

Artículo científico

Evaluación del efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje de sorgo rojo (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Domínguez-Saravia, J.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Rodríguez-Gracias, O.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Rodríguez-Urrutia, E.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

García-López, C.A.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

Molina-Escalante, M.O.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.

RESUMEN

La investigación se ejecutó de julio 2021 a agosto 2022 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.). El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en el rendimiento de biomasa y en la calidad del ensilaje del sorgo rojo (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con 5 bloques, 20 unidades experimentales y 4 tratamientos: tratamiento 0 (testigo), no se aplicó fertilizante foliar; tratamiento 1, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 250 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 250 cc/200 lt de agua; tratamiento 2, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 500 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 500 cc/200 lt de agua; y el tratamiento 3, se aplicó Mn (2.5 %) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más NPK (4-17-17) en 1,000 cc/200 lt de agua. Se evaluaron cuatro variables: diámetro del tallo (basal, intermedio y apical); altura de las plantas; rendimiento de biomasa; y valor nutricional a través de análisis bromatológico proximal del material recién cosechado y fermentado (25 días después de la cosecha). El mayor rendimiento promedio de forraje verde de las plantas de sorgo y el mayor contenido de proteína promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2 con 48.30 Tm.ha-1 y con 9.56 %, respectivamente; el mayor contenido de proteína promedio en el forraje verde de sorgo, se obtuvo con el tratamiento 1 con 9.40 %.

ACceso ABIERTO

Título en inglés:

Evaluation of the effect of two chelated foliar fertilizers on the biomass yield and quality of red sorghum (*Sorghum bicolor*) silage CENTA-CF in San Luis Talpa, La Paz, El Salvador

Correspondencia:
efrain.rodriguez@ues.edu.svPresentado:
05 de diciembre de 2023Aceptado:
29 de abril de 2024

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

Palabras claves: fertilizante foliar, quelatos, sorgo rojo, *Sorghum bicolor*, CENTA-CF, forraje, ensilaje.

ABSTRACT

The research was carried out from July 2021 to August 2022 on the experiment and practice station of the faculty of Agronomies sciences from Universidad de El Salvador, located in Canton Tecualuya, municipality of San Luis Talpa, department of La Paz, at a height of 50 meters over level of sea. The aim research was to evaluated the effect of two chelated foliar fertilizers on biomass yield and silage quality of red sorghum (*Sorghum bicolor*) CENTA-CF. A completely random block design was used with 5 blocks, 20 experimental units and 4 treatments: treatment 0 (control), where no foliar fertilizer was applied; treatment 1, what was used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 250 cc/200 lt of water plus NPK (4-17-17) in 250 cc/200 lt of water; treatment 2, had used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 500 cc/200 plus NPK (4-17-17) in 500 cc/200 lt of water; treatment 3, had used Mn (2.5%) + Zn (1.25%) + Mg (0.5%) + Cu (0.25%) + Fe (0.25%) + B (0.025%) in dose of 1,000 cc/200lt of water plus NPK (4-17-17) in 1,000 cc/200 lt of water. Four variable were evaluated: stem diameter (basal intermediate and apical); plant height; biomass yield; nutritional value through proximal bromatological analysis of freshly harvested and fermented material (25 days after harvest). The highest average green forage yield of sorghum and the highest average protein content in the sorghum silo was obtained with treatment two, with 48.30 cc/200 Tm. ha-1 and with 9.56% respectively; The highest average green forage yield of sorghum and the highest average protein content was got with the treatment one, with 9.40%.

Keywords: foliar fertilizer, chelates, red sorghum, *Sorghum bicolor*, CENTA-CF, forage, silage.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es una actividad económica que constituye el sustento de miles de familias en diversas regiones de El Salvador, por consiguiente promover su desarrollo conlleva al incremento de la producción de leche y carne, ayudando a satisfacer la demanda interna de algunos productos. Para ello es importante contar con animales sanos mediante la alimentación adecuada durante todo el año y sobre todo en la época seca; periodo en donde el alimento escasea y muchas ganaderías no cuentan con planes estratégicos y operativos anuales para alimentar el ganado. Ante esto es necesario almacenar alimento de muy buena calidad nutricional para dicha época, este es el caso del ensilaje, para el cual el maicillo o sorgo (*Sorghum bicolor*) es una opción para alimentar diferentes especies de la ganadería (MAG 2017).

La nutrición es uno de los pilares más importantes en la ganadería, ya que proveer de los nutrientes esenciales permitirá una buena salud y mejor desarrollo del ganado, y por ende, una mayor ganancia de peso y rendimientos en la producción de leche y carne, volviendo a la ganadería más rentable. Una nutrición balanceada en las plantas de sorgo, garantiza un mejor desarrollo de todo su potencial genético, permitiéndoles ser más resistentes a plagas y enfermedades, y como resultado, altos rendimientos con producciones de calidad. El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz (*Zea mays*), por su resistencia a enfermedades virosas, fungosas y poca demanda de agua. La importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los

últimos años, debido a su utilización en la alimentación humana (Zeledón *et al.* 2007).

El sorgo forrajero es utilizado en la alimentación animal, ya sea en forma de ensilaje o corte fresco, y el grano es usado para la fabricación de alimentos concentrados en los sectores avícola, porcino y bovino (CENTA 2018).

El sorgo forrajero tiene el potencial para producir un excelente ensilaje, ya que dispone de suficiente cantidad de azúcares simples que son utilizados como sustrato por las bacterias anaeróbicas para la producción de ácido láctico, responsable fundamental de una buena fermentación (Rovira y Velazco 2012).

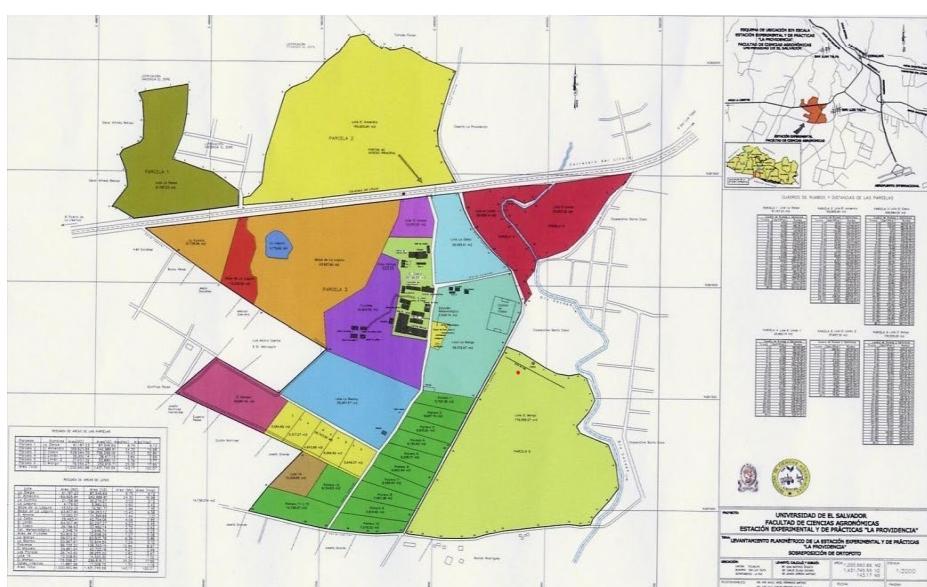
El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos fertilizantes foliares quelatados en cuanto al rendimiento de biomasa y en la calidad del ensilaje del sorgo rojo CENTA-CF.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración

La investigación se realizó en el periodo de julio 2021 a agosto de 2022 en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz (Figura 1), a una altura de 50 m s. n. m., con coordenadas de latitud 13°27'N y longitud 89°03' W, temperaturas que oscilan entre 24.6° y 28.4 °C; precipitación pluvial anual de 1,607 mm/año.

Figura 1.
Ubicación de la investigación.



Metodología de campo

Como parte de la preparación del terreno donde se estableció la investigación, 15 días antes de la siembra, se aplicó un herbicida para controlar coyolillo (*Cyperus rotundus*), una semana después se realizó una chapoda con tractor para eliminar las malezas presentes; se realizaron dos pasos de rastra. Con un tractor se hicieron los surcos de siembra a una distancia entre surcos de 0.80 m y una profundidad de 0.10 m, dejando un distanciamiento entre bloques de 2 m.

Una hora antes de la siembra y con el propósito de prevenir ataques de plagas del suelo, la semilla fue tratada con un insecticida a base de Imidacloprid, en dosis de 10 ml/kg de semilla. La siembra se realizó en forma manual a una distancia entre posturas de 0.25 m y 0.80 m entre surcos, a una profundidad de 0.10 m; en cada postura se colocaron entre 4 a 6 semillas de sorgo. Los tratamientos fueron delimitados o separados a una distancia de 1.60 m.

La fertilización al suelo se realizó de la siguiente manera:

- 1.^a fertilización: se aplicó fórmula 15-15-15 en dosis de 5 gramos (g) por planta a los 11 días después de la siembra.
- 2.^a fertilización: se aplicó Urea en dosis de 20 g por planta a los 30 días después de la siembra.
- 3.^a fertilización: se aplicó Urea en dosis de 29 g por planta a los 40 días después de la siembra.

Los fertilizantes foliares quelatados, se aplicaron entre las 7:00 a. m. y las 10:00 a. m., tres veces durante el ciclo del cultivo: la 1.^a fue a los 15 días después de la siembra, la 2.^a a los 25 días después de la primera aplicación y la 3.^a a los 35 días después de la segunda aplicación, con un equipo de fumigación manual de 17 litros de capacidad.

Se realizó monitoreo semanal para prevenir y controlar el ataque de cualquier plaga o enfermedad. Para el control de malezas, se aplicó el herbicida 2,4-D en dosis de 100 cc por 17 litros de agua. El riego del cultivo se aplicó una vez por semana a través del sistema de riego por aspersión móvil.

La cosecha del sorgo se realizó en forma manual a los 95 días después de la siembra. Luego de la cosecha, el sorgo fue picado en trozos de 1 a 2 cm de tamaño (Figura 2), para que al momento de realizar el compactado, se elimine de mejor manera el oxígeno.

Para realizar el ensilado del sorgo se utilizaron bolsas plásticas con capacidad de 100 lb para cada repetición y por tratamiento, dejando herméticamente cerrado por 25 días. Cada bolsa se llenó solo de sorgo picado (Figura 3).

Figura 2.
Picado del sorgo.



Figura 3.
Compactado del sorgo en bolsas plásticas.



Metodología de laboratorio

Los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Para el análisis bromatológico se tomó una muestra de cada tratamiento; 16 muestras en total, con el objetivo de determinar la composición química del forraje en verde y del ensilaje. Se analizaron los siguientes elementos:

- Ceniza, humedad y materia seca: se usó el método de análisis gravimétrico.
- Fibra cruda: se utilizó el método Ankom.
- Extracto etéreo: se utilizó el método Soxhlet.
- Proteína: se analizó con el método micro Kjeldahl.
- Carbohidratos: se utilizó el método de diferencia.

Metodología estadística

La investigación se realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 5 bloques, 4 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 20 parcelas experimentales. Las dimensiones del terreno fueron de 67 m de largo y 38.40 m de ancho, un área de 2,572.80 m², cada unidad experimental tenía 11 m de largo, 8 m de ancho y un área de 88 m², el distanciamiento entre bloques fue de 2 m y entre tratamientos de 1.60 m. La distribución de los tratamientos se realizó al azar.

Las variables que se evaluaron fueron (Figura 4):

- Diámetro del tallo. Se midió con un Pie de Rey cada 15 días en la zona basal, media y apical.
- Altura de la planta. Se midió con cinta métrica, cada 15 días, desde la base de la planta hasta la parte apical que es donde se encuentran las hojas jóvenes y empieza la ramificación de la panícula.
- Rendimiento del sorgo. Se pesó la biomasa producida en verde por tratamiento en kg/ha.
- Valor nutricional del cultivo. Se tomó una muestra del follaje verde antes de la cosecha por cada tratamiento, y a los 21 días después de haber elaborado el silo se tomó una muestra de cada tratamiento.

Figura 4.

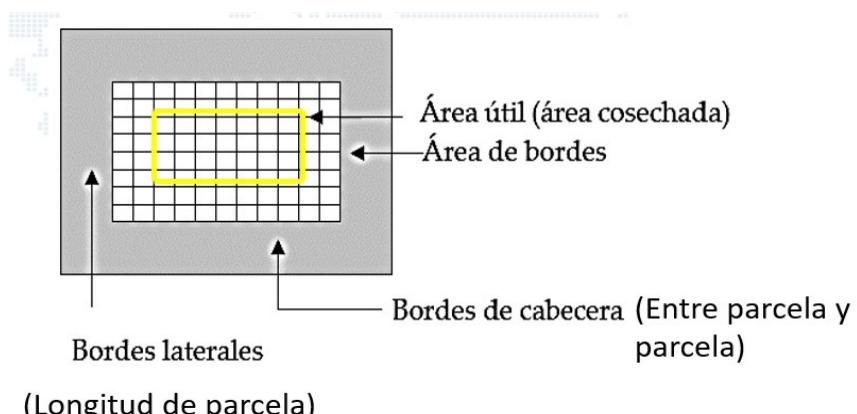
Toma de datos del cultivo.



Tamaño de la parcela y muestreos

El tamaño de la muestra fue de 20 plantas de sorgo por tratamiento, seleccionadas de la parte central en cada parcela (Figura 5), de tal manera que se dispuso de 20 datos por cada característica o variable a evaluar dentro de los respectivos bloques. Se trabajó con un muestreo probabilístico aleatorio o sistemático.

Figura 5.
Área de muestreo en la parcela.



Tratamientos en estudio

Los tratamientos que se evaluaron en la investigación fueron 3 dosis de un fertilizante foliar quelatado que contiene: Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025%); 3 dosis de un fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) y un testigo al que no se le aplicó fertilizante foliar, distribuidos en 5 bloques (Tabla 1).

Tabla 1.

Tratamientos que se evaluaron en la investigación.

Tratamiento	Dosis
Tratamiento 0 o Testigo	No se aplica fertilizante foliar.
Tratamiento 1 (T1)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 250 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 250 cc/200 lt de agua.
Tratamiento 2 (T2)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 500 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 500 cc/200 lt de agua.
Tratamiento 3 (T3)	Aplicación del fertilizante foliar quelatado que contiene Mn (2.5 %) + Zn (1.25 %) + Mg (0.5 %) + Cu (0.25 %) + Fe (0.25 %) + B (0.025 %) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, más el fertilizante foliar quelatado NPK (4-17-17) en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua.

Cada unidad experimental fue identificada con un número, por ejemplo: el código 101 significa que el primer dígito corresponde al bloque 1, los otros dos números corresponden a la unidad experimental o parcela (01). Los tratamientos que se aplicaron se identificaron de la siguiente manera: () corresponde al tratamiento testigo.

El material experimental que se evaluó en esta

investigación fue la semilla de sorgo rojo CENTA-CF, la cual fue proporcionada por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).

La distribución espacial en campo de los tratamientos en estudio fue la siguiente (Figura 6 y 7):

Figura 6.
Distribución de los tratamientos en campo.

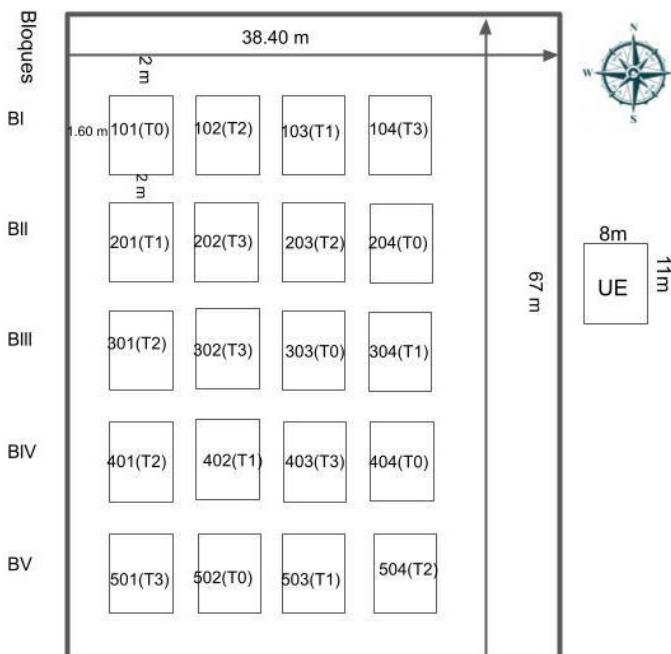


Figura 7.
Vista aérea de la distribución de los tratamientos en la parcela.



Para la organización, procesamiento y análisis estadístico de los datos se utilizaron métodos descriptivos univariados como representaciones gráficas, medidas de tendencia central y de dispersión e intervalos de confianza. A todas las variables cuantitativas se les aplicó el Análisis de Varianza (ANVA).

Para verificar el supuesto de normalidad se aplicó las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, y en el caso de la homogeneidad de varianzas se ejecutó el test de Levene.

Con el propósito de demostrar cuál de las diferentes dosis de fertilizantes foliares quelatados produjeron el mejor rendimiento de biomasa y calidad del ensilaje del sorgo rojo CENTA-CF, se aplicó la prueba estadística de comparación de medias de Tukey. Todo el análisis se realizó con un nivel de significancia estadística (alfa) del 5 % = 0.05 y mediante la utilización de hojas de cálculo de Microsoft Excel® y el programa estadístico INFOSTAT® 20 (Rodríguez 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas a los 45 días después de la siembra

La mayor altura promedio de las plantas a los 45 días después de la siembra, se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 177.2 cm de altura; seguido por el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con una altura de 176.59 cm (Figura 8). Según el CENTA (2016), el sorgo rojo CENTA-CF alcanza una altura de 210 cm, siendo un dato mayor al obtenido en esta investigación. El CENTA (2018) reporta que la altura para las variedades de sorgo CENTA-RCV es de 180 cm, 200 cm para la variedad CENTA LIBERAL, 260 cm para CENTA S-3 y 270 cm para la variedad CENTA S-2, los cuales son datos mayores a los obtenidos con la variedad en estudio.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.7392 mayor que la significancia estadística, que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK, no presentan diferencias estadísticas significativas en la altura de la planta a los 45 días después de la siembra.

Diámetro del tallo a los 45 días después de la siembra

El mayor diámetro promedio del tallo de las plantas a los 45 días después de la siembra se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200

lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 2.14 cm; seguido por los tratamientos 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua; y el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 2.09 cm (Figura 9). Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0197 menor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos con el tratamiento 2, pero similares a los tratamientos T1 y T3.

Longitud de la panoja

La mayor longitud promedio de la panoja se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 23.94 cm; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 23.75 cm (Figura 10). Según CENTA (2016), la longitud promedio de la panoja para el sorgo rojo CENTA-CF es 25 cm, el cual es un valor

similar al obtenido en esta investigación. El CENTA (2018), reporta para la variedad forrajera de sorgo CENTA S-3 bmr una longitud de panoja de 27 a 29 cm.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.5158 mayor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK no presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la longitud de la panoja.

Peso de las plantas de sorgo

El mayor peso promedio de las plantas de sorgo a los 45 días después de la siembra se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 975.9 g; seguido por el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 911.16 g (Figura 11). Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0475 menor que la significancia estadística , que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto al peso por planta, donde el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos que el tratamiento 2 pero similares a los tratamientos 1 y 3.

Figura 8.

Altura de las plantas a los 45 días después de la siembra.

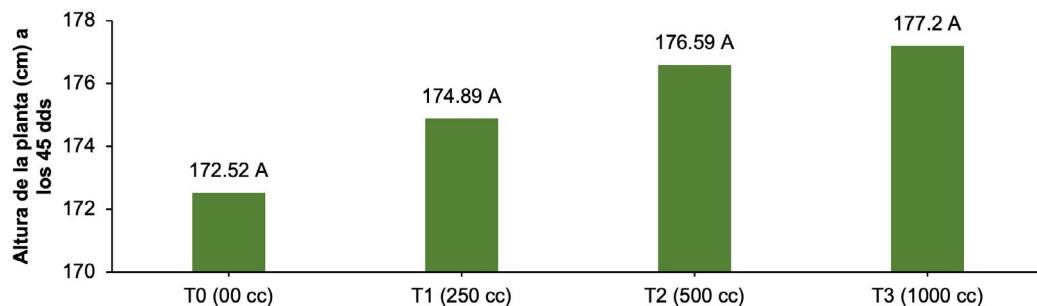


Figura 9.

Diámetro del tallo de las plantas a los 45 días después de la siembra.

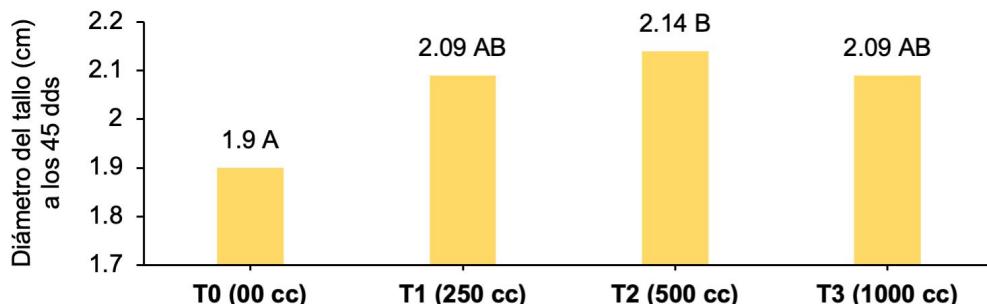


Figura 10.
Longitud promedio de las panojas de sorgo rojo CENTA-CF.

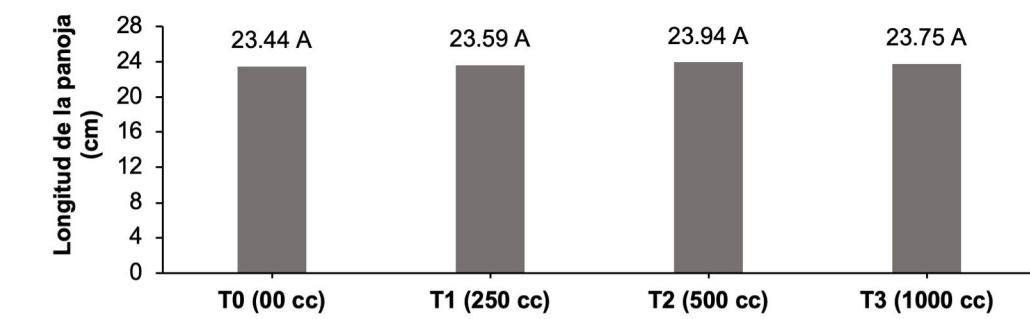
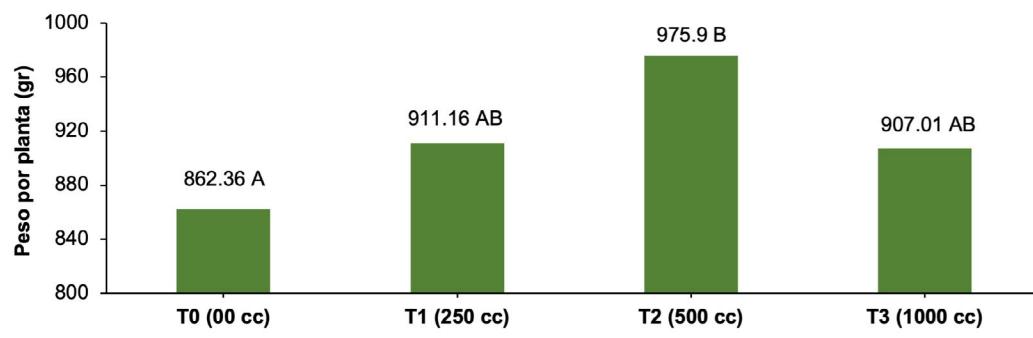


Figura 11.
Peso promedio de las plantas de sorgo.



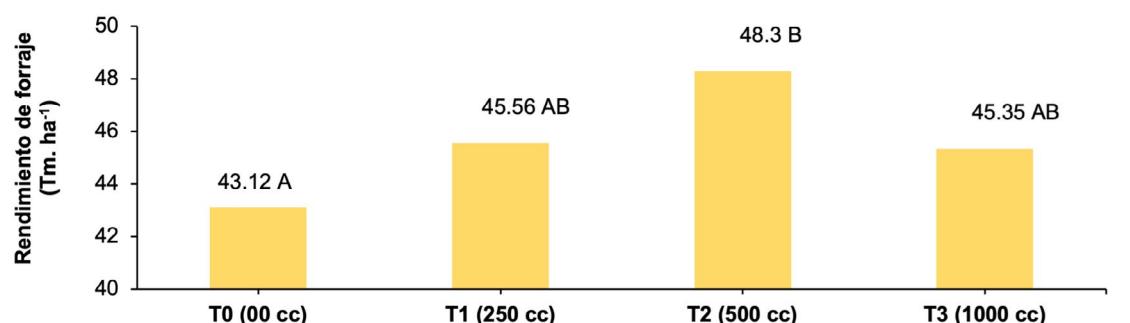
Rendimiento del forraje verde

El mayor rendimiento promedio del forraje verde de las plantas de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 48.30 Tm.ha⁻¹; seguido por el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 45.56 Tm.ha⁻¹ (Figura 12). El CENTA (2016) reporta que la variedad de sorgo rojo CENTA-CF tiene un rendimiento de materia verde para ensilaje de 52.13 Tm.ha⁻¹, el cual es un dato mayor al encontrado en esta investigación. El

CENTA (2018) reporta que la variedad de sorgo CENTA S-3 tiene un rendimiento de materia verde para ensilaje de 71 Tm.ha⁻¹, 80 Tm.ha⁻¹ para la variedad CENTA S-2 y 50 Tm.ha⁻¹ para las variedades CENTA-RCV y CENTA liberal.

Al aplicar el análisis de varianza se demostró con una probabilidad de error (p-valor) de 0.0383 mayor que la significancia estadística, que las dosis de Metalosate Crop Up y Metalosate NPK presentan diferencias estadísticas significativas, donde el testigo (no se aplica fertilizante foliar) presenta diferentes efectos en cuanto al rendimiento en forraje con respecto al tratamiento 2, pero similares a los tratamientos 1 y 3.

Figura 12.
Rendimiento promedio del forraje verde de sorgo.



Análisis bromatológico de las plantas de sorgo

Contenido de humedad en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de humedad promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua, con 83.69 %; seguido del tratamiento 0 o Testigo (no se aplica foliar) con 81.41 % (Figura 13). El mayor contenido de humedad promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc/200 lt de agua) con 82.09 %; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 82.03 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de humedad promedio en el sorgo rojo CENTA-CF es 69.90 %, el cual es un valor bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016).

El CENTA (2018) reporta 71 % de humedad para las variedades CENTA S-2 bmr, 74 % para CENTA S-3 y 72 % para las variedades CENTA S-3 bmr y CENTA S-4 bmr.

Contenido de materia seca en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de materia seca promedio en el forraje

verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua, con 24.84 %; seguido por el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc/200 lt de agua, con 22.15 % (Figura 14). El mayor contenido de materia seca promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 23.29 %; seguido por el tratamiento 0 o Testigo (no se aplica fertilizante foliar) con 18.29 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de materia seca en el sorgo rojo CENTA-CF es 30.10 %, el cual es un valor alto en comparación con los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

El CENTA (2018) reporta 29 % de materia seca en el sorgo de la variedad CENTA S-2 bmr, 26 % para CENTA S-3 y 28 % para las variedades CENTA S-3 bmr y CENTA S-4 bmr.

Contenido de ceniza en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de ceniza promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 13.07 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 10.92 %

Figura 13.

Contenido de humedad en el forraje verde y en el silo de sorgo.

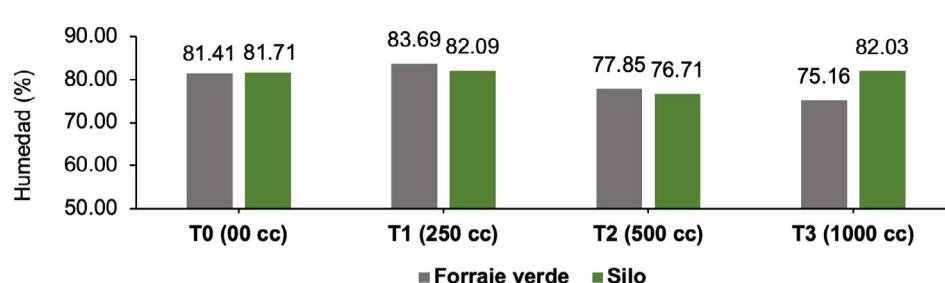
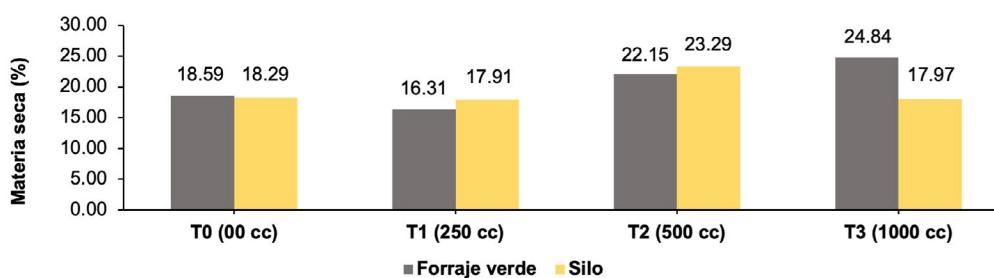


Figura 14.

Contenido de materia seca en el forraje verde y en el silo de sorgo.



(Figura 15). El mayor contenido de ceniza promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 11.08 %; seguido del tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 9.89 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de ceniza en el sorgo rojo CENTA-CF es 6.92 %, el cual es un valor bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016).

Contenido de proteína en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de proteína promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 9.40 %; seguido del tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 8.97 % (Figura 16). El mayor contenido de proteína promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 9.56 %; seguido por el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 8.40 %. En el tratamiento 1 el contenido de proteína en el silo (3.14 %) fue afectado por la alta incidencia de pájaros en el cultivo, quienes se comieron

todo el grano de sorgo antes de la cosecha, por lo que la muestra se entregó en el Laboratorio sin grano.

Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de proteína en el forraje de sorgo rojo CENTA-CF es 7 %, el cual es bajo en comparación al obtenido en esta investigación (CENTA 2016). El CENTA (2018) reporta 6.01 % de proteína en el forraje de sorgo de la variedad CENTA S-2 bmr, 8 % para CENTA S-3 bmr, 6 % para la variedad CENTA S-3 y 7 % para CENTA S-4 bmr.

Contenido de extracto etéreo en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de extracto etéreo promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 3.21 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 3.01 % (Figura 17). El mayor contenido de extracto etéreo promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 3.40 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua) con 3.27 %.

En un estudio realizado por Anaya e Iraheta (1992) en el municipio de San Martín, El Salvador, obtuvieron valores de 2.20 % a 2.93 % de extracto etéreo en el cultivo de sorgo.

Vargas (2005) en el estudio “Valoración nutricional y

Figura 15.
Contenido de ceniza en el forraje verde y en el silo de sorgo.

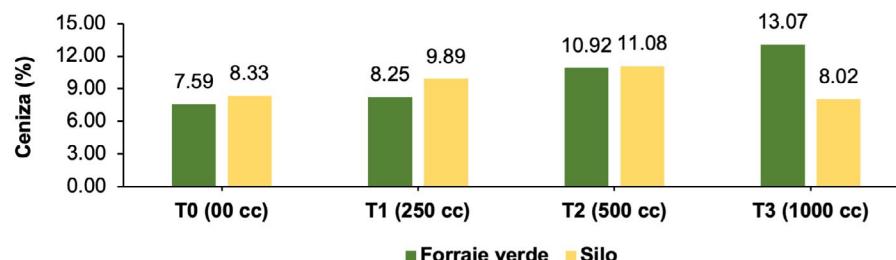
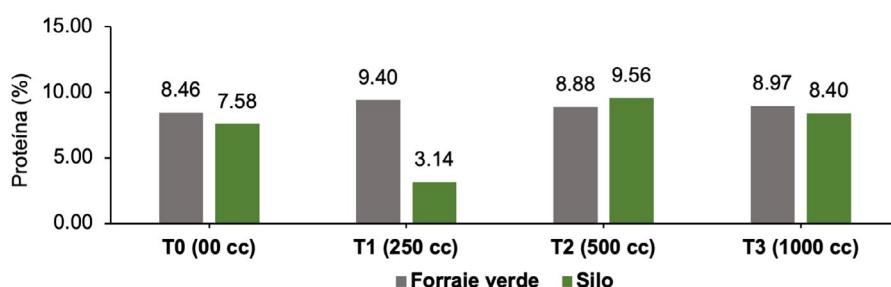


Figura 16.
Contenido de proteína en el forraje verde y en el silo de sorgo



degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum sp*), obtuvo 1.12 % de extracto etéreo en la variedad CIAT 591 y 2.57 % en la variedad CIAT 643-1, estas variedades son de Costa Rica.

Contenido de fibra cruda en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de fibra cruda promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con el tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 27.79 %; seguido del tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 26.44 % (Figura 18). El mayor contenido de fibra cruda promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 1,000 cc/200 lt de agua, con 25.69 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 24.77 %. Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de fibra cruda en la variedad de sorgo rojo CENTA-CF es de 22.21 %, el cual es un valor menor a los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

Contenido de carbohidratos en el forraje verde y en el silo de sorgo

El mayor contenido de carbohidratos promedio en el forraje verde de sorgo se obtuvo con los tratamientos 0 o Testigo,

no se aplicó fertilizante foliar, y el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 52.95 %; seguido del tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 500 cc/200 lt de agua, con 52.75 (Figura 19). El mayor contenido de carbohidratos promedio en el silo de sorgo se obtuvo con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc/200 lt de agua más Metalosate NPK en 250 cc/200 lt de agua, con 59.85 %; seguido del tratamiento 0 o Testigo, no se aplicó fertilizante foliar, con 56.28 %.

Según el Laboratorio de Química Agrícola del CENTA, el contenido de carbohidratos en la variedad de sorgo rojo CENTA-CF es de 17.09 %, el cual es un valor menor a los obtenidos en esta investigación (CENTA 2016).

Análisis socioeconómico

Para el análisis económico de la investigación se aplicó el método propuesto por el Centro de Investigaciones para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual se fundamenta en un análisis de presupuesto parcial y beneficio neto, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

La tasa de retorno se calculó sin tomar en cuenta la inversión de activos fijos, solamente se consideró la inversión de insumos, mano de obra y el uso de maquinaria, el periodo de recuperación es de 120 días.

Figura 17.

Contenido de extracto etéreo en el forraje verde y en el silo de sorgo.

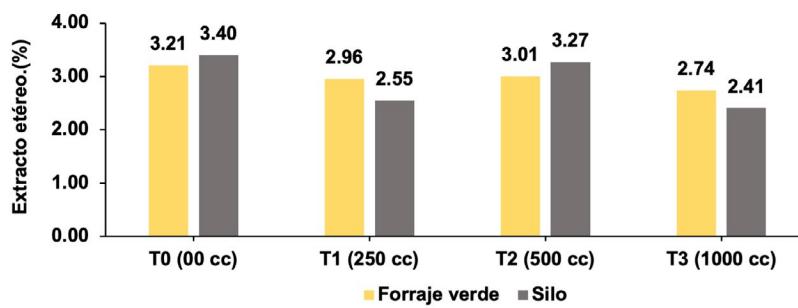


Figura 18.

Contenido de fibra cruda en el forraje verde y en el silo de sorgo.

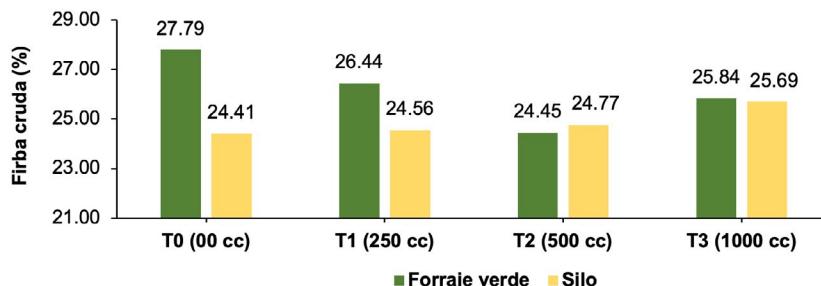
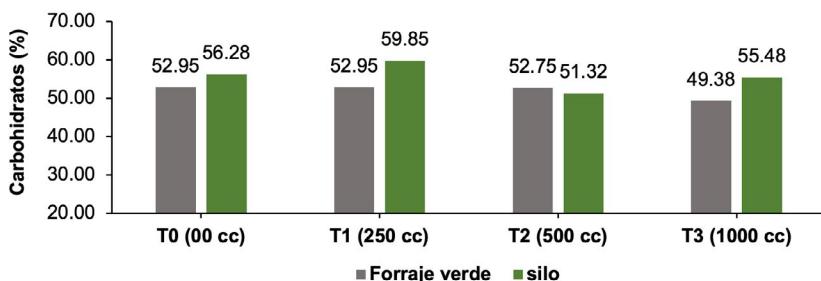


Figura 19.*Contenido de carbohidratos en el forraje verde y en el silo de sorgo.*

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, se obtuvo una tasa de retorno mínima de 1.70, lo que indica que por cada dólar invertido se recupera USD 1.70, que es una rentabilidad buena.

CONCLUSIONES

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor diámetro del tallo con 2.14 cm, la mayor longitud de la panoja con 23.94 cm, el mayor peso de las plantas con 975.9 gramos, el mayor rendimiento de forraje verde con 48.30 Tm.ha⁻¹, el mayor contenido de materia seca en el silo con 23.29 %, el mayor contenido de ceniza en el silo con 11.08 %, y el mayor contenido de proteína en el silo con 9.56 %.

Con el tratamiento 3, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 1,000 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 1,000 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo la mayor altura de la planta con 177.2 cm; el mayor contenido de materia seca en el forraje verde con 24.84 %; el mayor contenido de ceniza en el forraje verde con 13.07 %; y el mayor contenido de fibra cruda en el silo con 25.69 %.

Con el tratamiento 1, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 250 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 250 cc en 200 lt de agua, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor contenido de humedad en el forraje verde con 83.69 % y en el silo con 82.09 %, el mayor contenido de proteína en el forraje verde con 9.40 %, el mayor contenido de carbohidratos en el forraje verde con 52.95 % y en el silo con 59.85 %.

Con el tratamiento 0 o Testigo, dónde no se aplicó fertilizante foliar, a los 45 días después de la siembra del sorgo se obtuvo el mayor contenido de extracto etéreo en el forraje verde con 3.21 % y en el silo con 3.40 %; el mayor contenido de fibra cruda en el forraje verde con 27.79 %; y el mayor contenido de carbohidratos en el forraje verde

con 52.95 %.

Con el tratamiento 2, aplicación de Metalosate Crop Up en dosis de 500 cc en 200 lt de agua más Metalosate NPK en dosis de 500 cc en 200 lt de agua, se obtuvo una tasa de retorno mínima de 1.70, lo que indica que por cada dólar invertido se recupera USD 1.70, que es una rentabilidad buena.

El uso de fertilizantes foliares quelatados aumenta el contenido nutricional de los forrajes de sorgo para utilizarlos como alimento verde o en ensilaje para el ganado bovino en El Salvador.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Beltran, HA; Irahera Cruz, Helmer, I. 1992. Evaluación del incremento de la proteína utilizando tres niveles de gallinaza en el ensilado de sorgo (*Sorghum vulgare*). San Salvador. Tesis Ing. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. 90p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2016. Sorgo rojo CENTA-CF: primera variedad de sorgo rojo con taninos en El Salvador. San Andrés, La Libertad, El Salvador. 10p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, El Salvador). 2018. Cultivo del sorgo. Ciudad Arce, El Salvador. 28p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador). 2017. Estrategia Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas de El Salvador. San Salvador, El Salvador. s.e. 26p.
- Rodríguez, OA. 2021. Asesoría de ante proyecto de tesis. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Rovira, P; Velazco, J. 2012. Ensilaje de grano húmedo de sorgo: Guía práctica para su uso en la alimentación de ganado en regiones ganaderas. Montevideo, Uruguay. s.e. 20 p.
- Vargas Rodríguez, CF. 2005. Valor nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). Alajuela, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Zeledón, HS; Hernández, MA; Ayala, JE; Guzmán, RF; Borja,

CA; Alvarado, M; Calderón, VR. 2007. Guía técnica del Sorgo. 1 ed. La libertad, El Salvador. Impresiones Digitales Diversas. 37p.