⁻¹ en Cuba OM-22 y de 1469 kg PC ha⁻¹ en CT-169, en cortes de 90 días. En otros Pennisetum, se observaron diferentes producciones de proteína por hectárea: 1976 kg PC.ha⁻¹, en pasto Maralfalfa de 49 días y fertilizado con 67 kg P ha⁻¹ y 90 kg N ha⁻¹ (Cerdas, 2015); 713 kg PC ha⁻¹, en varios Pennisetum (Taiwán, Morado y Maralfalfa), fertilizados con 686 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (137 kg N corte⁻¹) (Márquez et al., 2007) y 406 kg PC ha⁻¹, en pasto elefante morado (Camerún) de 70 días (Vivas, Criollo y Cedeño, 2019).

FIGURA 2

REGRESIONES DE PREDICCIÓN PARA EL CONTENIDO Y LA PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA DEL PASTO CUBA OM-22, A LOS 56 DÍAS DE REBROTE, CON VARIAS DOSIS DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2018.



Se calcularon regresiones de predicción para el contenido y producción de proteína cruda del pasto Cuba OM-22 como se observa en la Figura 2.

De las regresiones lineales resultantes (Figura 2), se puede inferir que por cada kilogramo de nitrógeno aplicado al pasto Cuba OM-22, se incrementó el contenido de proteína cruda (% PC) en 0,04% PC y la producción en 6,9 kg PC ha⁻¹.

Contenido de clorofila (índice de verdor)

El índice de verdor o contenido de clorofila incrementó significativamente ($p \leq 0,0001$) de acuerdo a las dosis de nitrógeno aportada, esta respuesta del contenido de clorofila a la fertilización nitrogenada es el resultado de la relación directa entre el contenido de proteína (% N x 6,25) del pasto Cuba OM-22 y las lecturas del SPAD (Tabla 5).

TABLA 5
ÍNDICE DE VERDOR DEL PASTO CUBA OM-22 EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	SPAD <i>unidades</i>
50	24,8 d
100	30,0 c
150	33,0 b
200	36,0 a

a,b,c,d muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

El contenido de clorofila (unidades SPAD) incrementó con las dosis de nitrógeno aplicadas: se indican valores de aproximadamente 28, 33, 37, y 40 unidades SPAD, con la aplicación de 0 kg, 30 kg, 60 kg y 90 kg N por hectárea, con cortes de 49 días en pasto Maralfalfa (Cerdas, 2015). En trabajos con pastos *Bracharia* asociados con maíz y cortes de 60 días, se encontraron valores de SPAD de 51,6 en Decumbens, 50,1 en Mulato y de 51,2 unidades de SPAD en pasto Toledo (Rincón y Ligarreto, 2010), además, reportan valores de 49,4 y 52,5 unidades de SPAD para los mismos pastos cuando se aplicaron 100 y 200 kg N ha⁻¹ corte⁻¹ y observaron una alta correlación entre el contenido de nitrógeno foliar y las lecturas de SPAD para los pastos. Otros investigadores expresan valores de 40 a 45 unidades de SPAD cuando evaluaron en trigo dosis de nitrógeno de 0, 30, 60, 90, 120 y 180 kg N ha⁻¹ (García y Deverede, 2008). González et al. (2009), indican valores de SPAD para maíz forrajero de 53 días de edad y fertilizado, de 27,95, 28,43, 30,50, 34,05 y 31,15 unidades de SPAD, con el uso de 0, 57, 163, 270 y 377 kg N ha⁻¹.

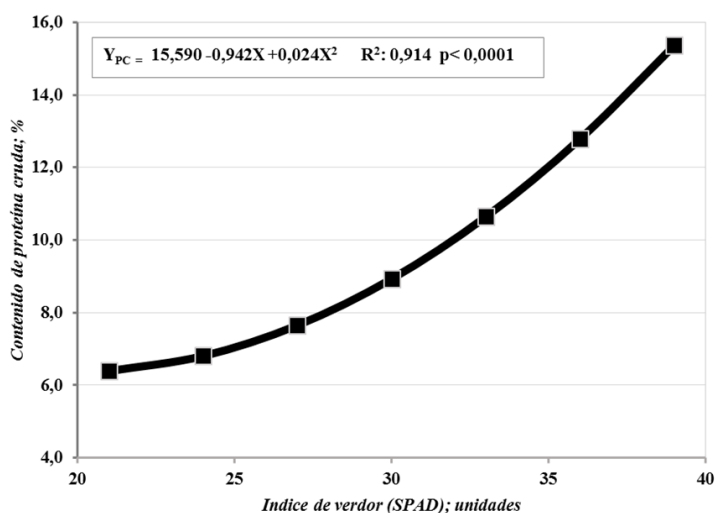
La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El N es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Cantidades adecuadas de N en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas

tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis (Rincón y Ligarreto, 2010).

Se calculó una ecuación para la predicción del contenido de proteína (% PC) del pasto Maralfalfa basada en las lecturas del SPAD para las condiciones de este ensayo (Figura 3).

FIGURA 3

REGRESIÓN DE PREDICCIÓN PARA EL CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA DEL PASTO CUBA OM-22, A LOS 56 DÍAS DE REBROTE, CON VARIOS ÍNDICES DE VERDOR (SPAD) EN SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2018



La medición de clorofila por el índice de verdor es afectado por la especie y variedad del pasto, estado de crecimiento, temperatura, humedad, radiación, suelo, deficiencias nutricionales, enfermedades y otros, por lo que la ecuación se debe probar y ajustar en otras localidades. El autor ha tenido dificultad para utilizar el clorofilómetro en pastos más pequeños, de hojas angostas y en el pasto Camerún (*Pennisetum*) por el color morado oscuro.

Contenido de macro y micronutrientes del pasto

Solo el nitrógeno (N), potasio (K) y azufre (S) presentaron una respuesta clara a la fertilización nitrogenada ($p < 0,001$), los otros

macro y micronutrientes del pasto Cuba OM-22 no variaron significativamente con la fertilización con nitrógeno y las tendencias de estos datos no son claras (Tablas 6,7 y 8). Todos los minerales se presentaron en cantidades adecuadas para la producción animal (Botero, 1999), con excepción del nitrógeno que, con la aplicación de 50 kg N por hectárea, mostró un contenido bajo de 1,10 % de N en la materia seca del pasto, el cual se encuentra en el límite crítico para la alimentación de ganado, correspondiente a 6,9 % de PC y los valores tóxicos del potasio al aplicar dosis de 150 kg N y 200 kg N ha⁻¹, superiores al 3,0 % K en la materia seca (Tabla 6), en cortes de 56 días.

Por los resultados anteriores el pasto Cuba OM-22 no debe ofrecerse como alimento único al ganado, cuando se fertiliza con dosis altas de nitrógeno. Es necesario aportar otros suplementos o pastoreo, que diluya el potasio en la dieta total, en las condiciones edafoclimáticas de este ensayo.

TABLA 6

CONTENIDO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DEL PASTO CUBA OM-22 EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	N	P %	K
50	1,10 d	0,22 b	2,49 c
100	1,42 c	0,25 a	2,83 c
150	1,73 b	0,26 a	3,19 b
200	2,07 a	0,26 a	3,33 a

a,b,c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

TABLA 7

CONTENIDO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DEL PASTO CUBA OM-22 EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Ca	Mg %	S
50	0,37 a	0,20 b	0,09 c
100	0,41 a	0,24 b	0,11 c
150	0,45 a	0,27 ab	0,13 b
200	0,39 a	0,28 a	0,14 a

a,b,c muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

Las altas concentraciones de potasio tienen repercusiones negativas sobre otros minerales, particularmente Ca y Mg. Es así como se ha señalado que cuando la relación K/ (Ca + Mg) es superior a 2,2 (sobre una base iónica equivalente), la posibilidad de presencia de hipocalcemia en el ganado se incrementa (Dugmore, 1998, citado por Correa, 2006). En este trabajo dicha relación fue de 4,4 con la aplicación de 150 kg N por hectárea, por corte de 56 días, valor inferior al encontrado por Cerdas (2015) al evaluar pasto Maralfalfa con 56 días de rebrote, de 8,7 pero, con la aplicación de 90 kg N por hectárea. El potasio muestra ser el mineral con mayor capacidad de liberación en el rumen en Pennisetum, debido a que este mineral, a diferencia del Ca, se encuentra en el citosol de las células vegetales (Correa, 2006).

Correa (2006), encontró en Maralfalfa contenidos de Ca, P, Mg, y K de 0,37 %, 0,50 %, 0,37 % y 6,28 % respectivamente, con el corte a los 56 días, con valores de potasio aún más altos que los encontrados en este trabajo. Andino y Pérez (2012) con el pasto CT-115 encontraron valores de 0,8 % N, 0,3 % P, 2,2 % K, 0,2 % Ca, 0,24 % Mg, 25 Fe, 30 Mn y 20 mg kg⁻¹ Zn. Al fertilizar con 141 kg N, 43 kg P y 20 kg K, en pasto Maralfalfa de 5 días, López et al. (2020), reportaron contenidos de N, P y K de 1,06 %, 0,2 % y 2,35 % respectivamente.

TABLA 8

CONTENIDO DE MICRO ELEMENTOS DEL PASTO OM-22 EN SANTA CRUZ, COSTA RICA, 2018

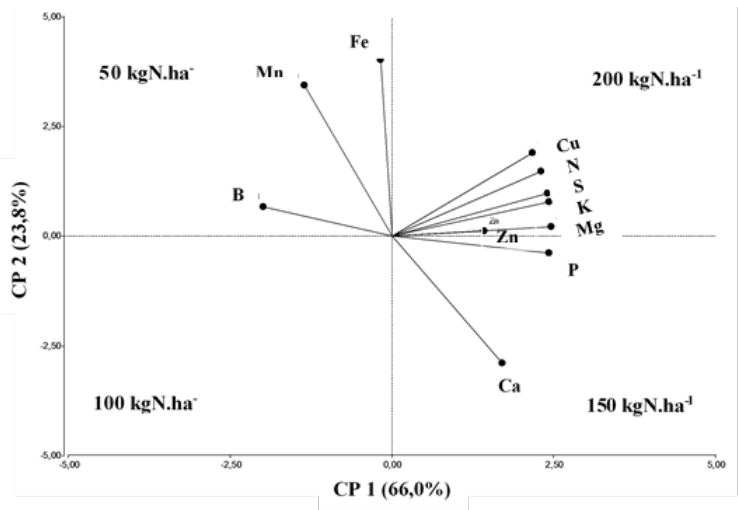
Nitrógeno aplicado <i>kg.ha⁻¹.corte⁻¹</i>	Fe	Cu	Zn	Mn
			<i>mg.kg⁻¹</i>	
50	311 a	5,0 b	18,5 a	35,8 a
100	240 b	5,3 b	22,8 a	28,0 a
150	253 ab	6,3 ab	20,3 a	24,3 a
200	340 a	7,0 a	22,3 a	34,0 a

a, b muestran diferencias significativas $p \leq 0,05$ LSD Fisher; corte: 56 días

Además de la comparación de las medias, para el contenido de macro y micro nutrientes se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y con los resultados obtenidos se construyó un biplot (Figura 4).

FIGURA 4

BIPLLOT DE LA ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, DEL CONTENIDO DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DEL PASTO CUBA OM-22, A LOS 56 DÍAS DE REBROTE, EN SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2018



Entre la componente principal 1 (CP 1) y la componente principal 2 (CP 2) explican el 89,8 % de la variabilidad total. Se observa que la CP 1 separa el boro y el manganeso del resto de elementos. Los tratamientos 150 y 200 están más asociados a niveles altos de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu y Zn; mientras que los tratamientos 50 y 100 están más asociados a niveles altos de B y Mn; la variable Fe explica poca variabilidad en la CP 1 a que su proyección sobre el eje x es muy cercana a cero. No obstante, en la CP 2, Fe y Mn permiten separar los tratamientos 50 y 200 de 100 y 150; estos últimos más relacionados con niveles altos de Ca.

Asimismo, de la Figura 4 se desprende que las variables N, P, K, Mg, S, Cu y Zn están correlacionadas de forma positivas, además todas estas variables están correlacionadas de forma negativa con las variables Mn y B y poco correlacionadas con la variable Fe. También se observa una correlación negativa entre las variables Fe y Ca.

Conclusiones

Se recomienda utilizar fertilizante nitrogenado, a razón de 150 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, con cortes de 56 días en el pasto Cuba OM-22, en condiciones similares a las de este ensayo. El nitrógeno debe fraccionarse en tres dosis de 50 kg N ha⁻¹, a los 5, 10 y 15 días luego del corte.

Referencias bibliográficas

- Andino N.J. y Pérez J.S. (2012) Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) cv. CT-115, Finca La Tigra, Cárdenas, Rivas, Nicaragua. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- AOAC (1995) Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Arlington, UA.
- Bernal J., Espinosa J. (2003) Manual de nutrición y fertilización de pastos. Potash and Phosphate Institute of Canada.
- Botero R. (1999) Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. EARTH, Costa Rica.
- Buelvas M.A. (2009) Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a cuatro estadios de crecimiento diferentes. Tesis para optar por el título de zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia, Bogota. 124p
- Caballero A., Martínez R.O., Hernández M.B. y Navarro M. (2016) Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Pastos y Forrajes, 39(2),94-101.
- Calzada, J. M.; Quiroz, J.F.; Hernández, A. Ortega, E.J, y Pedroza, S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*) en clima cálido subhúmedo. Revista mexicana en ciencias pecuarias, 2014; 5(2): 247-260.
- Carmona J., D. Bolívar, y L. Giraldo (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Rev. Colomb. Cienc. Pecu. 18,49-63.

- Cerdas R. (2011) Programa de fertilización de forrajes; desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. 12 (24),109-128.
- Cerdas R. (2015) Comportamiento productivo del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. Rev. Interseeds, 16(33),125-145.
- Cerdas R. y Vallejos E. (2010) Productividad de pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. Rev. Interseeds, 11(22),180-195.
- Chavarría F. (1990) Gramíneas de pastoreo bajo fertilización nitrogenada y riego durante la época seca de Guanacaste. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- CIA (2017) Reporte de análisis de suelo de la Finca Experimental de Santa Cruz, Guanacaste. Laboratorio de Suelos, Universidad de Costa Rica.
- Citalán L. (2012) Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum spp*) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Quehacer Científico en Chiapas. 1(13):19-23.
- Clavijo O. (2016) Manual del forraje *Pennisetum sp.* Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) La Plata (Huila): SENA Regional Huila, edit. Surcolombiana.
- Correa H.J. (2006) Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- García F.O. y Daverede I.C. (2008) Diagnóstico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés agronómico. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador. 28p
- González A., Figueroa U., Delgado J., Núñez G., Cueto J., Preciado P. y Palomo A. (2009) Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana 27:303-309.

- González I. (2011) Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(1): 103-112
- Grajales R., Lazo J.A., Ocampo E.M., Hernández B., Jiménez Y.J., Aguilar J.O., Pérez L.I., Agilar E. y Tuero R. (2018) Evaluación de cultivares de *Cenchrus purpureus* para la producción de forraje. *Livestock Research for Rural Development*, 30(2),sp.
- Herrera R.S. (2007) Toma y procesamiento de la muestra de pasto, su influencia en indicadores morfológicos y composición química. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41(3),209-213.
- Juárez-Hernández J., Bolaños-Aguilar E.D. (2007) Curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Universidad y Ciencia*, 23(1),81-90.
- Ledea J.L., Ray J.V., Arias R.C., Cruz J.M., Rosell G. y Reyes J.J. (2018) Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureum* tolerantes a la sequía. *Agro. Mesoam.* 29(2),343-362.
- León O.G., y Cardona D.C. (2015) Respuesta agronómica del establecimiento de seis gramíneas forrajeras de corte en el Peniplano de Popayán. Tesis de pregrado. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- López O., Vinay J.C., Villegas Y., López I. y Lozano S. (2020) Dinámica del crecimiento y curvas de extracción de nutrientes de *Pennisetum* sp. (Maralfalfa). *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 11(1),255-265.
- Maldonado M.A., Rojas A.R., Sánchez P., Bottini MB., Torres N., Ventura J., Joaquín S. y Luna M. (2019) Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en el trópico. *Agroproductividad.* 12(8),17-22.
- Márquez F., Sanchez J., Urbano D. y Dávila C. (2007) Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Trop.*, 25(4),253-259.
- Martínez R.O. y González C. (2017) Evaluación de variedades e híbridos de hierba elefante *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* para la producción de forraje. *Cuban J. Agric. Sci.* 51(4),477-487.

- Martínez R.O. y Herrera R.S. (2005) Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. In Herrera R.S., ed. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. CD-ROM Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Martínez R.O., Herrera R.S., Tuero R. y Padilla C.R. (2009) Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum sp.*). Asociación Cubana de Producción Animal. Revista ACPA, 2,44-47.
- Martínez R.O., Tuero R., Torres V. y Herrera R.S. (2010) Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y King grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 44(2),189-193.
- Pastrana C.R. y Rivas L.A. (2015) Caracterización fenotípica de dos variedades de pastos, *Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum* (Cuba OM-22) y *Pennisetum purpureum* (Cuba CT-169), en condiciones de trópico seco, El Plantel. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Peterson T.A., Blackmer T.M., Francis D.D. and Schepers J.S. (1993) Using a chlorophyll meter to improve N management. G93-1171, Nebraska-Lincoln Extension.
- Ramos O., Canul J.R. y Duarte F.J. (2013) Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrógenadas en Yucatán, México. Revista Bio-ciencias, 2(2),60-68.
- Ramos O.S., Victoria C.A. y Sandoval J.J. (2015) Temporada, fertilización y rendimiento de variedades de *Pennisetum purpureum*. Agrociencia, 49(8),sp.
- Rincón A. y Ligarreto G.A. (2010) Relación entre el contenido de nitrógeno foliar el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piemonte Llanero colombiano. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2),122-128.
- Rodríguez L., Torres V., Martínez R.O., Jay O., Noda A.C. y Herrera M. (2011) Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 45(4),349-354.

- Urbano D., Dávila C. y Castro F. (2008) Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para bovinos. In. Memorias XIV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Maracaibo, Venezuela. p 99-120.
- Vivas L.E., Navas R., Escobar R.A. y Ron J.J. (2019) Evaluación de cuatro genotipos de pasto elefante en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. J. Selva Andina Biosph. 7(1),44-53.
- Vivas N.J., Criollo M.Z. y Cedeño M.C. (2019) Frecuencia de corte de pasto elefante morado *Pennisetum purpureum*, Schumach. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 17(1),45-55.