

## Productividad del pasto Cuba OM-22 bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de cosecha

Productivity of Cuba OM-22 grass under different planting densities and harvest frequencies

Jorge Claudio Vargas Rojas  
Universidad de Costa Rica,  
Sede de Guanacaste  
Liberia, Guanacaste  
jorgeclaudio.vargas@ucr.ac.cr

Isaac Carvajal Suárez  
Ministerio de Agricultura y Ganadería  
Región de Desarrollo Pacífico Central  
Esparza, Puntarenas, Costa Rica  
icarvajal@mag.go.cr

**RESUMEN:** Se evaluaron tres densidades de siembra, definidas por las distancias entre surcos, las cuales fueron: 70 cm (4375 kg biomasa ha<sup>-1</sup>), 85 cm (3750 kg biomasa ha<sup>-1</sup>) y 100 cm (3125 kg biomasa ha<sup>-1</sup>) y dos frecuencias de cosecha, a los 45 y 70 días después del corte de uniformidad (ddu). El experimento se realizó entre diciembre de 2020 y mayo de 2021 en la Finca Experimental de Santa Cruz de la Universidad de Costa Rica. Se utilizó un diseño en franjas, donde se cuantificó la producción de biomasa fresca y seca, altura de planta, longitud de tallo y hojas, contenido de clorofila, proteína cruda y número de nudos por tallo; para cada variable se efectuó un análisis de varianza. El uso de una distancia de siembra de 70 cm con una frecuencia de cosecha de 70 ddu, mostró valores mayores para biomasa fresca ( $p < 0,0001$ ), producción de biomasa seca ( $p < 0,0068$ ), altura ( $p < 0,0194$ ) y longitud de tallo ( $p < 0,0093$ ), en comparación con las otras combinaciones. Mientras que una combinación de distancia de siembra de 85 cm y una frecuencia de cosecha de 45 ddu presentó valores mayores para contenido de clorofila ( $p < 0,0284$ ) y porcentaje de proteína cruda ( $p < 0,0134$ ). En edades de corte tempranas hubo mayor contenido de clorofila y de proteína cruda, mientras que en edades tardías hubo mayor producción de biomasa. Por productividad y por contenido de proteína, el Cuba OM-22 es una alternativa para bancos de forraje. Este trabajo formó parte del proyecto de investigación B8009 inscrito en Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

**PALABRAS CLAVE:** ganadería, adaptación al cambio climático, pasto, nutrición animal, rendimiento

**ABSTRACT:** Three planting densities, defined by the distances between rows, which were: 70 cm (4375 kg biomass ha<sup>-1</sup>), 85 cm (3750 kg biomass ha<sup>-1</sup>) and 100 cm (3125 kg biomass ha<sup>-1</sup>) and two harvest frequencies, at 45 and 70 days after the uniform cutting grass (auc) were evaluated. The experiment was carried out between December 2020 and May 2021 at the Santa Cruz Experimental Farm of the University of Costa Rica. A strip design was used, where the production of fresh and dry biomass, plant height, stem and leaf length, chlorophyll content, crude protein, and number of nodes per stem were quantified; an analysis of variance was performed for each variable. The use of a planting distance of 70 cm with a harvest frequency of 70 auc, showed higher values for fresh biomass ( $p < 0,0001$ ), dry biomass production ( $p < 0,0068$ ), height ( $p < 0,0194$ ) and stem length ( $p < 0,0093$ ), compared to the other combinations. While a combination of a planting distance of 85 cm and a harvest frequency of 45 auc, presented higher values for chlorophyll content ( $p < 0,0284$ ) and percentage of crude protein ( $p < 0,0134$ ). At early cutting ages there was a higher chlorophyll and crude protein content, while at later ages there was higher biomass production. Due to productivity and protein content, Cuba OM-22 is an alternative for forage banks.

**KEYWORDS:** livestock, climate change adaptation, grazing land, animal nutrition, productivity

Recibido: 26-03-22 | Aceptado: 18-04-22

## Introducción

La producción ganadera bovina se ha señalado como una de las principales causas del calentamiento global debido, principalmente, a la liberación de metano ( $\text{CH}_4$ ) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera (Moumen et al., 2016; Owens et al., 2020). Dicha liberación de gases ha provocado una serie de argumentos en contra de la producción ganadera mundial, lo que ha interrumpido el crecimiento de la demanda en sus productos y derivados, tanto en el mercado internacional como en el local (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2015).

La actividad ganadera a nivel mundial representa el 40% de la producción agropecuaria (Mottet et al., 2017) y es la base de los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas (Hatab et al., 2019; Robinson et al., 2014). La ganadería ocupa un 30% de la superficie terrestre y 70% de las áreas destinadas para agricultura (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [FAO] 2009; González Narváez, 2021); a nivel nacional la ganadería bovina ocupa el 26 % del área dedicada a las actividades agropecuarias, esto es un área de alrededor de 1 250 000 hectáreas (Carrillo et al., 2014).

A pesar de la importancia que representa el sector ganadero en el territorio nacional, esta actividad se ha estancado en prácticas tradicionales como baja carga animal, baja disponibilidad de forraje y poca adaptación al cambio climático; que no se adaptan a las necesidades actuales para la producción sostenible (González Narváez, 2021). Estas prácticas, junto a la pérdida de competitividad y la disposición de menores áreas para la producción, resultan en una disminución del crecimiento del hato y una tendencia de aumento insuficiente en unidades de carga animal por hectárea ( $\text{U.A ha}^{-1}$ ); lo que implica una migración creciente de productores del ámbito pecuario hacia otras actividades (Herrera-Muñoz et al., 2016).

Por otro lado, el cambio climático es el principal reto que enfrenta actualmente el sector agrícola y ganadero de Costa Rica. El efecto de las mudanzas climáticas inicia con mayor consecuencia en las regiones más áridas, principalmente en aquellas con climas estacionalmente secos en el año (González Narváez, 2021). En Costa Rica, la región Chorotega es la más vulnerable a extensos y frecuentes períodos de sequía (Calvo-Solano et al., 2018;

Suárez-Serrano et al., 2019), lo que ocasiona daños severos en las coberturas vegetales y en el crecimiento de los pastos en las zonas pecuarias, donde uno de los efectos más marcados es la venta de ganado a precio más bajo y con menor peso (Arteaga y Burbano, 2018). Estas situaciones han llevado a los productores a la búsqueda de alternativas e innovación tecnológica, con nuevos conceptos en la resiliencia y adaptación de la producción a los cambios que enfrenta el sector (MAG, 2014, 2019).

Una de las prácticas recomendadas para enfrentar este desafío es la creación de bancos de forraje, que promueven una alimentación balanceada en cantidad y calidad, de manera que se pueda satisfacer las necesidades y requerimientos nutricionales de los animales. También, los bancos de forraje buscan reducir la utilización de suplementos provenientes de materia prima importada, como los concentrados, principalmente de maíz y soya, los cuales son ampliamente utilizados en la ganadería costarricense (Carrillo et al., 2014; Fonseca Martínez, 2009). En este sentido, Calvo (2021) indica que la alimentación corresponde al 46,52% de los costos de producción, lo que le resta competitividad al sector y agrava su situación. Además, los bancos de forraje promueven una alternativa más balanceada nutricionalmente para reducir productos locales usados comúnmente en el sector ganadero, entre estos: derivados de excretas de producciones avícolas (gallinaza, pollinaza), harinas (semolina, harina de coquito), derivados de procesos de producción de granos (cascarilla de arroz) que podrían ser sustituidos parcial o totalmente por forraje fresco o ensilado (MAG, 2014).

Asimismo, la implementación de bancos de forraje ayudaría a los productores en una reducción de costos de producción, una mejor utilización o más eficiente de los terrenos agrícolas, un aumento en el secuestro de CO<sub>2</sub> en el suelo y una mejora en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los suelos (Buitrago-Guillen et al., 2018). Entonces, esta práctica no solo representa una alternativa ante la crisis económica, sino también ante la crisis del cambio climático (Losilla, 2017).

Dentro de las especies recomendadas para el establecimiento de bancos de forraje se encuentra el pasto Cuba OM-22, desarrollado por el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba y que se ha dispersado en países como Nicaragua, Colombia y Costa Rica con gran aceptación. Se caracteriza por su tolerancia a la sequía,

alta producción de biomasa, energía y proteína cruda en suelos tropicales poco fértiles, con un rango promedio de producción que varía entre 70-180 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> de forraje fresco (Martínez y González, 2017). Las hojas son largas (de 120 cm a 140 cm) y anchas (de 5 cm a 8 cm), poco corrugadas y sin pubescencia, lo que permite el fácil acarreo y la palatabilidad para el consumo animal (Ramos et al., 2012).

La densidad de siembra y la frecuencia de cosecha son factores que influyen sobre variables productivas y de calidad en los forrajes (Zheng et al., 2016). La densidad de siembra afecta tanto la competencia por interceptación de luz como la competencia por espacio y nutrientes, por lo que tiene un efecto sobre el crecimiento de las hojas, tallos, área foliar y biomasa de la planta (Porfirio et al., 2021). Por otro lado, la frecuencia de cosecha determina la etapa fisiológica en que el pasto es cortado, lo que tiene efecto sobre la reserva energética para el crecimiento (carbohidratos no estructurales) y el área foliar (Araya-Mora y Boschini-Figueroa, 2005); por tanto, cualquier plan de manejo de forrajeras debe tomar en cuenta la densidad de siembra y la frecuencia de cosecha (Hernández-Garaya et al., 2002).

Pese a la importancia que tienen tanto la densidad de siembra como la frecuencia de cosecha, en aras de obtener una productividad adecuada del forraje en función del sistema ganadero, es poco el abordaje que se le ha dado en la zona estacionalmente seca de Costa Rica. Dentro de la bibliografía consultada, no se encontraron trabajos que evalúen de forma conjunta estos dos factores en el pasto Cuba OM-22. En este sentido, Campos (2017) afirma que este forraje se ha distribuido en Costa Rica, pero no se ha utilizado de la mejor forma, en especial por el desconocimiento de sus parámetros de manejo técnico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres densidades de siembra y dos frecuencias de cosecha sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) en Santa Cruz, Guanacaste.

## Materiales y métodos

### Ubicación y caracterización del área experimental

El experimento se realizó del mes de diciembre de 2020 al mes de mayo de 2021 en la Finca Experimental de Santa Cruz (FESC), propiedad de la Universidad de Costa Rica (UCR). El sitio se encuentra a una altitud de 54 m.s.n.m., presenta una precipitación anual promedio de 1834 mm.año<sup>-1</sup> distribuida entre mayo y noviembre, una temperatura media anual de 27,9 °C, evaporación media diaria de 6,8 mm y radiación solar global diaria de 18,7 MJ (Cerdas, 2015; Vega y Salas, 2012). Los suelos predominantes son arcillosos, presentan características de vertisoles por acillas 2:1 expandibles, se clasifican taxonómicamente Vertic Haplustalfs coligados a Typic Haplusterts y Typic Ustorthents (Vega y Salas, 2012). En términos generales, presenta una CICE de 35 cmol(+) L<sup>-1</sup> en KCl Olsen, no presenta problemas de acidez intercambiable (0,1 cmol(+) L<sup>-1</sup>) y muestra bajos niveles de P (< 2 mg L<sup>-1</sup>) y Zn (3 mg L<sup>-1</sup>) (Garbanzo-León et al., 2021).

### Establecimiento y manejo agronómico del experimento

La preparación del suelo se realizó de forma mecánica, se realizaron dos pases de rastra de 16 discos y se prepararon los surcos con un surcador de doble vertedera. Posteriormente se sembró el pasto Cuba OM-22, para esto se usó semilla asexual (semilla vegetativa). Esta consistió en homogenizar esquejes de 50 cm de longitud, proveídos por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnológica Agropecuaria (INTA), reproducidos en la Estación Experimental La Managua, ubicada en Quepos, Costa Rica. Se procedió a generar surcos de 15 cm de profundidad para realizar la fertilización y siembra, se colocó una dosis de 25 kg de N, 75 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 25 kg de K<sub>2</sub>O por hectárea de la fórmula 10 – 30 – 10, se aplicó una capa de suelo de 4 – 5 cm y posteriormente los esquejes fueron distribuidos en forma continua dentro de surcos de 10 centímetros de profundidad, con la aplicación de Carboxin (20 %) + Captan (20 %) WP a razón de 4 ml kg<sup>-1</sup> semilla<sup>-1</sup>, consecutivamente fueron cubiertos con suelo.

Se instaló un sistema de riego por goteo que se mantuvo por todo el periodo de investigación, se realizaron riegos continuos

durante la mañana programados según el crecimiento del pasto, precipitación y las condiciones de secamiento del suelo. Generalmente, el riego se realizó en dos ciclos de una hora según cambios y modificaciones por la precipitación. Durante los días 20 y 90 después de la siembra (DDS) se procedió a realizar dos fraccionamientos más de la fórmula 10 – 30 – 10 y se efectuó una fertilización complementaria de forma foliar con un fertilizante quelatado balanceado con elementos mayores y menores a los 55 y 66 DDS a razón de 3 L ha<sup>-1</sup>. Por último, para generar una homogenización en el experimento, a los 90 DDS se procedió a realizar un corte de uniformidad en forma mecánica, con una segadora, a una altura 30 cm sobre el nivel del suelo.

### **Tratamientos y diseño experimental**

Se evaluaron dos factores, densidad de siembra y frecuencia de cosecha. La densidad de siembra tuvo tres niveles, definidos en las distancias entre surcos: 70 cm (4375 kg ha<sup>-1</sup>), 85 cm (3750 kg ha<sup>-1</sup>) y 100 cm (3125 kg ha<sup>-1</sup>); mientras la frecuencia de corte tuvo dos niveles que fueron las frecuencias de cosecha de 45 y 70 días después del corte de uniformidad (ddu). De la combinación de los niveles de los factores surge una estructura factorial con seis tratamientos.

Se utilizó un diseño en franjas con cuatro repeticiones. En las franjas horizontales se aleatorizaron las distintas densidades, mientras que en las franjas verticales se aleatorizaron las frecuencias de corte. Cada franja horizontal fue de 7 m de ancho y 16 m de largo; cada franja vertical fue de 23 m de ancho y 8 m de largo. Alrededor de cada unidad experimental, formada por el cruce entre franjas horizontales y verticales, se dejó 1 m que sirvió como pasillo; por tanto, la unidad experimental fue de 7 m de ancho × 8 m de largo (Vargas-Rojas et al., 2020). Para cada repetición completa, cada parcela principal tuvo un área de 368 m<sup>2</sup> y el área experimental completa fue de 1815 m<sup>2</sup>.

## VARIABLES EVALUADAS

### **Producción de biomasa fresca (PBMF) y seca (PBMS)**

Se dejó un metro de borde alrededor de todo el perímetro de la unidad experimental y se cosechó un área de 42 m<sup>2</sup>. Las plantas fueron cortadas a 15 cm sobre el nivel del suelo y luego se pesaron en una báscula tipo reloj para cuantificar su peso. Luego, del forraje cosechado en cada unidad experimental se tomó material de la parte baja, media y alta de la planta para conformar dos muestras compuestas de un kilogramo. Todas las muestras se colocaron en bolsas de papel, identificadas por el bloque, tratamiento y repetición de donde se tomaron y se secaron en una estufa a 70 °C por 48 horas. Transcurrido el tiempo, cada bolsa se pesó en una báscula tipo reloj y se cuantificó la producción de biomasa seca (PBMS) para cada unidad experimental. Los resultados de biomasa seca y porcentaje de biomasa seca fueron extrapolados a t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

### **Altura de planta**

Con cinta métrica se midió la longitud desde la base del suelo hasta el meristemo apical (hoja bandera) de todas las plantas que se encontraban en un metro lineal seleccionado al azar.

### **Longitud de tallo y cantidad de nudos por tallo**

Se midió con cinta métrica la longitud promedio de tallo, desde el nivel del suelo hasta el nudo de la primera hoja joven más desarrollada. Asimismo, se contabilizó la cantidad de nudos promedio que contenía cada tallo. Esto se realizó para todas las plantas que se encontraban en un metro lineal determinado al azar para los diferentes tratamientos.

### **Contenido de clorofila**

En cada unidad experimental se tomaron 30 plantas al azar y se les midió el índice de verdor según la metodología seguida por Peterson et al. (1993). La medición se realizó en cinco puntos del tercio medio de la hoja más nueva completamente desarrollada de cada planta, específicamente, en el limbo. Para medir este índice se utilizó un medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development).

## Proteína cruda (%)

Cerdas-Ramírez et al. (2021), con datos obtenidos en la misma finca experimental donde se realizó este trabajo, ajustaron un modelo de regresión lineal ( $R^2 = 0,91$ ) que permite predecir el porcentaje de proteína cruda a partir de la medición de SPAD. Se utilizó este modelo para, con base en la medida de SPAD obtenida, predecir el porcentaje proteína cruda.

## Longitud de hoja

Se midió con cinta métrica la longitud de la hoja bandera (hoja más nueva completamente desarrollada) de todas las plantas que se encontraban en un metro lineal determinado al azar de los diferentes tratamientos.

## Análisis estadístico

Para las variables cuantificadas en las distintas combinaciones de los niveles de los factores se realizó un análisis de varianza (AN-DEVA) para un arreglo en franjas con un nivel de significación ( $\alpha$ ) igual a 0,05; según el modelo lineal mixto que se presenta 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 los términos del modelo donde existió diferencia significativa se realizó la comparación de medias mediante la prueba DGC (Di Rienzo et al., 2002) con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 0,05.

### Ecuación 1

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + b_k + f_{k(i)} + c_{k(j)} + \varepsilon_{ijk}$$

#### Donde:

$y_{ijk}$ : representa la respuesta observada en el  $i$ -ésimo nivel del factor densidad,  $j$ -ésimo nivel de factor frecuencia de corte y  $k$ -ésimo nivel del factor bloque.

$\mu$ : representa la media general de la respuesta.

$\alpha_i$ : representa el efecto fijo del  $i$ -ésimo nivel del factor densidad.

$\beta_j$ : representa el efecto fijo del  $j$ -ésimo nivel del factor frecuencia de corte.

$\alpha\beta_{ij}$ : representa la interacción entre los factores densidad y frecuencia de corte.

$b_k$ : representa el efecto aleatorio del  $k$ -ésimo nivel del factor bloque.

$f_{k(i)}$ : representa el efecto aleatorio del bloque  $k$  en el nivel  $i$  de densidad.

$c_{k(j)}$ : representa el efecto aleatorio del bloque  $k$  en el nivel  $j$  de frecuencia de corte.

$\varepsilon_{ijk}$ : representa el error residual.



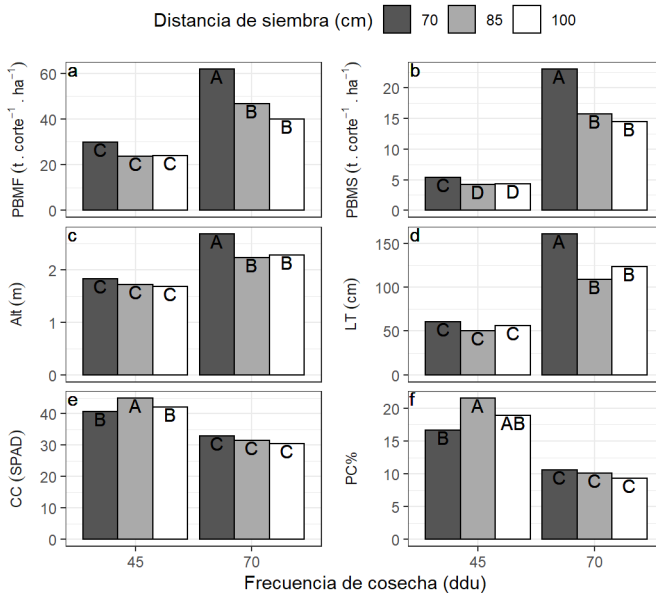
El ajuste del modelo (ecuación 1) se realizó con el software estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Para la elaboración de los gráficos se usó el paquete ggplot2 (Wickham, 2016) del lenguaje de programación R (R Core Team, 2017).

## Resultados

La separación de medias para las variables donde el término de interacción fue significativo se presentan en la Figura 1.

**FIGURA 1**

SEPARACIÓN DE MEDIAS PARA LAS VARIABLES EN QUE EL TÉRMINO DE INTERACCIÓN FUE SIGNIFICATIVO. SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2020-2021



Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según la prueba DGC. Panel a: PBMF (producción de biomasa fresca), Panel b: PBMS (producción de biomasa seca), Panel c: Alt (altura), Panel d: LT (largo de tallo), Panel e: CC (contenido de clorofila), Panel f: PC (porcentaje proteína cruda).

El uso de una densidad más baja y una frecuencia de cosecha de 70 ddu mostró la mayor producción de biomasa fresca (PBMF)

en el pasto Cuba OM-22 (Figura 1; panel a). En la frecuencia de cosecha de 70 ddu se produce un aumento en la biomasa fresca con diferencia estadística ( $p < 0,0001$ ) entre las distancias de siembra; la distancia de 70 cm ( $61,80 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) presentó diferencias significativas con respecto a las distancias de 85 cm ( $46,62 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) y 100 cm ( $39,82 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ), estas últimas no difieren entre sí. No obstante, al analizar la cosecha a los 45 ddu existe una disminución en la PBMF, sin diferencia significativa entre distancias de siembra; con producciones de  $24,06 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ,  $23,79 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  y  $29,98 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  en las distancias de siembra 100 cm, 85 cm y 70 cm, respectivamente.

La producción de biomasa seca (PBMS) (Figura 1; panel b) en función de la densidad de siembra y la frecuencia de cosecha siguió una tendencia similar ( $p < 0,0068$ ) a la PMBF. Hubo un aumento significativo en la PBMS en la frecuencia de cosecha de 70 ddu, con respecto a la frecuencia de 45 ddu. No obstante, la PBMS sí presentó diferencias significativas en la cosecha a los 45 ddu; la distancia de 70 cm ( $5,38 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) fue la que presentó mayor PBMS con diferencia estadística de las distancias de 85 cm ( $4,19 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ) y 100 cm ( $4,36 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ), pero estas últimas no difirieron entre ellas. Al igual que en la frecuencia de cosecha de 45 ddu, se encontró que la distancia de 70 cm presentó mayor PBMS con respecto a las otras dos distancias 85 cm y 100 cm, con una producción de  $23,05 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ,  $15,74 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  y  $14,45 \text{ t corte}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  respectivamente.

La variable altura (Figura 1; panel c), en la frecuencia de cosecha de 45 ddu, no presentó diferencias significativas para las distancias de siembra de 70 cm, 85 cm y 100 cm, con alturas de 1,83 m, 1,72 m y 1,69 m, respectivamente. No obstante, a los 70 ddu, hubo un aumento significativo ( $p < 0,0194$ ) en comparación con los 45 ddu. Se encontró que la distancia de 70 cm (2,69 m) presentó diferencias significativas con respecto a las distancias de 85 cm (2,23 m) y 100 cm (2,29 m) que no difieren entre sí.

La longitud de tallo (Figura 1; panel d) a los 45 ddu no presentó diferencias estadísticas entre las distancias de siembra 70 cm (60,86 cm), 85 cm (50,12 cm) y 100 cm (56,19 cm). No obstante, en la frecuencia de cosecha de 70 ddu se produjo un aumento en la longitud de tallo con diferencia estadística ( $p < 0,0093$ ) entre las distancias de siembra; la distancia de 70 cm (160,86 cm) presen-

tó diferencias significativas con respecto a las distancias de 85 cm (108,71 cm) y 100 cm (123,21 cm), que no mostraron diferencias entre sí.

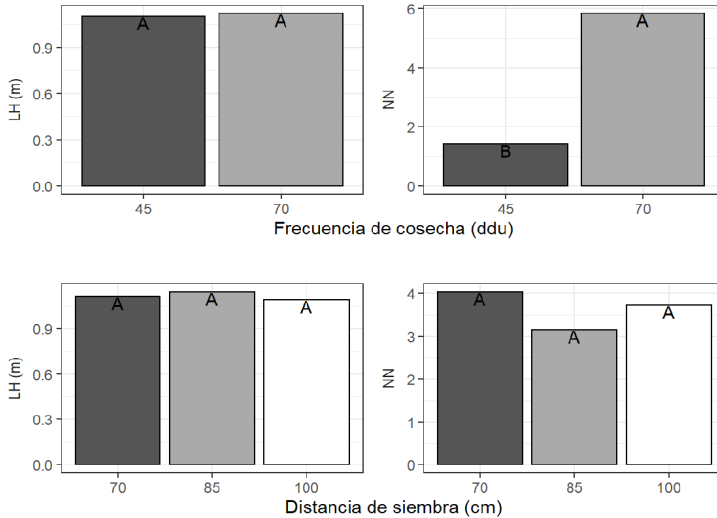
Con respecto al contenido de clorofila (Figura 1; panel e), en la frecuencia de cosecha de 45 ddu se encontraron diferencias para las distancias de siembra ( $p < 0,0284$ ); la distancia de 85 cm (44,88 unidades SPAD) fue la que presentó mayor contenido de clorofila, con diferencia estadística de las distancias 70 cm (40,67 unidades SPAD) y 100 cm (42,21 unidades SPAD). Esto fue contrario al comportamiento en la frecuencia de cosecha de 70 ddu, donde hubo valores menores de contenido de clorofila, sin diferencia significativa entre distancias de siembra 70 cm, 85 cm y 100 cm con resultados de 33,01, 31,48 y 30,47 unidades SPAD, respectivamente.

La proteína cruda (Figura 1; panel f) tuvo valores mayores a los 45 (ddu) con diferencia estadística significativa entre las distancias ( $p < 0,0134$ ) de siembra 85 cm (21,51%) y 70 cm (16,70%), las cuales presentaron el mayor y menor porcentaje de proteína cruda para esta frecuencia de cosecha. La distancia de siembra de 100 cm (18,88 %) presentó un comportamiento intermedio entre ambas. Además, se observa que a los 70 ddu se produjo una disminución en los valores de encontrados, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre las distancias de siembra 70 cm (10,65%), 85 cm (10,07%) y 100 cm (9,37%).

El término de interacción no fue significativo para las variables longitud de hoja y número de nudos por tallo. Las separaciones de medias para los efectos principales de estas variables se presentan en la Figura 2.

**FIGURA 2**

SEPARACIÓN DE MEDIAS PARA LOS EFECTOS PRINCIPALES SOBRE LAS VARIABLES LONGITUD DE HOJA Y NÚMERO DE NUDOS. SANTA CRUZ, GUANACASTE, 2020-2021



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según la prueba DGC. Paneles a y b: LH (longitud de hoja) y NN (número de nudos promedio) para el efecto principal de frecuencia de cosecha, Paneles c y d: LH (longitud de hoja) y NN (número de nudos promedio) para el efecto principal de distancia de siembra.

La longitud de hoja (Figura 2; paneles: a y c) tuvo valores promedio de 1,11 m, 1,14 y 1,09 para las distancias de siembra de 70 cm, 85 cm y 100 cm y de 1,12 m y 1,10 m para las frecuencias de corte de 70 ddu y 45 ddu. Los valores promedio tanto para la distancia de siembra como para las frecuencias de corte no presentaron diferencias estadísticas.

La distancia de siembra tampoco tuvo efecto sobre el número de nudos por tallo (Figura 2; paneles: b y d) con medias de 4,03 (70 cm), 3,15 (85 cm) y 3,73 (100 cm). Sin embargo, la frecuencia de cosecha sí tuvo efecto sobre esta variable ( $p < 0,0001$ ); el número de nudos promedio aumentó de 1,43 a los 45 ddu: y a 5,84 a los 70 ddu.

## Discusión

### Producción de biomasa

El aumento del valor de las variables relacionadas con la producción de biomasa (Figura 1; paneles: a,b,c,d) al pasar de los 40 ddu a los 70 ddu se debe a que, en general para las especies forrajeras, la producción de biomasa aumenta con el aumento de la frecuencia de cosecha; una mayor tasa fotosintética, como resultado de la presencia de mayor área foliar, le permite al forraje el desarrollo de sus tejidos (vasculares, meristemáticos y foliares) (Paniagua-Hernández et al., 2020). Araya-Mora y Boschini-Figueroa (2005) encontraron este mismo comportamiento en la producción de biomasa de cinco cultivares de *Pennisetum purpureum*. Con respecto a la densidad de siembra, 70 cm fue la que presentó los mayores rendimientos de las variables PBMF, PBMS, altura y longitud de tallo (Figura 1; paneles: a, b, c, d). Según Porfirio et al. (2021), la distancia de siembra afecta el rendimiento de los forrajes, donde las densidades de siembra más altas provocan aumento del índice de área foliar y mayor producción de biomasa, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo

Alfaro y Montoya (2020) evaluaron el comportamiento productivo del forraje Cuba OM-22 bajo tres diferentes frecuencias de cosecha en Sardinal, Costa Rica. Estos autores obtuvieron PBMF promedio de 19,50 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> y de 49,56 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> para las evaluaciones a los 45 y 75 ddu; mientras que la media de PBMS fue de 3,00 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> y de 9,41 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> para las cosechas a los 45 y 75 ddu. Los rendimientos de PBMF y PBMS, en ambas frecuencias de cosecha evaluadas, fueron inferiores a los valores encontrados en esta investigación para los 45 y 70 ddu en cualquiera de las tres distancias de siembra utilizadas. De la misma manera, Alfaro y Montoya (2020) reportaron alturas promedio de 0,86 m y de 1,80 m para las evaluaciones a los 45 y 75 ddu y largo de tallo promedio de 30 cm y 129 cm para las evaluaciones a los 45 y 75 ddu; tanto los valores de altura como de longitud promedio de tallo fueron inferiores a los valores cuantificados en este trabajo para los 45 y 70 ddu, en cualquiera de las tres distancias de siembra utilizadas. Probablemente, las diferencias encontradas se deban a las condiciones del desarrollo experimental, Alfaro y Montoya (2020) utili-

zaron un banco de forraje ya establecido, en estación lluviosa y sin aplicación de fertilizantes.

Por el contrario, tanto la PMBF como la PMBS obtenidas en esta investigación fueron superadas por los valores reportados por Morocho (2020). Esta autora reportó valores de PBMF de 66,88 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> y de PBMS de 8,61 t corte<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> a los 45 días y a pesar de que realizó la última evaluación a los 60 ddu, en la que también obtuvo valores más altos en comparación con la frecuencia de 70 ddu de este trabajo. La mayor producción de biomasa obtenida por Morocho (2020) se atribuye, principalmente, a que usó una distancia de siembra menor (50 cm), lo cual aumentó la cantidad de plantas por metro cuadrado. Lo anterior plantea la pertinencia de investigar con densidades menores a las utilizadas en este trabajo.

### **Contenido de clorofila y proteína cruda**

La reducción de los valores de las variables de contenido de clorofila y proteína cruda a los 70 ddu (Figura 1; paneles: e y f) se puede explicar porque la calidad nutricional de las hojas y tallos de la mayoría de especies forrajeras no difiere en gran medida a edades jóvenes. No obstante, conforme los tejidos envejecen, la calidad nutricional del forraje disminuye; principalmente, porque las células epidérmicas y de fibra en el tallo forman paredes celulares secundarias gruesas y los tejidos se lignifican (Elizondo-Salazar, 2017). Araya-Mora y Boschini-Figueroa (2005) y Alfaro y Montoya (2020) reportaron una relación inversa entre el contenido de proteína cruda del forraje y la edad de corte. En cuanto al efecto de la densidad de siembra, Camacho García y Bonilla Abad (1999) señalan que una alta densidad de siembra disminuye el contenido de clorofila en hojas, lo que concuerda con lo encontrado en la presente investigación.

Los contenidos de clorofila encontrados en la presente investigación solo se pudieron comparar con el trabajo de Cerdas-Ramírez et al. (2021). Estos autores evaluaron la productividad del pasto Cuba OM-22 con dosis crecientes de fertilización nitrogenada (50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, 150 kg ha<sup>-1</sup> y 200 kg ha<sup>-1</sup>) y midieron el contenido de clorofila a los 56 ddu; obtuvieron contenidos de clorofila, medidos en unidades SPAD, de 24,8, 30,0, 33,0 y 36,0, para cada dosis de nitrógeno de forma respectiva. Estos valores

son inferiores a los obtenidos en la frecuencia de cosecha de 45 ddu en las tres distancias de siembra utilizadas para este experimento. En el caso de frecuencia de cosecha de 70 ddu se encontró que el contenido de clorofila es mayor solo cuando se aplican dosis de fertilización nitrogenada de 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>. Es presumible el incremento del contenido de clorofila con respecto al aumento en las dosis de fertilización nitrogenada; no obstante, la frecuencia de cosecha usada por Cerdas-Ramírez et al. (2021) es intermedia a la usada en este trabajo, lo que imposibilita una comparación directa.

Al comparar los resultados de proteína cruda con otros trabajos, Alfaro y Montoya (2020) reportaron valores de 11,35 % y 7,41 % para las mediciones a los 45 y 75 ddu, respectivamente. Por su parte, Morocho (2020) obtuvo un promedio de proteína cruda de 9,70 % a los 45 ddu. Al comparar estos valores en la frecuencia de cosecha de 45 ddu, esta investigación arroja valores mayores independientemente de la densidad de siembra; lo mismo sucede para los 75 ddu. Minson (1990) demostró que cantidades de proteína por debajo del 7 % no permiten la utilización eficiente y completa de los carbohidratos del forraje; sin embargo, esta cantidad es superada por las evaluaciones realizadas en las frecuencias de cosecha 45 y 70 ddu, en cualquiera de las densidades de siembra utilizadas. De hecho, si se utiliza la clasificación de contenido de proteína que presenta Ruiz Cárdenas (2016), los contenidos proteicos encontrados a los 45 y 70 ddu se pueden clasificar, de forma respectiva, como buenos y muy buenos. Por tanto, los contenidos de proteína cruda encontrados a los 70 ddu, si bien se trata de una cosecha tardía, son una fuente proteica que no se debe descartar y cuya disminución con respecto a la frecuencia de cosecha de 45 ddu se compensa con una mayor producción de biomasa. Es transcendental la búsqueda de la edad de cosecha óptima para alcanzar el mayor contenido de proteína en los forrajes, ya que es un componente indispensable en la dieta bovina, especialmente en sistemas lecheros y de doble propósito.

### **Longitud de hoja y número de nudos**

Alfaro y Montoya (2020) obtuvieron longitudes de hoja de 0,71 y 0,91 m para los 45 y 75 ddu. Si bien son longitudes de hoja inferiores a las encontradas en esta investigación para esas mismas frecuencias de cosecha, no hay diferencias estadísticas entre las

frecuencias de cosecha. Según argumentan Palma Arce y Raudez Navarro (2018), el pasto Cuba OM-22 detiene su elongación foliar a partir de los 42 días porque limita el desarrollo de la parte superior del tallo (hojas) para propiciar mayor desarrollo en grosor y ancho de tallo. Lo anterior concuerda con lo encontrado en este trabajo en dos sentidos. El primero es que el promedio de longitud de hoja no presentó diferencias significativas para las frecuencias de cosecha de 45 ddu y 70 ddu. El segundo es que la longitud de tallo sí presenta un aumento significativo al pasar de 45 ddu a 70 ddu. Por su parte, la distancia de siembra no tuvo efecto sobre la longitud de hoja.

En lo que se refiere a la cantidad de nudos, Alfaro y Montoya (2020) mencionan que encontraron en el forraje Cuba OM-22 cantidades de 1 y 5 nudos por tallo, con una distancia de siembra de 100 cm, en la frecuencia de cosecha de 45 ddu y 60 ddu, respectivamente. Este resultado coincide con lo encontrado en esta investigación para los 45 ddu y 70 ddu. La mayor cantidad de nudos en un tallo es indicativa de una mayor edad fisiológica (León, 2000), lo que resulta evidente en la diferencia observada con respecto a las frecuencias de cosecha de 45 ddu a 70 ddu, pero no así en la distancia de siembra, que no tuvo efecto sobre la cantidad de nudos por tallo.

## Conclusiones

En el marco de las condiciones en que fue realizado este trabajo, y con base en los objetivos planteados, se considera lo siguiente:

La combinación de distancia de siembra de 70 cm y frecuencia de cosecha de 70 ddu presentó valores mayores para las variables de producción de biomasa fresca, producción de biomasa seca, porcentaje de biomasa seca, altura y longitud de tallo.

La combinación de la distancia de siembra de 85 cm y la frecuencia de cosecha de 45 ddu presentó valores mayores para las variables contenido de clorofila y porcentaje de proteína cruda.

En la variable de longitud de hoja no hubo diferencias estadísticas entre distancias de siembra ni frecuencias de cosecha.

La mayor cantidad de nudos por tallos se presentó en la frecuencia de cosecha de los 70 ddu y no presentó diferencias entre distancias de siembra.



Debido a sus altos valores de unidades SPAD, proteína cruda y la producción de biomasa, el pasto Cuba OM-22 representa una alternativa importante para el establecimiento de bancos de forraje.

## Referencias

- Alfaro, R., y Montoya, J. (2020). *Determinación de la capacidad productiva y valor nutricional del forraje Cuba OM-22 bajo condiciones del bosque húmedo tropical del Pacífico Central de Costa Rica*. Universidad Técnica Nacional.
- Araya-Mora, M., y Boschini-Figueroa, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 37–43. <https://doi.org/10.15517/AM.V16I1.5180>
- Arteaga, L., y Burbano, J. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79–91. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/4277/5144>
- Buitrago-Guillen, M. E., Ospina-Daza, L. A., y Narváez-Solarte, W. (2018). Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 22(1), 31–42. <https://doi.org/10.17151/BCCM.2018.22.1.2>
- Calvo-Solano, O. D., Quesada-Hernández, L. E., Hidalgo, H., y Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 709. <https://doi.org/10.15517/MA.V29I3.30828>
- Calvo, O. (2021). Estimación del costo de producción de un kilogramo de leche y sus variables más influyentes. *E-Agronegocios*, 7(2), 44–62. <https://doi.org/10.18845/EA.V7I2.5682>
- Camacho García, J., y Bonilla Abad, R. (1999). *Efecto de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de maíz (Zea mays L) Var. NB-6*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1732/1/tnf04c172.pdf>

- Campos, C. (2017). Administración de recursos forrajeros en fincas ganaderas. *XXIII CONGRESO NACIONAL LECHERO*, 45. <http://proleche.com/wp-content/uploads/2017/10/Charla22.pdf>
- Carrillo, J., Castro, A., y Urbina, A. (2014). *La ganadería en el contexto agroalimentario, la generación de empleo y los retos del cambio climático: hacia una nueva política de sostenibilidad competitiva*. MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E16-10813.pdf>
- Cerdas-Ramírez, R., Vega-Villalobos, E. V., y Vargas-Rojas, J. C. (2021). Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 22(45), 136–161. <https://doi.org/10.15517/ISUCR.V22I45.47069>
- Cerdas, R. (2015). Comportamiento productivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 16(33), 124–145. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/19028/19119>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2020). *Infostat* (No. 2020). Centro de Transferencia InfoStat. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=pageyid=15>
- Di Rienzo, J. A., Guzmán, A. W., y Casanoves, F. (2002). A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 7(2), 129–142. <https://doi.org/10.1198/10857110260141193>
- Elizondo-Salazar, J. A. (2017). Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 329. <https://doi.org/10.15517/MA.V28I2.23418>
- FAO. (2009). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. FAO. <https://www.fao.org/3/i0680s/i0680s00.pdf>
- Fonseca Martínez, J. A. (2009). *Análisis del mejoramiento y competitividad en la ganadería de carne ante la apertura comercial en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3071>

- Garbanzo-León, G., Alvarado-Hernández, A., Vargas-Rojas, J. C., Cabalceta-Aguilar, G., y Vega-Villalobos, E. V. (2021). Fertilización con nitrógeno y potasio en maíz en un Alfisol de Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 137–148. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I1.39822>
- González Narváez, K. (2021). *Análisis de vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático del sector ganadero en la Mancomunidad de la Bioregión del Chocó Andino del noroccidente de Quito, parroquia Nono*. Universidad Andina Simón Bolívar. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8334/1/T3628-MCCNA-Gonzalez-Analisis.pdf>
- Hatab, A. A., Cavinato, M. E. R., y Lagerkvist, C. J. (2019). Urbanization, livestock systems and food security in developing countries: A systematic review of the literature. *Food Security*, 11(2), 279–299. <https://doi.org/10.1007/S12571-019-00906-1/TABLES/3>
- Hernández Garaya, A., Martínez Hernández, P. A., Mena Urbina, M., Pérez Pérez, J., y Enríquez Quiroz, J. F. (2002). Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. *Técnica Pecuaria En México*, 40(2), 193–202. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61340209>
- Herrera-Muñoz, J., Solís-Carmona, E., y Zúñiga-Arias, G. (2016). Análisis de factores determinantes del precio en la cadena de valor de la carne bovina en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 10(2), 1–19. <https://doi.org/10.15517/NAT.V10I2.26110>
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3rd ed.). IICA.
- Losilla, E. (2017). *Establecimiento de bancos de forraje*. Hoja Divulgativa No. 12. Dirección de Información y Comunicación). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/drocc-hoja-divulgativa-12-2017.pdf>
- MAG. (2014). *Concepto NAMA fincas ganaderas: un sector ganadero más eco-competitivo a través de prácticas de producción bajas en emisiones y transformaciones*. [https://www.biopasos.com/biblioteca/17v NAMA Ganaderia.pdf](https://www.biopasos.com/biblioteca/17v%20NAMA%20Ganaderia.pdf)
- MAG. (2015). *Estrategia 2015-2034 y plan de acción para la ganadería baja en carbono en Costa Rica: síntesis informativa*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11006.pdf>

- MAG. (2019). *Costa Rica, en ruta hacia la descarbonización de la ganadería 2013-2018*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11076.PDF>
- Martínez, R. y González, C. (2017). Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum* for forage production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(4), 477–488. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&typid=S2079-34802017000400477&lng=es&nr=1](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&typid=S2079-34802017000400477&lng=es&nr=1)
- Minson, D. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition - 1st Edition* (1st ed.). Academic Press.
- Morocho, G. (2020). *Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido cuba OM-22 (Pennisetum purpureum Schumacher × Pennisetum glaucum L.) a tres edades de corte* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14233>
- Mottet, A., de Haan, C., Faluccci, A., Tempio, G., Opio, C., y Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2017.01.001>
- Moumen, A., Azizi, G., Chekroun, K. Ben, y Baghour, M. (2016). The effects of livestock methane emission on the global warming: a review. *International Journal of Global Warming*, 9(2), 229–253. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2016.074956>
- Owens, J. L., Thomas, B. W., Stoeckli, J. L., Beauchemin, K. A., McAllister, T. A., Larney, F. J., y Hao, X. (2020). Greenhouse gas and ammonia emissions from stored manure from beef cattle supplemented 3-nitrooxypropanol and monensin to reduce enteric methane emissions. *Scientific Reports*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75236-w>
- Palma Arce, D. A., y Raudez Navarro, M. A. (2018). *Caracterización de dos cultivares de Pennisetum sp. Cuba CT-169 (Pennisetum purpureum x Pennisetum tiphoides) y Cuba OM-22 (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) Managua, 2016*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3741/1/tnl50p171.pdf>

- Paniagua-Hernández, L. D., Arias-Gamboa, L. M., Alpízar-Naranjo, A., Castillo-Umaña, M. Á., Camacho-Cascante, M. I., Padilla-Fallas, J. E., y Campos-Aguilar, M. (2020). Efecto de la densidad de siembra y edad de rebrote en la producción y composición bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 43(4), 275–283. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942020000400275](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000400275)
- Peterson, T., Blackmer, T., Francis, D., y Schepers, J. (1993). G93-1171 Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management. *Historical Materials from University of Nebraska Lincoln Extension*, 1353. <https://digitalcommons.unl.edu/extension-hist/1353>
- Porfirio, M. D., Neres, M. A., Fuhr, C. A., Silva, T. H. da, y Guimarães, I. C. da S. B. (2021). Effects of row spacing and planting density of forage sorghum on dry matter yield, morphologic parameters, nutritive value, and predicted milk yield of dairy cows. *Research, Society and Development*, 10(11), e36101119374. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19374>
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing* (No. 2017). <https://www.r-project.org/>
- Ramos, O., Canul, J., y Duarte, F. (2012). Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México |. *Revista Bio Ciencias*, 2(2), 60–68. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/35/172>
- Robinson, T. P., William Wint, G. R., Conchedda, G., Van Boeckel, T. P., Ercoli, V., Palamara, E., Cinardi, G., D’Aielli, L., Hay, S. I., y Gilbert, M. (2014). Mapping the global distribution of livestock. *PLoS ONE*, 9(5), e96084. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096084>
- Ruiz Cárdenas, R. R. (2016). *Establecimiento y respuesta a la frecuencia de corte de maralfalfa (Pennisetum sp.) vs. Camerun (Pennisetum purpureum Schum. cv. Cameroon) en el distrito de Contamaná, provincia de Ucayali, Loreto*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2612>
- Suárez-Serrano, A., Baldioceda-Garro, Á., Durán-Sanabria, G., Rojas-Conejo, J., Rojas-Cantillano, D., Guillén-Watson, A., Suárez-Serrano, A., Baldioceda-Garro, Á., Durán-Sanabria,

- G., Rojas-Conejo, J., Rojas-Cantillano, D., y Guillén-Watson, A. (2019). Seguridad hídrica: Gestión del agua en comunidades rurales del Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(2), 25–46. <https://doi.org/10.15359/RCA.53-2.2>
- Vargas-Rojas, J. C., Vega-Villalobos, E. V., y Ramírez-Cerdas, R. (2020). Tamaño y forma de la unidad experimental en ensayos de rendimiento de *Brachiaria* híbrido CIAT 3608. In *Pastos y Forrajes* (Vol. 43, Issue 2). <https://orcid.org/0000-0002-1139-2148>,
- Vega, E., y Salas, R. (2012). Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía, en Guanacaste, Costa Rica. *Revista InterSedes*, 13(26), 21–42. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/2988/2900>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York}. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Zheng, Y., Zhang, Y., y Wu, J. (2016). Yield and quality of Moringa oleifera under different planting densities and cutting heights in southwest China. *Industrial Crops and Products*, 91, 88–96. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2016.06.032>