

Fertilización mineral y orgánica en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa* L.) en el Distrito de Caazapá

Mineral and organic fertilization in lettuce (*lactuca sativa* L.) in the District of Caazapá

Jimmy Walter Rasche Alvarez⁷ ; Adriana González Mereles⁷ ; Anahi Ferreira Gómez⁷ ;
Fanni Petrona Ruiz Samudio⁷ ; Diego Augusto Fatecha Fois⁷ .

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de fuentes y dosis de fertilización orgánica y mineral sobre la producción de lechuga y propiedades químicas del suelo se instaló un experimento en la localidad de 3 de febrero, distrito de Caazapá entre agosto a octubre de 2023. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 8 tratamientos; T1: Testigo, T2: Fertilización mineral (150-200-240 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente), T3: Estiércol bovino (20 t.ha⁻¹), T4: Estiércol bovino (40 t.ha⁻¹), T5: Estiércol bovino (60 t.ha⁻¹), T6: Estiércol suino (20 t.ha⁻¹), T7: Estiércol suino (40 t.ha⁻¹) y T8: Estiércol suino (60 t.ha⁻¹) y 4 repeticiones. Para el caso de los estiércoles también se consideró como un bifactorial (2 fuentes y 4 dosis). Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y al test de Tukey al 5% cuando hubo diferencia significativa y entre dosis curva de regresión. El diámetro de la lechuga fue mayor con la fertilización mineral (37,9 cm), la dosis de 20 t.ha⁻¹ de estiércol suino (36,8 cm) y 20 t ha⁻¹ de estiércol bovino (36,3 cm). El número de hojas fue mayor con el fertilizante mineral (20,3) y los fertilizantes orgánicos presentaron respuesta cuadrática. La materia fresca por planta fue mayor con la fertilización mineral (176,8 g), similar al estiércol suino en dosis de 20 t.ha⁻¹ (146,6 g). Ambos estiércoles presentaron respuesta similar al diámetro y número de hojas de lechuga. El estiércol suino fue más eficiente en aumentar los niveles de pH; ya el P, Ca y Mg presentaron comportamiento similar para ambas enmiendas orgánicas. La MO y K no presentaron diferencia entre tratamientos. La fertilización mineral como las orgánicas, mejoran la producción de lechuga y la fertilidad del suelo.

Palabras clave: Estiércol suino; Estiércol bovino; Fertilización mineral; Enmiendas orgánicas; producción de hojas.

Fecha de recepción: enero 2025. Aceptado: abril 2025

⁷ Universidad Nacional de Asunción Facultad de Ciencias Agrarias: San Lorenzo, Central, PY

Autor de Correspondencia: Jimmy Walter Rasche Álvarez. Email: jwrasche@agr.una.py



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

ABSTRACT

With the aim of evaluating the effect of sources and doses of organic and chemical fertilization on lettuce crop and chemical properties of the soil, the field experiment was installed in the town of 3 de Febrero, Caazapá district between August and October 2023. The experimental design was a randomized complete block with 8 treatments; T1: Control, T2: Mineral fertilization (150-200-240 kg.ha⁻¹ of N, P₂O₅, K₂O, respectively), T3: Bovine manure (20 t.ha⁻¹), T4: Bovine manure (40 t.ha⁻¹), T5: Bovine manure (60 t.ha⁻¹), T6: Pig manure (20 t.ha⁻¹), T7: Pig manure (40 t.ha⁻¹) and T8: Pig manure (60 t.ha⁻¹) and 4 repetitions. In the case of manure, it was also considered as a bifactorial (2 sources and 4 doses). The variables were subjected to the analysis of variance and to the Tukey test at 5% when there was a significant difference and between doses regression curve. The lettuce diameter was higher with mineral fertilization (37.9 cm), the dose of 20 t.ha⁻¹ of pig manure (36.8 cm) and 20 t.ha⁻¹ of bovine manure (36.3 cm). The number of leaves was higher with mineral fertilizer (20.3) and organic fertilizers presented a quadratic response. The fresh matter per plant was higher with mineral fertilization (176.8 g), similar to pig manure at a dose of 20 t.ha⁻¹ (146.6 g). Both manures showed similar responses in terms of lettuce leaf diameter and number. Pig manure was more effective at increasing pH levels; P, Ca, and Mg performed similarly for both organic amendments. Organic matter and K did not differ between treatments. Both mineral and organic fertilization improve lettuce production and soil fertility.

Keywords: Pig manure; Bovine manure; chemical fertilization; organic amendments; leaf production.

INTRODUCCIÓN

La lechuga es una de las hortalizas con mayor distribución y producción en el Paraguay, siendo esta una de las más consumidas en los hogares paraguayos principalmente en forma fresca, como ensalada (Britos et al., 2018). Considerando que de las 288.875 fincas agrícolas que posee nuestro país, 158.455 fincas poseen huertas (54,9%), y de esas, solamente 5.596 son de carácter comercial (3,5% de las huertas), siendo la producción de las demás huertas destinadas al consumo propio (CAN, 2022), además, este rubro es relativamente rústico y puede cultivarse durante casi todo el año en el país, tanto en zona rural como peri urbana (Enciso y Santacruz, 2024), en monocultivo y como asociado con otras hortalizas (Piris y Enciso, 2013).

La lechuga tiene un ciclo de producción muy corto, entre 40 a 60 días desde la emergencia hasta la cosecha, sin embargo, como cualquier cultivo que se cosecha en fase vegetativa aumenta la absorción de nutrientes en las últimas etapas de crecimiento, por lo que a medida que se acerca a la época de cosecharla es mayor la tasa de absorción de nutrientes. El orden de absorción de nutrientes depende de la planta, del tipo y dosis de fertilizantes aplicados, en ese sentido, Beninni et al. (2005) mencionan que la concentración de nutrientes en la lechuga sigue el siguiente orden

$K > N > Ca > P > Mg > S$, sin embargo, Da Costa et al. (2018) sugiere que el orden es $N > Ca > K > Mg > P$, entre los macronutrientes y $Fe > Zn > Mn > Cu$ entre los micronutrientes, donde la aplicación de enmienda orgánica provee todos los nutrientes, pero no siempre de forma balanceada para la planta.

El Paraguay es un país agropecuario, con más de 13 millones de cabezas de ganado vacuno (CAN, 2022), con crecimiento en la producción de porcino. La cría de ganado vacuno y porcino tiene como resultado la producción de estiércol, que si bien aprovechado, en lugar de ser un contaminante ambiental puede ser utilizado como fertilizante, disminuyendo el uso de fertilizantes minerales y aumentando la calidad y cantidad de producción de los cultivos, sea cultivo de renta, o para el consumo familiar. Entre los cultivos que pueden mejorar su producción se encuentra la lechuga, este podrá beneficiarse con la fertilización orgánica, aumentando el rendimiento de hojas y por ende producir mayores ingresos a los productores, principalmente en estos suelos que son de baja fertilidad natural, como es el caso del suelo del distrito de Caazapá (López y Lesme, 2024).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de distintas fuentes de fertilización orgánica y mineral sobre la producción lechuga y algunas propiedades químicas del suelo en el distrito de Caazapá.

MÉTODO

La presente investigación se realizó en la compañía 3 de Febrero, en el distrito de Caazapá del Departamento de Caazapá, geográficamente situado entre las coordenadas, latitud $26^{\circ}08'53.10''S$ y $56^{\circ}22'23.71''O.$, con 167 msnm, entre los meses de agosto de 2023 a octubre de 2023.

El suelo predominante de la zona según la clasificación realizada por López y Lesme, (2024) es del sub grupo Aquic Paleudalf. Estos suelos presentan moteado de baja intensidad en los 75 cm superficiales de suelo y muestran condiciones áquicas en el subhorizonte. El horizonte ócrico tiene espesor de al menos 50 cm, de color

pardo grisáceo y textura franco arenosa.

Antes de la instalación del experimento fue realizado análisis químico de suelo constatándose pH ligeramente ácido, con nivel medio de materia orgánica, alto en fósforo, nivel medio de calcio, nivel bajo

de magnesio y nivel bajo de potasio, sin presencia de sodio ni de aluminio, observados en la tabla 1.

Tabla 1: Características químicas del suelo utilizado para el experimento de fertilización mineral y orgánica sobre variables del crecimiento del cultivo de lechuga. Caazapá, 2023.

Prof. cm	M.O. %	pH	P mg.kg ⁻¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³
				cmol _c .kg ⁻¹				
0-20	1,63	5,6	24,0	1,80	0,58	0,09	0,00	0,00

Fuente: ASOT-FCA, UNA (2023).

La parte central del departamento de Caazapá posee clima templado/sin estación seca/verano caliente (Cfa) según la clasificación climática de Köppen. La temperatura promedio anual es de 22,0° C y la precipitación anual promedio es de 1648 mm (DINAC-DMH, 2023).

Para la investigación fue utilizado un experimento dispuesto en el campo en bloques completos al azar con 8 tratamientos; T1: Testigo, T2: Fertilización mineral (150-200-240 kg.ha⁻¹, de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente), T3: Estiércol bovino (20 t.ha⁻¹), T4: Estiércol bovino (40 t.ha⁻¹), T5: Estiércol bovino (60 t.ha⁻¹), T6: Estiércol suino (20 t.ha⁻¹), T7: Estiércol suino (40 t.ha⁻¹) y T8: Estiércol suino (60 t.ha⁻¹) y 4 repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales. Para el caso de los estiércoles también se consideró como un experimento bifactorial (2 x 4), donde el factor A fueron las fuentes de estiércol (bovino y suino) y el factor B las dosis de estiércol (0, 20, 40 y 60 t.ha⁻¹), donde cada unidad experimental poseía 0,8 m² y 20 plantas, compuestas por 5 plantas distanciadas a 20 cm entre plantas y 4 hileras distanciadas a 20 cm entre hileras.

Inicialmente se realizó el laboreo del suelo, a continuación se colocaron postes y alambre y se cubrió la parcela con ma-

lla media sombra de 50%, posteriormente se procedió a la marcación de la parcela y a la aplicación de los fertilizantes, tanto orgánicos como minerales en cada unidad experimental, aproximadamente 8 días antes del trasplante. Se aplicó urea (45-0-0) como fuente de N, súper fosfato triple (0-46-0) como fuente de P₂O₅ y cloruro de potasio (0-0-60) como fuente de K₂O. El potasio y el fósforo se aplicó toda la dosis en una sola aplicación antes del trasplante, en cambio el N fue dividido en 3 aplicaciones en un lapso de tiempo de 10 días después de cada aplicación, siendo la primera antes del trasplante de las mudas de lechuga.

Por otro lado, en la sección de horticultura de la FCA/UNA de San Lorenzo, fueron colocadas semillas de la variedad Isabela en bandejas utilizando sustrato comercial para la producción de mudas. A los 15 días de la germinación, cuando las mismas presentaban entre 3 a 4 hojas se trasladaron los plantines de lechuga al local del experimento en Caazapá, para el trasplante correspondiente, se esperó 3 días para la recuperación de las mudas ante algún estrés por el viaje y luego se realizó el trasplante al lugar definitivo el 3 de setiembre del 2023 y se cosechó el 22 de octubre del 2023, quedando la lechuga en el campo

por 49 días.

Las labores de manejo del área experimental se realizaron de acuerdo a necesidad, destacándose el control manual de las malezas, así también el riego matutino y vespertino del experimento. No fue aplicado insecticida, ni fungicida en las plantas de lechuga en la presente investigación, ya que no se observó ataque de plagas ni de enfermedades fúngicas.

La variable diámetro de cabeza de lechuga se midió al momento de realizar la cosecha de las lechugas, para los cuales se eligieron seis plantas del centro por unidad experimental y se determinó el diámetro de la cabeza de lechuga con una cinta métrica y se promedió las seis plantas expresando el resultado en cm, para el número de hojas por planta, de las mismas seis plantas se contabilizaron el número de hojas producidas y se expresaron en número de hojas por planta, y para el peso de masa fresca de esas seis plantas se separaron la parte aérea

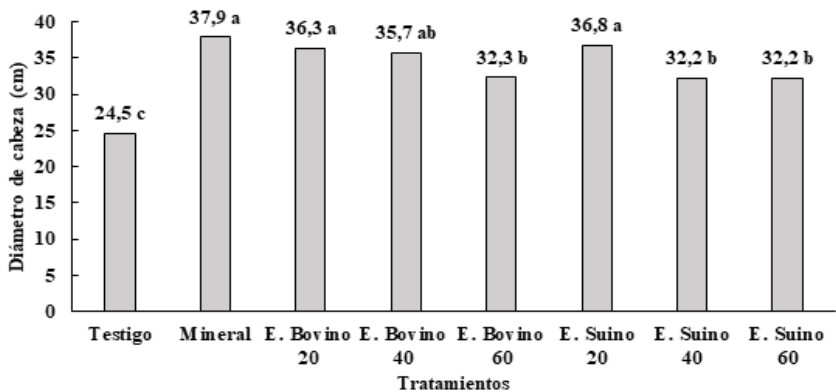
de la raíz y se pesaron en una balanza de precisión de 0,1 g para determinar la masa fresca de cada unidad experimental, y para determinar la fertilidad del suelo por efecto de la aplicación de los tratamientos, se muestreó el suelo en la camada de 0-20 cm de profundidad, al finalizar la cosecha, y se determinó pH, materia orgánica (MO), P, Ca y Mg siguiendo la metodología de Tedesco et al. (1995) en el laboratorio de Suelos de la FCA-UNA.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza, cuando se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de las variables, estas fueron comparadas a través del test de Tukey al 5% de probabilidad de error y entre fuentes y dosis de enmienda se realizaron curvas de regresión.

RESULTADOS

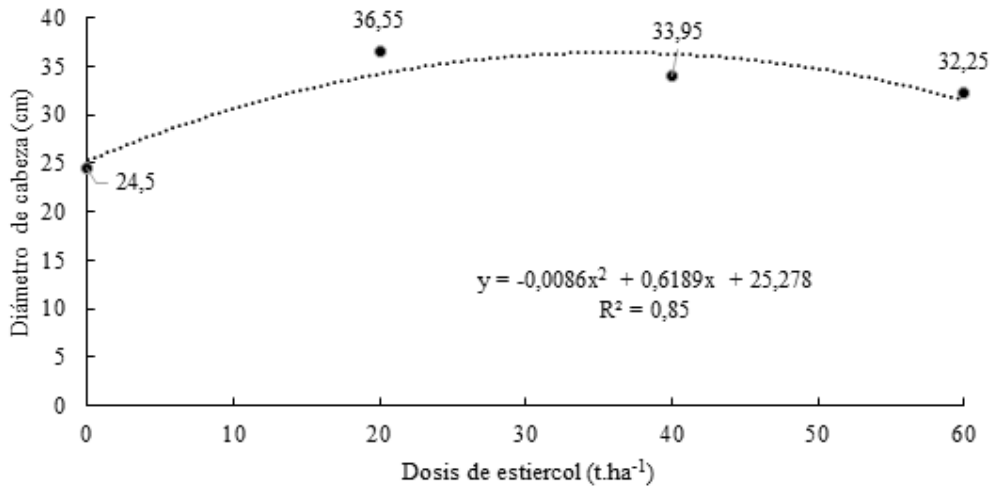
El diámetro de la cabeza de lechuga fue influenciado por los tratamientos con fertilización mineral (37,9 cm), estiércol bovino 20 t.ha-1 (36,3 cm), estiércol bovino 40 t.ha-1 (35,7 cm) y estiércol suino 20 t.ha-1 (36,8 cm), presentando los mayores valores promedios, en el cual el menor diámetro se obtuvo en el tratamiento donde no fue aplicado ningún fertilizante, alcanzando apenas 24,5 cm, también se verificó que dosis relativamente bajas (20 t.ha-1) de enmienda ya permite aumentar el tamaño de la cabeza de lechuga cuando comparado al testigo (Figura 1).

Figura 1: *Diámetro de cabeza de lechuga por efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilizante mineral y orgánico. Caazapá, 2023.*



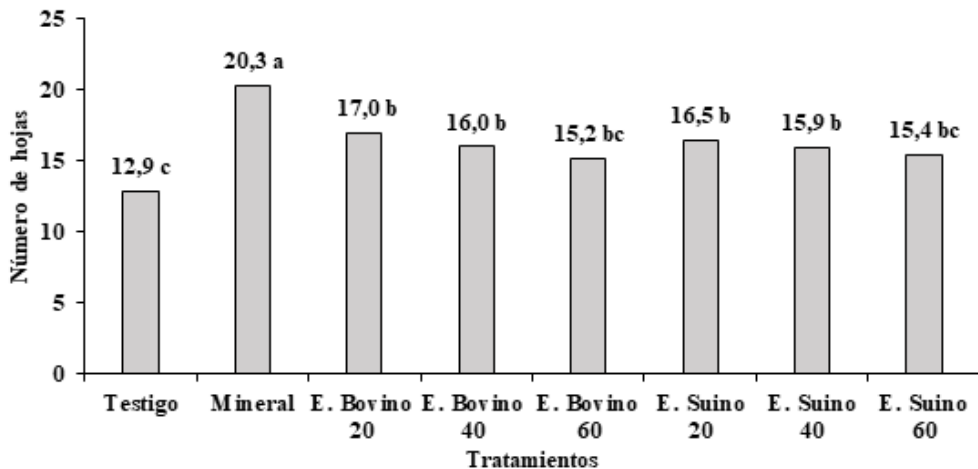
Al analizar solamente los tratamientos con aplicación de enmienda orgánica se observa según el ANAVA que no hay interacción entre los dos factores evaluados (dosis y fuentes de estiércol), es decir, no se observó diferencia en el comportamiento de la fuente de enmienda (Estiércol bovino y estiércol suino), pero si en la dosis aplicada, en el cual inicialmente aumenta en forma cuadrática ($y = -0,0086 x^2 + 0,6189 x + 25,278$; $R^2 = 0,85$) (Figura 2), en el cual, la cabeza de lechuga alcanzaría su mayor diámetro (36,4 cm) con la aplicación de 36 t ha⁻¹ de estiércol, sin importar la fuente utilizada.

Figura 2: Diámetro de cabeza de lechuga por efecto de la aplicación de dosis de estiércol bovino y suino. Caazapá, 2023.



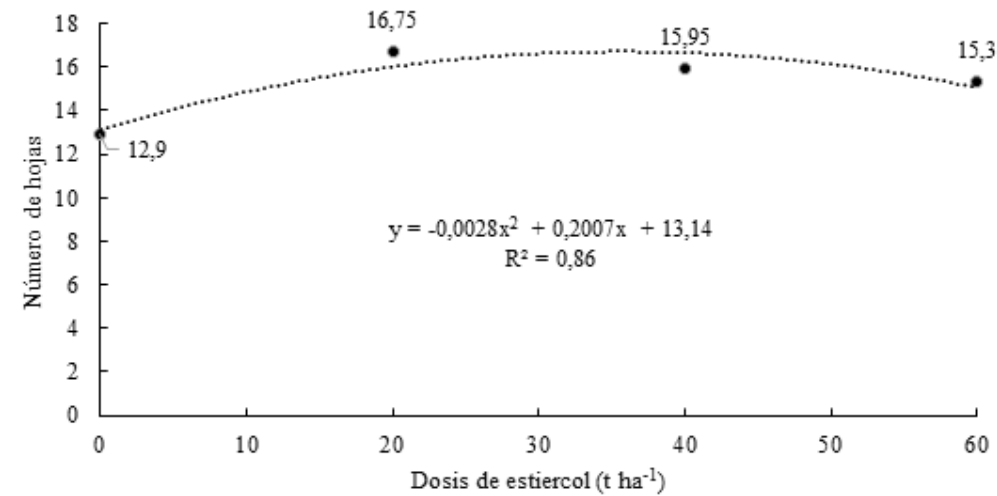
En relación al número de hojas el tratamiento con fertilizante mineral fue el que presentó el mejor resultado como se observa en la figura 3. Los tratamientos con dosis de estiércol no variaron entre estos, pero la dosis de estiércol, sea bovino o suino de 60 t.ha⁻¹ se mostró estadísticamente similar al testigo, demostrando que en el presente experimento altas dosis de estiércol (mayor a 40 t.ha⁻¹) fueron perjudiciales al cultivo.

Figura 3: Número de hojas de lechuga por efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilizante mineral y orgánico. Caazapá, 2023.



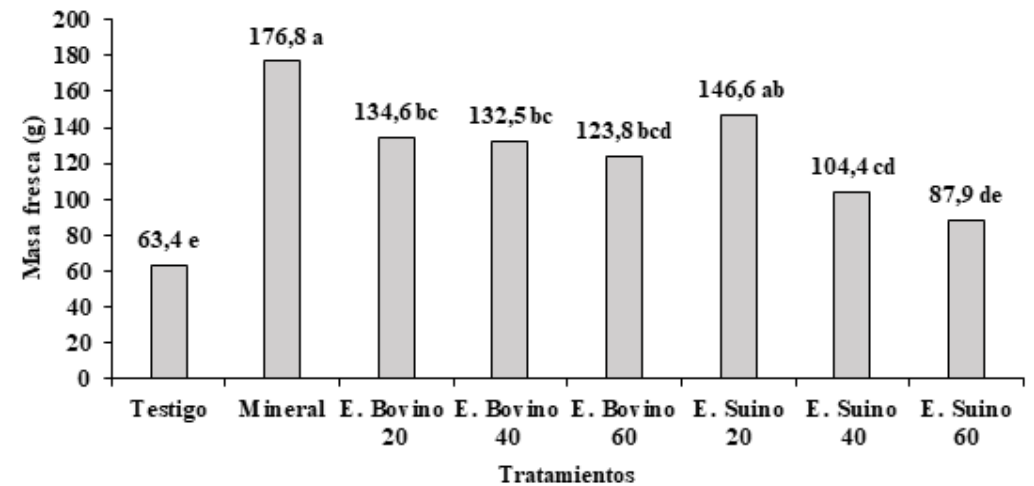
En relación al número de hojas, tampoco hay interacción entre los factores dosis y fuentes de estiércol, y de manera similar al diámetro de la lechuga, el número de hojas por planta de lechuga es similar entre fuentes de estiércol, y varía de forma cuadrática en relación a la dosis, el número de hojas de lechuga aumenta de acuerdo en forma cuadrática ($y = -0,0028 x^2 + 0,2007 x + 13,14$; $R^2 = 0,86$) (Figura 4), en el cual el mayor número de hojas de lechuga (16,7 hojas) se alcanza con la aplicación de 35,8 t.ha-1 de estiércol, indistintamente de la fuente utilizada.

Figura 4: Número de hojas de lechuga por efecto de la aplicación de dosis de estiércol bovino y suino. Caazapá, 2023.



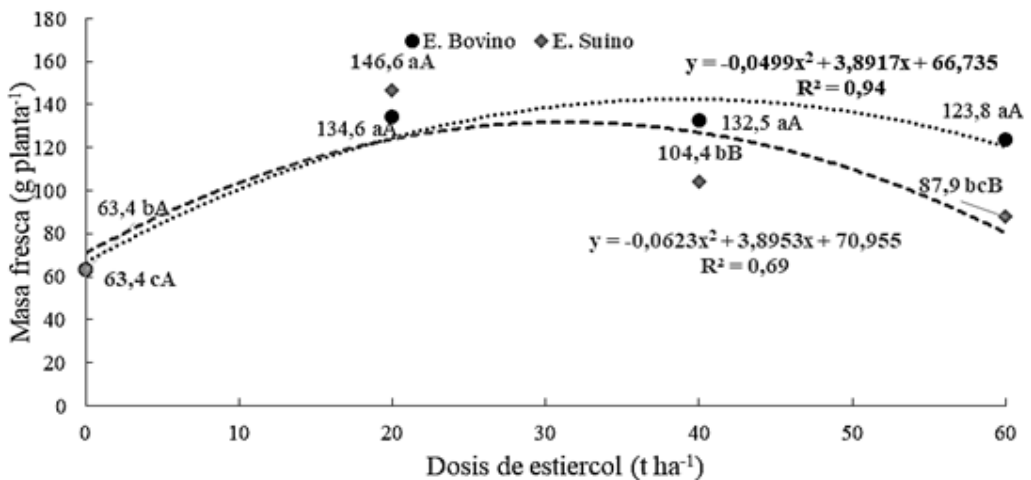
La masa fresca de lechuga presentó la mayor variabilidad entre los parámetros medidos. En este caso, así como en los anteriores, el tratamiento con fertilizante mineral (T2) fue el que tuvo mayor masa fresca por planta (176,8 g.planta-1), siendo estadísticamente similar a la aplicación de 20 t.ha-1 de estiércol suino (146,6 g.planta-1). El testigo presentó el menor peso, alcanzando 63,4 g.planta-1 (Figura 5).

Figura 5: Masa fresca de lechuga por efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilizante mineral y orgánico. Caazapá, 2023.



Se observa interacción en la producción de masa fresca de lechuga tanto por el efecto de las fuentes de estiércol, como de las dosis de estiércol aplicada (Figura 6). Inicialmente, al aplicar la dosis de 20 t.ha⁻¹ de estiércol, sin importar la fuente (estiércol bovino o suino), hay aumento de la masa fresca de lechuga, sin embargo, en la dosis de 40 t.ha⁻¹ y de 60 t.ha⁻¹ la aplicación de estiércol bovino presentó mejores resultados que el estiércol suino. Al realizar la derivada de la ecuación se observa que en el caso del estiércol bovino, el diámetro de la cabeza de lechuga, aumentó hasta 142,6 g con la dosis de 39 t.ha⁻¹, sin embargo, en el caso del estiércol suino con la dosis de 31,3 t.ha⁻¹ se alcanza el máximo peso, con 131,8 g, inferior en 10,8 g, que el estiércol bovino. En ambos casos, en la mayor dosis de estiércol hay descenso de la producción de materia fresca, no obstante, el descenso se acentúa más en el estiércol suino.

Figura 6: Masa fresca de lechuga por efecto de la aplicación de dosis de estiércol bovino y suino. Caazapá. 2023.



En relación a los parámetros químicos del suelo, como se observa en la tabla 2, con excepción de la materia orgánica (MO), todas las variables presentaron respuesta a la aplicación de enmiendas y fertilizante mineral.

En el caso del pH, se observa que la fertilización mineral no alteró el pH del suelo. Por otro lado, la aplicación de estiércol bovino permitió el aumento del pH del suelo con la dosis de 60 t.ha⁻¹ y la aplicación de estiércol suino aumentó el pH del suelo a partir de 20 t.ha⁻¹, e inclusive en la menor dosis de estiércol suino (20 t.ha⁻¹) ya se tuvo pH similar que la mayor dosis de estiércol bovino (60 t.ha⁻¹) (pH = 6,9).

Tabla 2: Resultado de análisis de suelo de la camada de 0-20 cm por efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilizante mineral y orgánico. Caazapá, 2023.

Tratamientos	pH	MO	P	Ca	Mg	K
		%	mg.kg ⁻¹	 cmol _c .kg ⁻¹		
Testigo	6,2 b	1,8 a	22 d	2,71 c	0,45 c	0,10 c
N ₂ P ₂ O ₅ ; K ₂ O 150-200-240 kg.ha ⁻¹	6,0 b	1,6 a	44 bcd	2,69 c	0,43 c	0,17 bc
Estiércol Bovino 20 t.ha-1	6,1 b	1,9 a	35 cd	2,88 c	0,82 b	0,25 a
Estiércol Bovino 40 t.ha-1	6,2 b	2,0 a	66 abcd	3,50 bc	0,95 ab	0,25 a
Estiércol Bovino 60 t.ha-1	6,9 a	2,2 a	97 ab	4,65 ab	1,15 a	0,20 ab
Estiércol Suino 20 t.ha-1	6,9 a	1,7 a	85 abc	3,93 abc	0,99 ab	0,12 bc
Estiércol Suino 40 t.ha-1	7,0 a	1,9 a	92 abc	3,90 abc	0,91 ab	0,10 c
Estiércol Suino 60 t.ha-1	7,1 a	2,4 a	113 a	4,90 a	1,01 ab	0,10 c
CV (%)	3,3	19,1	34,9	15,3	15,2	21,8
DMS	0,3	0,9	57,4	1,32	0,30	0,08

Letras diferentes en las columnas significan que presentan diferencia significativa según Tukey al 5%. ns: no significativo. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia Media Significativa.

En relación a la MO del suelo, no se observa diferencia significativa entre los distintos tratamientos (Tabla 2).

En relación al P del suelo, no se observó diferencia significativa entre la fertilización mineral y el testigo, inclusive aplicando 200 kg.ha-1 de P2O5. En relación a la fertilización con estiércol bovino, así como ocurrió con el pH, solo en la dosis de 60 t.ha-1 el nivel de P fue mayor que el testigo, ya con la aplicación de estiércol suino, a partir de la dosis de la dosis de 20 t.ha-1 hubo aumento de los niveles de P.

Acerca de los niveles de Ca se observó que en el tratamiento en el cual se aplicó fertilizante mineral el nivel de Ca fue similar que el testigo, en los demás tratamientos (estiércol Bovino y suino) hubo diferencia con relación al mismo solamente en la mayor dosis (60 t.ha-1), sin embargo, se observa que en el caso del estiércol bovino hay aumento de la concentración de Ca a medida que se aumenta la dosis aplicada, siendo estadísticamente diferente los valores de Ca entre el tratamiento con 20 y 60 t.ha-1 de estiércol bovino.

El nivel de Mg en el suelo presentó valores similares entre el tratamiento con fertilización mineral y el testigo. Por otro lado, la aplicación de estiércol permitió el aumento de los valores de Mg siendo que para el caso del Mg el estiércol bovino fue más eficiente en aumentar los niveles de Mg, tanto que a mayor dosis de estiércol bovino hubo mayor contenido de Mg en el suelo, mismo comportamiento no sucedió con el estiércol suino que presentó mayor contenido de Mg que el testigo, pero no tuvo aumento de Mg con mayor dosis aplicada.

En relación al K, se observa que solamente la aplicación de estiércol bovino permitió el aumento de este nutriente en el suelo, sin embargo, no se observa aumento de K con aumento de la dosis aplicada.

DISCUSIÓN

Considerando los resultados obtenidos, se constata que la aplicación de estiércol bovino o estiércol suino puede sustituir a la fertilización mineral en lo que refiere al diámetro de cabeza, por otro lado, cabe destacar que es importante aplicar estiércol no solo para aumentar el tamaño de la lechuga, sino también la calidad visual de la planta, pues además de aumentar la producción, al aumentar el diámetro de la lechuga mejora su calidad, y eso es importante al momento de comercializar la misma (Da Silva et al., 2011). Peixoto Filho et al. (2013) constataron que la aplicación de enmienda orgánica no difería de la fertilización mineral en relación a la producción de lechuga, pero con la ventaja de que poseía mayor efecto residual sobre el suelo, manteniendo la productividad por al menos tres cultivos después de la fertilización orgánica. Pinto et al. (2016) observaron que la aplicación de estiércol bovino puro o mezclado con gallinaza aumentó el diámetro de las plantas de lechuga comparada con el testigo, mostrando que es conveniente realizar la fertilización orgánica en este cultivo, más aun considerando que es una fuente de fácil acceso y ampliamente distribuido en nuestro país. Por otro lado, no siempre hay aumento del diámetro de la cabeza de las plantas de lechuga por efecto de la fertilización orgánica (Meneses et al., 2011; Britos et al., 2018).

El número de hojas es un parámetro muy importante en la producción de lechuga y depende de la fertilización del suelo, la baja respuesta a la aplicación de altas dosis de enmiendas orgánicas pudo deberse a que inicialmente el estiércol pasa por un periodo de mineralización, con el aumento del número de microorganismos en el suelo, ese aumento de la biota del suelo puede disminuir la concentración de oxígeno y aumentar la concentración de

dióxido afectando negativamente el crecimiento de la planta de lechuga (tanto el diámetro como número de hojas), considerando que el ciclo de la lechuga es muy corto cuando comparado con otros cultivos, y eso no permite que los nutrientes que provienen de la mineralización del material orgánico estén disponibles para la lechuga a tiempo (Batista et al., 2012).

El número de hojas suele variar no solo entre cultivares, sino también de acuerdo con el manejo dado a las plantas, en ese sentido, Batte et al. (2024) observaron que al dejar el suelo sin cobertura el número de hojas por planta es menor (25,7 hojas) que al cubrir con plástico negro (31,4 hojas). Al contrario de lo que se presenta en el presente experimento, Peixoto Filho et al., (2013) no constataron diferencias en el número de hojas entre las enmiendas orgánicas y la aplicación de fertilizante mineral en el primer cultivo de lechuga después de la fertilización y a medida que avanzaba los cultivos el efecto de la fertilización mineral era menor que de los fertilizantes orgánicos, mostrando el mayor efecto residual de la fertilización orgánica, en el cual el fertilizante mineral a partir del tercer cultivo tenía menos hojas que los fertilizantes orgánicos (gallinaza, estiércol bovino y de ovino). Por su parte, Terra et al. (2014) observaron que de entre varios sustratos utilizados el que mejor resultó para el número de hojas por planta fue el que estaba compuesto por estiércol bovino (13 hojas), que fue superior al sustrato con fertilización mineral (3,5 hojas) y el testigo (6,5 hojas), lo mismo Meneses et al. (2011) observaron que la aplicación de enmienda bovina aumentó el número de hojas por planta de lechuga (16,6 hojas) cuando comparado con el testigo (13,7 hojas). Sin embargo, Ferreira et al. (2013) no constataron diferencia entre lechugas con aplicación

de estiércol bovino (14,9 hojas) frente al testigo, sin fertilización (14,4 hojas), demostrando que efectivamente la respuesta de la lechuga puede ser muy variable y no depende solamente de la fertilización.

La producción de masa fresca se da por la combinación de plantas con mayor diámetro y mayor número de hojas, considerando los aspectos anteriores era de esperarse plantas más pesadas con la fertilización mineral. Sin embargo, aunque las enmiendas no aumentaron la masa fresca de la lechuga como el fertilizante mineral, en general, la aplicación de enmienda orgánica benefició a la lechuga cuando comparada con el testigo. El uso de estiércol además de mejorar la producción y calidad de la planta por la presencia de nutrientes proporciona otros beneficios indirectos, como la mayor capacidad de retención de agua en el suelo y uso más eficiente del agua, como demostrado por Canuto et al. (2019). Medeiros et al. (2007) observaron que la aplicación de enmienda orgánica en la producción de lechuga aumentó todos los parámetros de crecimiento de la planta, con excepción del crecimiento radicular. Meneses et al. (2011) observaron que la aplicación de enmienda bovina aumentó la masa fresca de lechuga (103,3 g) cuando comparado con el testigo (49,9 g). Por otro lado es importante considerar que solo fue evaluado un cultivo, hay trabajos que demuestran que el efecto residual de la fertilización orgánica es mayor que el de la fertilización mineral (Peixoto Filho et al., 2013).

Es de esperar que la aplicación de fertilizantes minerales o de enmiendas orgánicas aumente la fertilidad del suelo en diferentes niveles, de acuerdo al tipo de enmienda y a la concentración del fertilizante mineral. En ese sentido se puede citar a Gómez et al. (2019) quienes también observaron aumento lineal del pH del suelo cuando aplicaron estiércol bovino en el suelo para producción de melón. En suelos ácidos,

el aumento del pH es beneficioso, ya que permite aumentar la disponibilidad de la mayoría de los macronutrientes del suelo.

La incorporación del estiércol al suelo permite que ocurra alta mineralización del material aplicado al suelo siendo la mayor parte del estiércol mineralizado, aumentando la disponibilidad de nutrientes en detrimento del aumento de la MO del suelo (Ibarguren et al., 2023). Es normal no observar aumento de la materia orgánica en el suelo a corto plazo, mismo aplicando enmienda orgánica, por causas como el clima subtropical sub húmedo, potenciado en uso hortícola por el riego, esto facilita la mineralización del material orgánico, el suelo utilizado en el experimento es de textura franco arenosa y eso no permite la protección química y física de la MO, aliado a eso, los suelos destinados a horticultura se remueven constantemente y eso también facilita la mineralización de la materia orgánica y por último como es el caso de la lechuga, gran parte de la materia fresca es retirado del área impidiendo la formación de humus en el suelo, por otro lado, la formación de materia orgánica en el suelo, a modo de aumentar los niveles del mismo, cuando existen condiciones favorables es un proceso lento y no se puede observar a corto plazo (Ramírez et al., 2021).

Gomes et al. (2019) también observaron aumento lineal del nivel de P en el suelo de acuerdo con las dosis de estiércol bovino aplicadas. Abreu et al. (2010) constataron que la fertilización con enmienda orgánica mejoró las propiedades físicas y químicas del suelo, aumentando tanto los niveles de macro como micronutrientes que resultaron en aumento de la producción de lechuga, inclusive Cardoso et al. (2011) observaron que al aumentar la dosis de enmienda en el suelo aumentó la fertilidad del mismo, pero no afectó la concentración de nutrientes en la semilla de lechuga demostrando que no siempre el aumento de

la fertilidad del suelo termina aumentando la concentración de nutrientes en la planta.

En el caso de los fertilizantes orgánicos, su aplicación en exceso también pueden ser perjudicial, ya sea por la liberación de amoníaco al inicio del proceso de descomposición o por efecto de la acumulación excesiva de nutrientes como el fósforo, como observado en los datos del presente experimento (Tabla 2), e inclusive de metales pesados como el Cu (Giroto et al., 2010). En Paraguay además de la existencia de las más de 13 millones de cabeza

de ganado vacuno, según el SENACSA (2021), se declaró la existencia de unas 388.000 cabezas de suino y movimiento para abate de aproximadamente 982.000 cabezas en el 2021, considerando que el ciclo de vida del suino es de aproximadamente 6 meses, esto concentrado principalmente en el departamento de Itapúa y ya se empieza a observar mayor acúmulo de Cu en superficie por efecto del uso del estiércol suino (Rolón et al., 2022).

CONCLUSIONES

En relación al desarrollo de la lechuga, todos los tratamientos presentan mayor diámetro de cabeza que el testigo y a dosis baja y media (20 y 40 t.ha-1) de fertilización orgánica hay aumento de hojas y masa fresca cuando comparado con el testigo. La fertilización mineral resulta más eficiente que los fertilizantes orgánicos.

En las variables relacionadas al suelo, con excepción de la materia orgánica y los niveles de K, todas las variables presentan respuesta positiva a la aplicación de ferti-

lizantes orgánicos y minerales. El estiércol suino es más eficiente en aumentar los niveles de pH; para el P, Ca y Mg ambas enmiendas orgánicas presentan respuestas similares con 20, 40 y 60 t.ha-1.

Tanto con la fertilización mineral, como con la orgánica, se puede aumentar la producción de lechuga y el nivel de fertilidad del suelo.

AGRACEDIMIENTO

Al programa de Becas para la investigación Andrés Borgognon Montero – PUBIAMB, por el apoyo financiero proporcionado para realizar la investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Jimmy Walter Rasche Alvarez. Planificación del experimento. Financiamiento del proyecto. Análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito. Interpretación de los resultados, revisión del manuscrito.

Adriana González Mereles. Implantación del experimento. Obtención de los datos, clasificación de los mismos y análisis parcial de los datos. Redacción del manuscrito.

Anahi Ferreira Gomez. Obtención de los datos, clasificación de los mismos y análisis parcial de los datos.

Fanni Petrona Ruiz Samudio. Interpretación de los resultados. Redacción del manuscrito.

Diego Augusto Fatecha Fois. Revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Abreu, I.M.D.O., Junqueira, A.M.R., Peixoto, J.R., & Oliveira, S.A.D. (2010). Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. *Food Science and Technology*, 30, 108-118. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500018>
2. Batista, M.A.V., Viera, L.A., Sousa, J.P., Freitas, J.D.B., & Neto, F.B. (2012). Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no município de Iguatu-CE. *Revista Caatinga*, 25(3), 8-11. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1903>
3. Batte H.D., Enciso C.R., Santacruz Oviedo V.R. (2024). Producción de cultivares de lechuga arropollada con diferentes tipos de cobertura de suelo en invierno – primavera. *Rev. Soc. cient. Parag.*, 29(1):01-21. <https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.1>
4. Beninni, E.R.Y., Takahashi, H.W., & Neves, C.S.V.J. (2005). Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Semina: Ciências Agrárias*, 26(3), 273-282. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p273>
5. Britos, R., Valiente, H., Gómez, B., Vega, M., Ríos, D., & Estigarribia, A. (2018). Efecto de diferentes dosis de dos enmiendas orgánicas en los componentes de rendimiento en lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 2(2), 53-60. [https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2\(2018\)6](https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2(2018)6)
6. Canuto, C., da Silva A., D., de Lima, E. M., de Goes, M.D.C.C., de Almeida, M.M.V., & de Sousa Lima, J.R. (2019). Biochar e esterco bovino aumentam a eficiência no uso de água da alface. *Diversitas Journal*, 4(3), 1082-1091. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i3.822>
7. Cardoso, A.I.I., Ferreira, K.P. Vieira Júnior, R.M. y Alcar-de C. (2011). Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. *Hort. Bras.* 29(4), 594-599. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400025>
8. Censo Agropecuario Nacional (CAN). (2022). Cantidad de fincas, superficie cultivada y producción de Yerba mate, según tamaño de finca y departamento. https://can2022.mag.gov.py/geoportal/VI_CENSO_AGROPECUARIO_NACIONAL_Volumen_1.pdf
9. Da Costa F., D.A., da Silva D., N., da Costa F., A.K., Barbosa E., Lima V., C. Y.B.E.L.L.E., De Sousa Junior, F.S., Nascimento P, V. C., Santos F, C dos & Navarro V., M.A. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 464-474. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n2/2011-2173-rcch-12-02-464.pdf>
10. Da Silva, E. M. N., Ferreira, R. L. F., Araújo Neto, S. E. D., Tavella, L. B., & Solino, A.J. (2011). Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura brasileira*, 29, 242-245. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>
11. Dirección Nacional de Aeronáutica civil (DINAC) - Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH). (2023) Anuario Climatológico 2023. 74 p. https://www.meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2024/06/anuario_climatologico_2023_DSC.pdf
12. Enciso, C.R., Santacruz O, VR. (2024). Producción de cultivares de lechuga arropollada con diferentes tipos de cobertura de suelo en invierno – primavera. *Rev. Soc. cient. Parag.*; 29(1):01-21 <https://doi.org/10.32480/rscp.2024.29.1.1>

13. Ferreira, I.C.P.V., Araujo, A.V.D., Nascimento, A.L., Cavalcanti, T. F.M., & Santos, L.D.T. (2013). Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. *Revista Ceres*, 60, 582-588. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000400019>
14. Gomes, J.W. da S., Dias, N. da S., Moreno-Pizani, M.A., Paiva, K.F. de, Rocha, J.L.A., Araújo, E.B.G., & Fernandes, C. dos S. (2019). Crecimiento y composición mineral del melón con diferentes dosis de fósforo y materia orgánica. *DYNA*, 86 (211), 363-368. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.69776>
15. Ibareguren, L., Bertona A., Reboira, C. 2023. Siembra directa en Argentina ¿de donde venimos y hacia donde vamos?. *Experticia* · N° 14 <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/experticia/article/view/6364/5947>
16. López G, L.G.; Lesme B, J.A. (2024). Grandes grupos de suelos de la región Oriental del Paraguay. San Lorenzo, Paraguay: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo, 34 p.
17. Medeiros, D. C. D., Lima, B. A. B. D., Barbosa, M. R., Anjos, R. S. B. D., Borges, R. D., Cavalcante Neto, J. G., & Marques, L. F. (2007). Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, 25, 433-436. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300021>
18. Meneses, N.B., Moreira, M.A., Santos, C.A.P. Dos; Souza, I.M., Bianchini, F.G. (2011). Produção da alface crespa em função de diferentes fontes de matéria orgânica e cobertura do solo. *Horticultura Brasileira* 29: S4301-S4308.
19. Peixoto Filho, J.U., Freire, M.B.D.S., Freire, F.J., Miranda, M.F., Pessoa, L.G., & Kamimura, K.M. (2013). Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 419-424. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000400010>
20. Pinto, L.E.V., Gomes, E.D., & Spósito, T.H.N. (2016). Uso de esterco bovino e de aves na adubação orgânica da alface como prática agroecológica. In *Colloquium Agrariae*, 12, No. especial, 75-81). <https://doi.org/10.5747/ca.2016.v12.nesp.000174>
21. Piris C, L.R., & Enciso G, C.R. (2013). Producción de lechuga y cebolla de verdeo en sistemas de siembra asociada y monocultivo. *Investigación Agraria*, 15(1), 31-37. <http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v15n1/v15n1a05.pdf>
22. Ramirez P, R., Leiva R, E.I., & Restrepo Y, R.F. (2021). Materia orgánica particulada y mineralogía de un Andisol bajo labranza y barbacoa. *Acta Agronómica*, 70 (4), 329-337. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.80861>
23. Rólón G., M.P., Rasche A., J.W., Fatecha F., D.A., Rolon P., G.A., Lequizamón R., C.A., & Ortiz G., C.E.A. (2022). Disponibilidad de cobre en suelos de la Región Oriental del Paraguay. *Revista Científica de la UCSA*, 9(1), 72-80. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2022.009.01.072>
24. SENACSA (2021). Avances estadísticos 2021. Consultado 10 mar. 2025. Disponible en: <https://senacsa.gov.py/servicios/servicios-tecnicos/estadisticas/estadistica-pecuaria/>
25. Tedesco, M., Gianello, C., Bissani, C., Bohnen, H., Volkweiss, S. (1995). Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre, Brasil, Departamento de solos da UFRGS. 147 p. <https://es.scribd.com/document/362494561/Analise-de-solos-plantas-e-outros-materiais-Tedesco-et-al-1995-pdf>
26. Terra, M.A., Leonel, F. F., da Silva, C.G., & Fonseca, A.M. (2014).

Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. Revista Agrogeoambiental, 6(1). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v6n12014526>