

Fertilización orgánica en el cultivo de moringa de cuarto año y su efecto sobre la producción y extracción de n-p-k

Organic fertilization in the fourth year moringa crop and its effect on the production and extraction of n-p-k

Maria Sol Lesme Ascurra¹ ; Diego Augusto Fatecha Fois¹ 

Jimmy Walter Rasche Álvarez¹ 

RESUMEN

La moringa es una a la que se le atribuyen numerosas propiedades, tanto benéficas a la salud humana como al medio ambiente; donde en las hojas se encuentran la mayor parte de la riqueza de nutrientes, que son extraídas del suelo donde la aplicación del estiércol bovino repone una buena cantidad de nutrientes que son fundamentales para la producción de hojas. El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de estiércol bovino en la producción y extracción de N-P-K en hojas de moringa. El experimento fue realizado dentro de la Finca Tekove Green, situada en el distrito de Piribebuy, Departamento de Cordillera, durante el periodo de noviembre 2020 a febrero de 2021. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, donde fueron aplicadas 0, 5, 10 y 15 t ha⁻¹ de estiércol bovino, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura del rebrote de la planta, número de hojas por planta, diámetro del tallo, rendimiento en hojas secas, número de biomasa, la concentración y extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio en hojas secas. La aplicación de estiércol bovino generó diferencias significativas en la altura del rebrote, se obtuvo el mayor valor con la dosis de 15 t ha⁻¹, con una altura de 202 cm y 152 cm en la primera y segunda cosecha respectivamente. Con el diámetro del tallo se obtuvo los mayores valores en la primera y segunda cosecha con valores de 4,10 cm y 5,40 cm respectivamente. El número de rebrotes por planta no fue influenciado por el fertilizante orgánico. El número de hojas tuvo un aumento con el tratamiento de 15 t ha⁻¹. El rendimiento de masa fresca alcanzó el mayor valor de 903 kg ha⁻¹ con la aplicación de 15 t ha⁻¹. El rendimiento de masa seca no tuvo respuesta significativa en las dos cosechas, La concentración de nutrientes varió de 28,09 g kg⁻¹ a 29,05 g kg⁻¹ para N, 2,36 g kg⁻¹ a 2,71 g kg⁻¹ para P, 7,23 g kg⁻¹ a 10,22 g kg⁻¹ para K. La aplicación del estiércol bovino aumentó la producción de hojas, sin embargo, no aumentó la concentración de N-P-K. Hubo mayor exportación de los nutrientes N y K.

Palabras clave: Moringa *oleífera* Lam, Estiércol bovino, Balance de nutrientes, Producción de hojas.

Fecha de recepción: enero 2023; fecha de aceptación: abril 2023

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo.

Autor de correspondencia: Autor de Correspondencia: María Sol Lesme Ascurra. Email: sollesme98@gmail.com



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

ABSTRACT

Moringa is a tree to which numerous properties are attributed, both beneficial to health and for the environment; where most of the richness of nutrients is found in the leaves, which are extracted from the soil. Bovine manure as a fertilizer provides a good amount of nutrients that are essential for the production of leaves. The general objective of the work was to evaluate the effect of the application of bovine manure doses on the production and extraction of N-P-K in moringa leaves. The experiment was carried out within the Tekove Green Farm, located in the district of Pirbebuy, Department of Cordillera, during the period from November 2020 to February 2021. The experimental design used was complete randomized block design, where 0.5, 10 and 15 t ha⁻¹ of bovine manure, with four repetitions. The variables evaluated were height of plant regrowth, number of leaves per plant, stem diameter, yield of dry leaves, number of biomass, concentrations and total extractions of nitrogen, phosphorus and potassium from dry leaves. The application of bovine manure generated significant differences in the height of the regrowth, obtaining greater value with the treatment of the dose of 15 t ha⁻¹, with a height of 202 cm and 152 cm in the first and second harvest, respectively. With the diameter of the stem, the highest values were obtained in the first and second harvest with values of 4.10 cm and 5.40 cm, respectively. The number of shoots per plant was not influenced by the organic fertilizer. The number of leaves had an increase with the treatment of 15 t ha⁻¹. The fresh mass yield reached the highest value of 903 kg ha⁻¹ with the application of 15 t ha⁻¹. The dry mass yield did not have a significant response in the two harvests. The nutrient concentration varied from 28.09 g kg⁻¹ to 29.05 g kg⁻¹ for N, 2.36 g kg⁻¹ to 2.71 g kg⁻¹ for P, 7.23 g kg⁻¹ to 10.22 g kg⁻¹ for K. The application of bovine manure increased leaf production, however, it did not increase the concentration of N-P-K. There was greater export of nutrients N and K.

Keywords: *Moringa oleifera* Lam, Bovine manure, Nutrient balance, Leaf production.

INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleifera* Lam. es la especie más conocida del género *Moringa*. Es una planta a la que se le atribuyen numerosas propiedades, tanto benéficas a la salud humana como al medio ambiente; donde las hojas contienen una riqueza de nutrientes y aminoácidos esenciales que resultan poco común en una planta. El polvo que es producido de la hoja de la moringa se utiliza para distintos productos comestibles como algunos snacks, también en la elaboración de panificados y sopas. Las hojas secas se utilizan para consumir en infusiones como té, mate y tereré.

En Paraguay el cultivo de la moringa se empezó a producir como planta medicinal, y también como forraje, como complemento para la alimentación animal, destacándose esto en la agricultura familiar. Se destaca por su alto contenido de proteína y aceite, alto volumen de biomasa, por el cual extrae gran cantidad de nutrientes del suelo, lo que requiere y es fundamental la fertilización en este cultivo. La fertilización orgánica resulta fundamental si se desea establecer un cultivo sustentable con bajos impactos ambientales, aportando complementos esenciales y provocando un mejoramiento integral del suelo a través de sus propiedades, físicas, químicas y biológicas, el cual ayuda a abaratar costos en la

producción. La disponibilidad de nutrientes en el suelo es importante para obtener un buen rendimiento, lo cual hace que la aplicación de la enmienda orgánica sea necesario acorde a los niveles exportados en la cosecha.

El estiércol bovino como fertilizante orgánico representa buena alternativa, ya que aporta una buena cantidad de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son fundamentales para la producción de hojas, donde el cultivo de moringa tiene la particularidad de extraer nutrientes del suelo acorde a la cantidad de biomasa que produce, por el que la aplicación de fertilizantes o enmiendas orgánicas tiene un importante efecto en la producción de esta planta.

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de estiércol bovino en la producción y extracción de NPK en hojas de moringa. Los objetivos específicos fueron; determinar la altura de la planta, diámetro de la base del tallo, cantidad de rebrotes, número de hojas y rendimiento de hojas en función a las dosis aplicadas de fertilizante y determinar la concentración de NPK en hojas de moringa.

La hipótesis de este trabajo plantea que la aplicación de estiércol bovino incrementará la producción y extracción de NPK en hojas de moringa

MÉTODO

El experimento se realizó en la Finca Santacruz – Tekove Green, ubicada en el departamento de Cordillera, distrito de Piribebuy, compañía Colonia Piraretá, en las coordenadas geográficas son -25°50'16"04", -56° 97'05"62". durante el periodo de noviembre de 2020 a febrero 2021. Anteriormente, la parcela se encontraba bajo cultivo orgánico de caña de azúcar. En el año 2018 se inició un experimento de fertilización orgánica con

estiércol bovino, a fin de evaluar el efecto en la producción de hojas y la extracción de NPK, donde este trabajo corresponde al cuarto año de experimentación, iniciada por Martínez (2019) en el primer año, seguida por Otazú en el segundo año (s.f) y Massabo (2021) en el tercer año de experimentación. El suelo del área experimental pertenece al orden Ultisol, con coloración marrón rojizo oscuro de textura franco, arcillo arenosa de mediana fertilidad, buen

drenaje con un relieve plano semi ondulado y sin presencia de piedras o rocas en la superficie (López et al. 1995).



Figura 1. Ubicación del experimento con dosis de estiércol bovino en el cultivo de Moringa. Piribeby, Cordillera, Tekove Green 2020/2021.

Régimen de temperatura y precipitación durante el ciclo de cultivo de moringa 2020/2021

En la Figura 2 y 3 se muestran el régimen de temperatura y precipitación quincenal observado en el periodo de investigación, donde se ve el comportamiento entre los meses de noviembre del 2020 y marzo del 2021.

Figura 2: Temperatura quincenal promedio en el periodo experimental. Piribeby, Cordillera, 2020/2021.

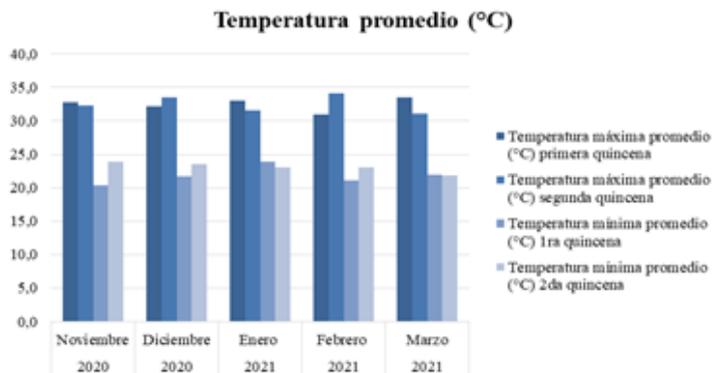
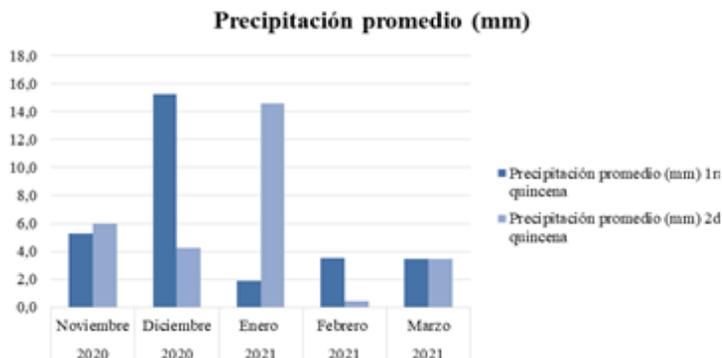


Figura 3: Precipitación quincenal promedio en el periodo experimental. Piribeby, Cordillera. 2020/2021



Fuente: Dirección Aeronáutica Civil

Las temperaturas máximas diarias fueron entre 39 y 25 °C y las mínimas diarias entre 28 y 17 °C. Las precipitaciones máximas fueron en el mes de enero del 2021 en la segunda quincena con 89 mm, siendo la moringa un cultivo resistente y adaptable a bajas precipitaciones, hubo déficit hídrico, pero esto no fue este un valor determinante para el crecimiento del cultivo.

Diseño experimental y tratamiento

El experimento fue implantado con un diseño de bloques completamente al azar. En cada parcela, se aplicaron diferentes dosis de estiércol bovino establecidos por 0, 5, 10 y 15 t ha⁻¹ con cuatro repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales

(Figura 4).

Cada parcela estuvo representada por un área de 3 m x 3 m. La superficie total del experimento será de 144 m². Cada unidad experimental estuvo constituida por 3 hileras distanciadas a 1,5 m de cada una entre plantas, constituyéndose por 9 plantas, de las cuales se recolectaron 3 plantas al azar como muestra, de las plantas ubicadas en cada parcela.

Figura 4: Diseño experimental, el T1 corresponde al testigo de dosis 0 t ha⁻¹, el T2 a la dosis de 5 t ha⁻¹, el T3 a la dosis de 10 t ha⁻¹ y el T4 a la dosis de 15 t ha⁻¹ de estiércol bovino. Piribebuy, Cordillera, 2020/2021.



Manejo del experimento

Muestreo de suelo

La recolección de la muestra de suelo para el análisis se realizó al inicio del experimento, las muestras se tomaron entre líneas de las plantas, para la cual se utilizó una pala, machete y bolsas de polietileno. Las submuestras colectadas fueron homogeneizadas, de tal manera a obtener la muestra compuesta, se extrajo de la mis-

ma 500 g, (previa codificación de los mismos) el lugar de colecta no es afectada por la fertilización de años anteriores, la muestra de suelo que fue remitida al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA, Área de Suelos y Ordenamiento Territorial (Tabla 1).

Tabla 1: Características físicas y químicas del suelo del área de estudio de la Finca Santacruz-Tekove Green, Piribebuy, Cordillera 2020/2021.

Prof. cm	pH	M.O. %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	P	Al ⁺³ +H ⁺	Sat.Al %	Textura
		cmolc/kg ⁻¹				mg/kg ⁻¹			
0-30	4,70	1,56	2,13	0,90	0,09	---	2,70	1,38	30,76	Franco Arcillo Arenosa

Fuente: Laboratorio del Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial (2020).

Preparación del terreno

El cultivo de moringa ya se encontraba implantado, para lo cual se realizó la limpieza de las malezas, pasando con azadas y motocultor. Posteriormente, se delimitó cada parcela con estacas e hilos de ferretería, cada unidad experimental fue nombrada con los tratamientos correspondientes a través de estacas con carteles indicativos.

Aplicación del estiércol bovino

Se utilizó una balanza digital (0,1 g de precisión) para el pesaje del fertilizante orgánico de acuerdo a cada tratamiento establecido para su posterior incorporación en los pozos de una profundidad de 25 cm aproximadamente, las aplicaciones fueron en forma localizada en el fondo de los hoyos recubiertos por suelo. En la tabla 1 se presenta el análisis químico del estiércol bovino de referencia utilizado en el experimento, donde se detallan las concentraciones de N total, P total y K total que presentaron valores de 1,05%, 0,35% y 0,37% respectivamente.

Tabla 2: Análisis químico del estiércol bovino. Asunción, Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN), 2017/2018.

Determinaciones	Unidad/es	Método/s	Resultado/s
Nitrógeno total, exp. en N	g/100g ⁻¹	Kjeldahl	1,05
Fósforo total, exp. en P ₂ O ₅	g/100g ⁻¹	Colorimetría	0,35
Potasio total, exp. en K ₂ O	g/100g ⁻¹	Fotometría de llama	0,37

Fuente: Martínez (2019), primer año de la instalación del experimento

Cosecha

Para la cosecha de las hojas de moringa, se realizaron en forma manual con tijeras de podar, en los meses de diciembre del 2020 y febrero del 2021, totalizando dos cosechas, la superficie cosechada fue de 3 m² de cada unidad experimental que corresponde a 3 plantas de las 9 plantas de cada unidad experimental, seleccionadas al azar.

VARIABLES A EVALUAR

Altura de planta: se tomaron 3 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, posterior a eso se realizaron las mediciones desde la base del cuello de la raíz de la planta, ubicada a nivel de suelo hasta el meristemo apical, utilizando cinta métrica.

Diámetro del tallo: para la medición de esta variable se tomaron las mismas 3

plantas por cada unidad experimental dentro de cada parcela útil, y con un escalímetro de vernier se midió el diámetro a 0,05 m de altura, tomando como punto de referencia el suelo.

Número de rebrotes: Se tomaron 3 plantas por tratamientos y se contabilizaron las ramas por plantas desde la parte basal del tallo hasta la apical.

Cantidad de hojas por rebrote: Se tomaron 3 plantas por tratamiento, se seleccionó un rebrote con altura promedio y se llevó a cabo la contabilización de brote de hojas.

Rendimiento de masa fresca: para la medición de esta variable se tomaron las mismas 3 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, de las 3 plantas se cortaron todas las ramas laterales y hojas dejando solo el tallo principal sin ninguna hoja, siendo acopiadas en carpas que luego fueron llevadas al lugar del deshoje, fueron pesadas a campo con una balanza digital y anotadas en una planilla.

Rendimiento de masa seca: las hojas frescas se apilaron en camas secadoras en un galpón exclusivo para el secado. En cada cama se colocaron hasta 5 kg de hojas de moringa para que un secado sea rápido y eficaz. Una vez transcurrido el tiempo y al pesar sucesivamente y este al llegar a un peso constante se anotaron los datos del pesaje en una planilla.

Concentración foliar de N - P - K: apenas obtenida la masa seca de las hojas, estas fueron sometidas a la molienda, que se realizó en el laboratorio del área Suelos y Ordenamiento territorial de la FCA - UNA, a fin de obtener la concentración de NPK (g kg-1) en las hojas obtenidas de la primera y segunda cosecha. El análisis de tejido se realizó en el área de investigación, de la Universidad Nacional del Este.

Cálculo de balance de Nutrientes

El balance nutricional de NPK en el período de un año fue determinado en base a la diferencia entre el ingreso y egreso

de nutrientes al sistema de producción del cultivo, dados por la ecuación.

Balanza (NPK) = Adición de NPK - Exportación de NPK

Cantidad de NPK adicionados: Luego, para la obtención de los nutrientes adicionados (N-P-K), se multiplicó la concentración del estiércol bovino por las dosis aplicadas. Los resultados fueron expresados en kg ha-1.

Cantidad de NPK exportados: Para la obtención de los nutrientes totales exportados, se multiplicó la producción total de hojas secas (kg ha-1) por la concentración promedio (g kg-1) de los nutrientes del tejido vegetal. Los resultados fueron expresados en kg ha-1.

Métodos de control de calidad de los datos

Los datos serán tabulados en una hoja de cálculo Excel, donde serán calculados y ordenados por tratamiento, repetición y cosecha, los valores de nutrientes agregados al suelo y los exportados vía cosecha. Los resultados del balance de NPK, se compararán con los rendimientos relativos de los cultivos sembrados, se ajustarán mediante ecuaciones de regresión. Cada actividad fue realizada de manera minuciosa, con el control de cada uno de los datos del trabajo, de tal manera a evitar errores que puedan alterar los resultados. Así mismo se contará con el apoyo de los orientadores, quienes brindarán sus conocimientos para elaborar el experimento con eficiencia.

Modelo de Análisis e Interpretación

Una vez obtenidos los datos, fueron sometidos a análisis de varianza para determinar si hubo o no diferencia entre los tratamientos aplicados. Con aquellos resultados que arrojaron diferencias significativas se procedió a realizar la comparación de medias, utilizando el test de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión con el programa AgroStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura del rebrote

La altura del rebrote de la planta de moringa en la primera y segunda cosecha presentaron diferencias significativas, como son observadas en la tabla 3 donde el tratamiento 1 (0 t ha⁻¹) de estiércol bovino,

en ambas cosechas, fue el que presentó los menores valores con 135 cm y 96 cm y el tratamiento con la dosis de 15 t ha⁻¹ obtuvieron mayores alturas de rebrote con 202 cm y 152 cm en la primera y segunda cosecha respectivamente.

Tabla 3: *Altura promedio del rebrote de la planta de moringa obtenidos en función a dosis de estiércol bovino aplicado. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green 2020/2021.*

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Altura de rebrote (cm)	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	135,00c	96,42b
T2: 5	175,00b	130,57a
T3: 10	189,02ab	149,07a
T4: 15	202,15a	151,60a
CV %	22,58	23,37

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (P<0,05).

CV: Coeficiente de variación

Los resultados de la altura del rebrote de la planta de la primera cosecha podrían estar relacionadas con la temperatura y precipitaciones inferiores ocurridas en relación con los rangos ideales de 25 a 30 °C (Figura 2) que incidieron en el incremento de la altura del rebrote de la planta.

En el primer año de experimentación, Martínez (2019) encontró diferencias significativas en las tres cosechas realizadas, coincidiendo con los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, Massabo (2021) en el tercer año de experimentación, no encontró diferencias en la altura del rebrote de la planta en ninguna de las cosechas. Por su parte Caballero (2020) en un experimento con distintas densidades de plantación en el primer año obtuvo el valor más alto de altura del rebrote de la planta, con la densidad de 1m x 1m alcanzó 1,77 cm. En tanto, a Caballero (2021) en

el segundo año obtuvo el valor más alto de la altura del rebrote de la planta con 1,82 cm en la densidad de 2m x 2m en la tercera cosecha realizada. Por su parte, Zunini (2021) y Bogado (2022) en el cuarto año no registraron diferencias significativas en cuanto a la altura del rebrote en ninguna de las cosechas realizadas.

Diámetro de la base del tallo

En la tabla 4 se observan las medias obtenidas del diámetro de la base del tallo en las dos cosechas realizadas. La aplicación de 15 t ha⁻¹ de estiércol bovino fue la que obtuvo los mayores valores de 4,10 cm y

5,40 cm en la primera y segunda cosecha respectivamente, estadísticamente significativa a todos los demás tratamientos en la primera cosecha y al T1 en la segunda cosecha.

Tabla 4: Diámetro de la base del tallo de moringa (cm) por efecto de las distintas dosis de estiércol bovino aplicado. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green año 2020/2021.

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Diámetro del tallo (cm)	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	3,23b	3,57b
T2: 5	3,50b	4,80ab
T3: 10	3,55b	4,82ab
T4: 15	4,10a	5,40a
CV %	5,46	1,60

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (P<0,05).

CV: Coeficiente de variación

En el mismo experimento, en el primer año de experimentación, Martínez (2019) encontró un resultado similar donde también la dosis de 15(t ha⁻¹) de estiércol bovino obtuvo el mayor diámetro en los tres momentos de cosechas realizadas. En tanto, en el tercer año de experimentación Massabo (2021) no observó diferencias significativas entre tratamientos.

Por su parte, González (2014), evaluó el comportamiento de dos poblaciones de

moringa acriollada y mejorada, menciona que el incremento del diámetro del tallo está relacionado con el aumento de la altura de la planta, motivo por el cual las plantas presentaron mayor crecimiento en la altura y engrosamiento del tallo, lo mismo ocurrió con la presente investigación, mientras se incrementaba la altura de la planta, también aumentaba el diámetro del tallo de la planta.

Números de rebrotes por planta

En la Tabla 5 se presenta el promedio obtenido en cuanto al número de rebrotes en la planta de moringa. Tanto en la primera y

segunda cosecha no se observaron diferencias significativas.

Tabla 5: Número de rebrotes de moringa de cuarto año con distintas dosis de estiércol bovino aplicado en los dos periodos de cosecha. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green Año 2020/2021.

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Número de Rebrotos	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	4,65a	3,67a
T2: 5	5,00a	4,25a
T3: 10	5,10a	4,85a
T4: 15	6,15a	6,35a
CV %	2,39	2,77

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey ($P < 0,05$).

CV: Coeficiente de variación

Estos resultados se obtuvieron debido a la relación del crecimiento aéreo con respecto a las dosis de fertilizante orgánico aplicado. En ese contexto, Quintas et al. (2016) investigaron los efectos de poda y fertilización orgánica en moringa reportaron que, en plantas adultas, existen correlaciones positivas del crecimiento aéreo con respecto a los contenidos nutritivos (N, P, K y MO) del abono orgánico utilizado, y correlación negativa respecto al pH del suelo. Los resultados obtenidos no

coinciden con Massabo(2021) en el experimento de tercer año de evaluación, donde obtuvo diferencias significativas en la segunda cosecha con el T4 de 15 (t ha⁻¹) de estiércol bovino.

En tanto, a Caballero (2021), Zunini (2021), Bogado (2022) quienes evaluaron distintos distanciamientos de la planta de moringa en el segundo, tercer y cuarto año respectivamente, no encontraron diferencias significativas ($p > 0,10$) en ninguna de las tres cosechas realizadas.

Número de hojas por planta

Los resultados obtenidos en función al número de hojas por planta de moringa se detallan en la tabla 6. El T1 muestra un número de hojas inferior a los demás trata-

mientos y el tratamiento con 15 t ha⁻¹ con un número de hojas superior y de significancia antes los demás tratamientos.

Tabla 6: *Número de hojas por planta de moringa por efecto de la aplicación de las dosis de estiércol bovino. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green 2020/2021*

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Número de hojas	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	9,92b	10,82b
T2: 5	12,32ab	11,92b
T3: 10	13,82a	14,40ab
T4: 15	13,85a	13,14a
CV %	2,48	2,43

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (P<0,05).

CV: Coeficiente de variación

Estos resultados se pueden relacionar a las cantidades de precipitaciones y adecuadas temperaturas presentadas y ocurridas a finales e inicios del año 2021, algunas semanas previas al momento de corte. En ese contexto, González (2014), ya mencionaba que las buenas cantidades de agua suministradas al cultivo de moringa aumenta el número de hojas por planta. Sin embargo, en la segunda cosecha, en el tratamiento con 10 t ha⁻¹ de estiércol bovino, es que se presentó el mayor valor de rebrote con 14,4 superiores a los demás tratamientos, pero solo diferente estadísticamente al testigo.

Martinez (2019) no encontró diferencias significativas en el número de hojas en ninguno de sus tres cortes realizados, concordando así con Lok y Suárez (2014), quienes tampoco obtuvieron efecto en el número de hojas por rama por aplicación del estiércol bovino, asociado con biofertilizantes y otros fertilizantes químicos.

En algunos trabajos de experimentación con moringa con distintas densidades, fertilizados con estiércol bovino, Caballero (2020) en el primer año de experimentación no observó diferencia significativa en el número de hojas por planta. En cambio, en el segundo año de experimentación Caballero (2021) si obtuvo diferencias significativas en la segunda cosecha, con el distanciamiento de 2 m x 2 m, el que presentó mayor número de hojas. Por su parte, Zunini (2021), evaluando el tercer año, y Bogado (2022) el del cuarto año de experimentación, tampoco encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en ningún momento de corte realizado.

Rendimiento de masa fresca

En la tabla 7 se presentan los valores medios de la producción de masa fresca en función a las distintas dosis de estiércol bovino en las dos cosechas realizadas. Se obtuvo el mayor rendimiento de masa fresca con la aplicación de 15 t ha⁻¹ en la primera cosecha con valor de 903 kg ha⁻¹, estadísti-

camente diferente a la dosis de 0 t ha⁻¹ y 5 t ha⁻¹. En la segunda cosecha los rendimientos variaron entre 598 y 708 kg ha⁻¹, pero sin diferencias significativas, con un comportamiento irregular entre tratamientos.

Tabla 7: Producción de masa fresca de hojas (kg ha⁻¹) por efecto de la aplicación de las dosis de estiércol bovino. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green 2020/2021.

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Número de hojas	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	305 a	733 a
T2: 5	506 a b	598 a
T3: 10	788 b c	803 a
T4: 15	903 c	708 a
CV %	28.65	52.95

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (P<0,05).

Cv: Coeficiente de variación

En cuanto al experimento del tercer año Massabo (2021) no obtuvo diferencias significativas en ninguna de las dos cosechas.

En el experimento de Caballero (2020) de fertilización orgánica de moringa en distintas densidades, se presentó mayor producción de masa fresca en la densidad

de 1,5m x 1,5m con 683 kg ha⁻¹. Por su parte, Zunini (2021) y Bogado (2022) trabajaron con distintas densidades de fertilización orgánica en moringa y obtuvieron los mejores rendimientos de masa fresca en la densidad de 1m x 1m en la primera y segunda cosecha.

Rendimiento de masa seca

En la tabla 8 presenta los valores promedios obtenidos en cuanto a la producción de masa seca de las hojas de moringa en las dos cosechas realizadas durante el periodo experimental. La primera cosecha muestra que el tratamiento T1 presenta un resultado inferior ante los demás tratamientos y en la segunda cosecha no se encontraron resultados significativos.

Esto pudo deberse a que no se registraron altas temperaturas y se mantuvo entre los 18°C a 22°C y asociada a las bajas precipitaciones que se registraron semanas previas a la cosecha, por el que pudo estar relacionada a la poca influencia del fertilizante orgánico aplicado.

Tabla 8: Producción de masa seca de hojas (kg ha⁻¹) por efecto de la aplicación de las dosis de estiércol bovino. Piribebuy, Cordillera, Tekove Green 2020/2021.

Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)	Número de hojas	
	1era cosecha	2da cosecha
T1: 0	108 a	212 a
T2: 5	183 ab	190 a
T3: 10	247 b	238 a
T4: 15	277 b	207 a
CV %	24,40	57,61

Medias con letra común en las columnas no son significativamente diferentes según el Test de Tukey (P<0,05).

Cv: Coeficiente de variación

En cuanto a los resultados obtenidos, estos coinciden con los del primer año de experimentación donde Martínez (2019) que también en la primera cosecha registró diferencias significativas donde el mayor tratamiento también correspondió a la dosis de 15 t ha⁻¹. Por su parte, Massabo (2021) en el tercer año, no obtuvo diferencias significativas en los dos cortes que realizó.

Por su parte, Espinoza y Sevilla (2010), evaluaron el efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la moringa, justifican la diferencia obtenida en el rendimiento del cultivo, debido a la distribución de precipitaciones que no fue según la norma histórica de la zona, y que en algunos meses fueron muy bajas, reduciendo así el rendimiento de la moringa.

En el cuarto año de experimentación sobre distintas densidades en fertilización orgánica de moringa, Bogado (2022) obtuvo los mayores rendimientos en la densidad de 1 m x 1 m con 1167 y 1175 t ha⁻¹ de masa seca tanto en la primera y segunda cosecha respectivamente.

Rendimiento de masa seca

En la tabla 9, se observa la concentración de los nutrientes N – P – K en hojas del cultivo de moringa. Los resultados obtenidos pertenecen a la primera y segunda cosecha en su totalidad. En cuanto a la extracción de N se observa la similitud que hay entre tratamientos, al igual que el fosforo. Sin embargo, para K si se observa mayor concentración en el tratamiento de 15 t ha⁻¹.

Tabla 9: Concentración de (N-P-K) en hojas del cultivo vegetal de moringa por efecto de la aplicación de las dosis de estiércol bovino. Tekove Green, Piribebuy. Cordillera. 2020/2021.

Tratamientos	N	P	K						
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	1ra. Cosecha	2da. Cosecha	Total Cosecha	N	P	K
0 t ha ⁻¹	28.09	2.36	7.68	108	212	320	8.99	0.76	2.46
5 t ha ⁻¹	29.05	2.29	7.23	183	190	373	10.84	0.85	2.70
10 t ha ⁻¹	27.99	2.71	9.45	247	238	485	13.58	1.31	4.58
15 t ha ⁻¹	28.78	2.36	10.22	277	207	484	13.93	1.14	4.95

En el primer año de experimentación Martínez (2019) en el T4 con dosis, 15 t ha⁻¹, obtuvo contenido de nutrientes en las hojas de moringa de promedio 48,78 g kg⁻¹ de N, 14,96 g kg⁻¹ de P, superando a los resultados de la presente investigación. Sin embargo, el contenido de K

fue inferior en comparación al presente trabajo.

En cuanto al tercer año de experimentación, Massabo (2021) obtuvo similares resultados en todos los tratamientos.

Tabla 10: Nutrientes (N-P-K) adicionados al aplicar las dosis de estiércol bovino y cantidad total extraída (kg ha⁻¹) del tejido vegetal. Tekove Green, Piribebuy. Cordillera. 2020/2021

Nutrientes	Adicionados (kg ha ⁻¹)			Exportados (kg ha ⁻¹)			Balance (kg ha ⁻¹)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Dosis de estiércol bovino									
T1: 0 t ha ⁻¹	0	0	0	9,0	0,8	2,5	-9,0	-0,8	-2,5
T2: 5 t ha ⁻¹	52,5	17,5	18,5	10,8	0,9	2,7	41,7	16,6	15,8
T3: 10 t ha ⁻¹	105,0	35,0	37,0	13,6	1,3	4,6	91,4	33,7	32,4
T4: 15 t ha ⁻¹	157,5	52,5	55,0	13,9	1,1	4,9	143,6	51,4	50,1

En cuanto al presente experimento, la mayor extracción se obtuvo con el T4 de 15 (t ha⁻¹). Los resultados obtenidos difieren a la investigación de Martínez (2019) que en el primer año del experimento y Massabo (2022) del tercer año del experimento. Quienes, aplicando dosis iguales de estiércol bovino, observaron la mayor extracción de N con el tratamiento de 15 (t ha⁻¹) alcanzando 61,89 kg ha⁻¹ y 39,28 kg ha⁻¹.

Con la cantidad exportada de P, los resultados son inferiores a los obtenidos por Martínez (2019) que en el tratamiento

testigo obtuvo 10,15 kg ha⁻¹ alcanzando a 18,29 kg ha⁻¹ con el T4 de 15 t ha⁻¹. Por su parte Massabo (2021) obtuvo resultados similares a la cantidad exportada de P con el presente trabajo. Mientras que la cantidad de K exportada en este experimento fue superior a los años anteriores de experimentación, la mayor cantidad exportada fue de 25,45 kg ha⁻¹ del T4 con 15 t ha⁻¹

CONCLUSIONES

La aplicación de estiércol bovino provocó un aumento lineal en la altura del rebrote de la planta, tanto en la primera y segunda cosecha.

La aplicación de estiércol bovino provocó un aumento lineal significativo en el diámetro del tallo en la primera y segunda cosecha.

Con la dosis de (15 t ha⁻¹) de estiércol bovino, en la primera y segunda cosecha se obtuvieron valores más altos en el rendimiento de cantidades de hojas producidas por la planta.

La aplicación de las dosis de estiércol bovino no provocó aumentos en el número de rebrotes por plantas.

La extracción total del N y K, aumentó en respuesta a las dosis aplicadas, en comparación a los dos experimentos realizados

en años anteriores. En cuanto la extracción total del fósforo, no hubo diferencias significativas.

Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda:

Seguir realizando investigaciones con Moringa, en distintos periodos del año para evaluar el comportamiento en otras condiciones climáticas. De esta manera dar a conocer a nuevos productores sobre los beneficios y la rusticidad que tiene el cultivo y así lograr más superficies cultivadas de Moringa.

REFERENCIAS

1. Caballero, J. (2021). Producción de hojas de moringa, de segundo año, con distintas densidades. [Tesis de grado. Ing. Agr.]San Lorenzo, Paraguay. Universidad Nacional de Asunción. 43 p.
2. Caballero, K. (2020). Densidad de plantación del cultivo de moringa orgánica y su relación con la producción de hojas. [Tesis de grado. Ing. Agr.]. Universidad Nacional de Asunción. 44 p.
3. González, VA. (2014). Comportamiento de dos poblaciones de Moringa oleífera (material acriollado y mejorado PKM1) en sus primeras etapas de crecimiento en condiciones de vivero. [Tesis de Ing. Zootecnista]. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. 40p.
4. Lok S.; Suárez Y. (2014). Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de Moringa oleífera y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(4): 399-403.
5. Martínez, A. (2019). Fertilización orgánica en el cultivo de moringa (Moringa oleífera Lam.) y su efecto sobre la producción y extracción de N-P-K. [Tesis de grado. Ing. Agr.]. Universidad Nacional de Asunción. 61 p.
6. Massabo, L. (2021). Fertilización orgánica en el cultivo de moringa de tercer año y su efecto sobre la producción y extracción de N-P-K. [Tesis de grado. Ing. Agr.]. Universidad Nacional de Asunción. 41 p.
7. Quintas, Gabina & Valdés Rodríguez, Ofelia & Arturo, Pérez-Vazquez. (2016). Efecto de la poda y fertilización orgánica en Moringa oleífera Lam. en la región centro de Veracruz, México. Re-

vista Ciencia Administrativa. 1. 101-121.
Disponible en file:///C:/Users/User.LAP-
TOP-R750G8C5/Downloads/Efectodela
PodayFertilizacionenMoringa.pdf

8. Zunini, L. (2021). Producción de
hojas de moringa de tercer año con dis-
tintas densidades de plantación. [Tesis de
grado. Ing. Agr.]. Universidad Nacional de
Asunción. 42 p.

BIOGRAFÍA

María Sol Lesme Ascurra

Ingeniera Agrónoma de la Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay

Diego Augusto Fatecha Fois

Ingeniero Agrónomo, MSc. en Ciencia del Suelo y Dr. en Agronomía. Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Investigador categorizado del PRONII del CONACYT.

Jimmy Walter Rasche Álvarez

Ingeniero Agrónomo, Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción