



Fertilización mineral en el cultivo de habilla negra con aplicación foliar de humus de lombriz

Mineral fertilization in black bean cultivation with foliar application of vermicompost

Aducação mineral no cultivo de feijão-preto com aplicação foliar de húmus de minhoca

Wilfrido Daniel Lugo Pereira

wdlugo.26@hotmail.com

Evelio Castillo Recalde

castilloevelio592@gmail.com

Derlys Fernando López Avalos

derlysfernando@hotmail.com

Modesto Osmar Da Silva Oviedo

dasilvaoviedomodesto@gmail.com

Eulalio Morel López

lopezeulalio@hotmail.com

Cristina Fernández Ortíz

ortizfernandez1@hotmail.com

Ruth Esther Pistilli

ruthpistilliagro@gmail.com

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Concepción. Concepción, Paraguay

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.450>

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 26 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

El objetivo del experimento fue evaluar la fertilización mineral en el cultivo de habilla negra con aplicación foliar de humus de lombriz. El experimento se realizó en la Comunidad San Francisco, Distrito de Loreto, Departamento de Concepción - Paraguay durante los meses de julio a octubre del 2023, circunscrita en las coordenadas 23°20'37,6" Sur 57°18'51,3" Oeste. Se tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones con esquema bifactorial; factor A: Dosis de NPK y factor B: con y sin aplicación de humus de lombriz líquido. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 5 x 4 metros totalizando 20m². Las determinaciones evaluadas fueron; altura de la planta, cantidad de vainas, cantidad de granos por vainas y rendimiento. Los datos obtenidos fueron sometidos a ANAVA, para altura de plantas, cantidad de vainas por plantas y cantidad de granos por vainas no se obtuvieron diferencias estadísticas para el factor A y para el factor B se obtuvieron diferencias significativas para todas las determinaciones evaluadas, el mayor rendimiento se logró con 175 kg ha⁻¹ de NPK con 1.403,16 kg ha⁻¹ de granos y con aplicación foliar de humus de lombriz líquido. Se concluye que, la producción de habilla negra aumenta en la combinación de uso de la fertilización mineral NPK con la aplicación foliar de humus de lombriz.

Palabras clave: Habilla negra; Humus de lombriz; Fertilización; Rendimiento

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate mineral fertilization in black bean cultivation with foliar application of vermicompost. The study was conducted in the San Francisco Community, Loreto District, Concepción Department, Paraguay, from July to October 2023, located at coordinates 23°20'37.6" South and 57°18'51.3" West. A randomized complete block design (RCBD) was used, with eight treatments and three replications in a bifactorial scheme; factor A: NPK doses, and factor B: with and without liquid vermicompost application. Each experimental unit measured 5 x 4 meters, totaling 20 m². The evaluated variables were plant height, number of pods per plant, number of grains per pod, and yield. The data were subjected to ANOVA. For plant height, number of pods per plant, and number of grains per pod, no statistical differences were found for factor A; however, significant differences were observed for factor B in all evaluated variables. The highest yield was achieved with 175 kg ha⁻¹ of NPK, obtaining 1,403.16 kg ha⁻¹ of grains, combined with foliar application of liquid vermicompost. It is concluded that black bean production increases when mineral NPK fertilization is combined with foliar application of vermicompost.

Key words: Black bean; Vermicompost; Fertilization; Yield

RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar a adubação mineral no cultivo de feijão-preto com aplicação foliar de húmus de minhoca. O estudo foi realizado na Comunidade San Francisco, Distrito de Loreto, Departamento de Concepción, Paraguai, entre os meses de julho e outubro de 2023, localizada nas coordenadas 23°20'37,6" Sul e 57°18'51,3" Oeste. Utilizou-se o delineamento em blocos completos ao acaso (DBCA), com oito tratamentos e três repetições em esquema bifatorial; fator A: doses de NPK e fator B: com e sem aplicação de húmus de minhoca líquido. Cada unidade experimental teve dimensão de 5 x 4 metros, totalizando 20 m². As variáveis avaliadas foram altura de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e rendimento. Os dados foram submetidos à ANOVA. Para altura de plantas, número de vagens por planta e número de grãos por vagem não foram observadas diferenças estatísticas para o fator A; entretanto, para o fator B foram verificadas diferenças significativas em todas as variáveis avaliadas. O maior rendimento foi obtido com 175 kg ha⁻¹ de NPK, alcançando 1.403,16 kg ha⁻¹ de grãos, com aplicação foliar de húmus de minhoca líquido. Conclui-se que a produção de feijão-preto aumenta com a combinação da adubação mineral NPK e a aplicação foliar de húmus de minhoca.

Palavras-chave: Feijão-preto; Húmus de minhoca; Adubação; Rendimento

INTRODUCCIÓN

La habilla negra (*Phaseolus vulgaris* L.) posee una gran importancia socioeconómica, ya que la cadena completa que va desde su cultivo hasta la cosecha contribuye significativamente a la generación de empleo e ingresos, especialmente en comunidades de bajos recursos. Además, esta leguminosa es una fuente esencial de proteínas, hierro, fósforo, magnesio y manganeso. Es un alimento bajo en grasa y sodio, libre de colesterol, rico en vitaminas del complejo B y con un alto contenido de fibra y carbohidratos complejos (1).

Esta especie se considera exigente en nutrientes debido a su ciclo biológico corto y al reducido volumen de suelo explorado por su sistema radicular, el cual es superficial y poco desarrollado (2, 3). El manejo eficiente de la fertilización con macronutrientes primarios, particularmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), resulta fundamental durante la siembra, ya que estos elementos son determinantes para el desarrollo inicial del sistema radicular, el establecimiento del cultivo y la sostenibilidad fisiológica de las plantas a lo largo del ciclo vegetativo (4, 5).

En las leguminosas como la habilla negra, el nitrógeno (N) promueve la formación de nódulos radiculares donde habitan bacterias simbióticas fijadoras, permitiendo la conversión del N atmosférico en formas asimilables y mejorando

la disponibilidad de nutrientes. Una adecuada nutrición nitrogenada incrementa la eficiencia en el uso del agua y la tolerancia al estrés hídrico, traduciéndose en mayores rendimientos (6-8).

El fósforo (P) interviene en procesos metabólicos esenciales como la fotosíntesis, la transpiración y la síntesis de aminoácidos y favorece el crecimiento radicular, la nodulación y la fijación biológica de N (9-11). El potasio (K) regula la presión osmótica celular y la apertura estomática, mejora la fotosíntesis y la producción de biomasa, contribuyendo directamente al aumento del rendimiento (12, 13).

Recientemente, los extractos líquidos de humus de lombriz, comúnmente conocidos como té de humus líquido, han cobrado mayor relevancia que su forma sólida (14, 15). Esto se debe a su elevada concentración de microorganismos benéficos, nutrientes esenciales y compuestos bioactivos promotores del crecimiento vegetal, los cuales proporcionan múltiples beneficios agronómicos, entre ellos: una mayor tasa de germinación de semillas, mejor desarrollo vegetativo, incremento en el rendimiento y mayor resistencia de las plantas frente a enfermedades (16). En este contexto, el objetivo general fue evaluar la fertilización mineral en el cultivo de habilla negra con aplicación foliar de humus de lombriz.

MÉTODOS

El experimento se realizó en la Comunidad San Francisco, Distrito de Loreto, Departamento de Concepción Paraguay en el mes de julio a noviembre del 2023, circunscrita en las coordenadas 23°20'37,6" Sur 57°18'51,3" Oeste, elevado 160 msnm. The coordinates were recorded

with a Garmin eTrex GPS device. El clima local se caracteriza por una temperatura media de 24 °C, con máximas en verano que alcanzan hasta 45 °C y mínimas en invierno de hasta 4 °C, con ocurrencias leves de heladas (17). La Figura 1 presenta la temperatura media y la precipitación acumulada registradas durante el período experimental.

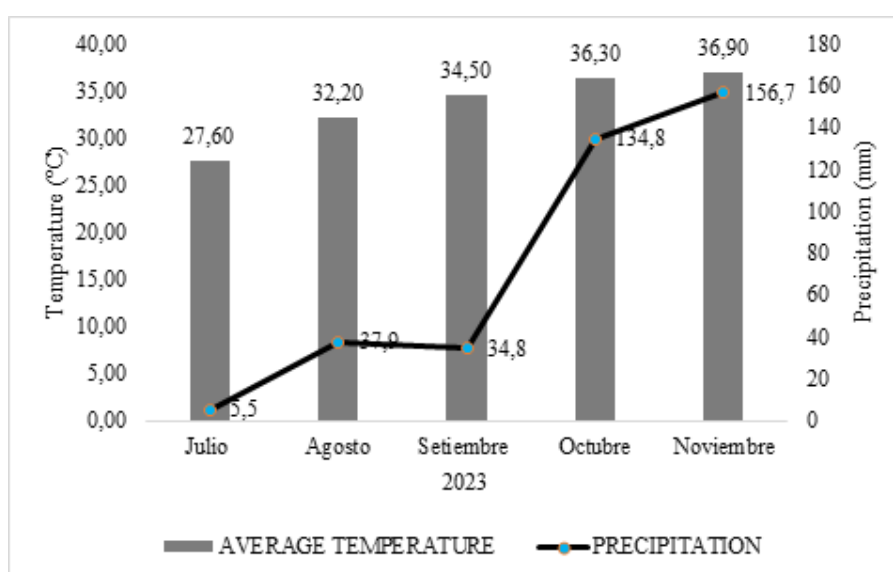


Figura 1. Temperatura media y precipitación de julio a noviembre de 2023.

El tipo de suelo de la zona pertenece al gran grupo Alfisol y sub grupo Mollic (18). Se extrajeron muestras de suelo del área experimental en el horizonte 0-20 cm para su caracterización química y física. Los resultados fueron: pH agua= 5,90; M.O.dag.kg⁻¹=1,20; Al³⁺ cmol (+). Kg⁻¹ = 00; P mg kg⁻¹=10,0; K cmol (+). Kg⁻¹= 0,19; Ca cmol (+). Kg⁻¹= 3,74; Mg cmol (+). Kg⁻¹= 0,65; S mg. Kg⁻¹=12,66 y Text tacto= Franco Arenoso.

El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones con esquema bifactorial; factor A: Dosis de NPK y factor B: humus de lombriz líquido. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 5 x 4 m totalizando 20 m² por cada unidad experimental (UE). En la tabla 1 se puede observar los tratamientos en estudio.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamientos	Factor A (NPK) (kg ha ⁻¹)	Factor B
1	Testigo 0	Con aplicación 2,5 L ha ⁻¹
2	87,5	
3	175 (*)	
4	262,5	
5	Testigo 0	Sin aplicación
6	87,5	
7	175 (*)	
8	262,5	

(*) Recomendación del laboratorio. (**) Dosis de humus de lombriz líquido es a base del etiquetado del producto.

El área experimental fue preparada mediante la limpieza y eliminación de malezas y residuos del ciclo anterior, seguida de la remoción y acondicionamiento del suelo mediante laboreo mecanizado. Se colectaron muestras compuestas de suelo del horizonte superficial (0–20 cm), las cuales fueron remitidas al laboratorio de análisis de suelos para determinar los niveles de fertilidad y establecer las recomendaciones de fertilización.

Previo a la siembra, se realizó la medición y demarcación del terreno, delimitando los bloques experimentales según el diseño estadístico adoptado. La siembra se efectuó manualmente de forma localizada, utilizando semillas provistas por un productor local. Se mantuvo un espaciamiento de 0,50 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, y la fertilización se aplicó de manera simultánea a la siembra, a 10 cm de los hoyos de plantación.

Con base en los resultados del análisis químico del suelo, se estableció una dosis de referencia de

175 kg ha⁻¹ de fertilizante total, compuesta por 40 kg N ha⁻¹, 75 kg P₂O₅ ha⁻¹ y 60 kg K₂O ha⁻¹. A partir de esta formulación base se generaron los tratamientos experimentales, ajustando los niveles de nutrientes en ±50 % con el propósito de evaluar la respuesta fisiológica y productiva del cultivo frente a diferentes concentraciones. Para satisfacer los requerimientos nutricionales correspondientes a la dosis de referencia, se aplicaron 89 kg ha⁻¹ de urea (45 % N), 163 kg ha⁻¹ de superfosfato triple (46 % P₂O₅) y 100 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio (60 % K₂O). Estos fertilizantes se mezclaron previamente para conformar la dosis total, garantizando así una disponibilidad equilibrada de macronutrientes esenciales a lo largo del ciclo del cultivo.

El control de malezas se realizó de forma manual con azada, a medida que el cultivo lo requería. Para el manejo fitosanitario, se emplearon productos químicos específicos para

el control de plagas y enfermedades, entre ellos: bifentrina ($0,8 \text{ L ha}^{-1}$), thiodicarb ($0,2 \text{ kg ha}^{-1}$), triflumuron ($0,10 \text{ L ha}^{-1}$), acefato 97 ($0,8 \text{ kg ha}^{-1}$) y dinotefuran + bifentrina ($0,3 \text{ L ha}^{-1}$), aplicados conforme a las recomendaciones técnicas de cada producto.

El humus de lombriz líquido comercial se aplicó vía foliar en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 utilizando una pulverizadora manual tipo mochila. Las aplicaciones se realizaron en tres etapas fenológicas críticas: prefloración (45 DDS), floración (60 DDS) y fructificación (75 DDS), siguiendo las indicaciones del etiquetado. La dosis total aplicada fue de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$, distribuida en $1,0 \text{ L ha}^{-1}$ en las dos primeras aplicaciones y $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ en la última, asegurando una cobertura foliar homogénea para optimizar la absorción y eficiencia fisiológica del bioestimulante.

La cosecha se efectuó al término del ciclo fenológico del cultivo, mediante trilla manual, empleando carpas y bolsas de recolección para el manejo individual de cada unidad experimental. Todos los tratamientos fueron cosechados en una misma jornada, garantizando la homogeneidad en la toma de datos y el registro de las variables productivas.

(a) Altura de planta: se midieron diez plantas por tratamiento con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice, al final del ciclo del cultivo; los promedios por parcela se expresaron

en centímetros (cm). (b) Número de vainas por planta: se registró en una muestra de diez plantas representativas por parcela. (c) Número de granos por vaina: se determinó en una muestra de diez plantas representativas por parcela, expresando los promedios como granos vainas⁻¹. (d) Rendimiento de grano (kg ha^{-1}): se determinó mediante la cosecha del área útil de 4 m^2 de cada unidad experimental, pesando los granos en una balanza digital y extrapolando los valores a kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de los resultados obtenidos utilizando el software estadístico Agrostat®. (19). Los promedios que presentaron diferencias significativas fueron comparados mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se efectuó un análisis de regresión para identificar las dosis que proporcionaron la máxima eficiencia técnica. La dosis máxima del fertilizante se calculó utilizando la fórmula $X_{\max} = -b/2a$. El punto de máxima productividad se determinó mediante la fórmula $Y_{\max} = D / (4a)$, donde $D = b^2 - 4ac$.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de plantas

En la Tabla 2, se presentan los resultados del análisis estadístico mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la variable altura de planta, evaluada

bajo la influencia de la fertilización mineral y la aplicación foliar de humus de lombriz líquido.

Se observan los resultados correspondientes a la altura de planta para el factor A, donde no se registraron diferencias estadísticas significativas. No obstante, de forma numérica, el mayor valor promedio se obtuvo con la aplicación de humus

de lombriz líquido (37,58 cm pl⁻¹), seguido muy de cerca por el tratamiento sin aplicación (37,41 cm pl⁻¹), evidenciando que ambos valores son numéricamente similares entre sí, lo que indica una respuesta homogénea del cultivo respecto a este factor.

Tabla 2. Comparación de medias de altura de plantas de habilla negra afectado por aplicación foliar de humus de lombriz. Concepción, Paraguay. 2026.

Tratamientos	Descripción	Altura de planta (cm pl ⁻¹)
Humus de lombriz (A)		(ns)
	Con aplicación	37,58
	Sin aplicación	37,41
Fc (A) :		0,16NS
Fc (B):		161,16**
Fc (Ax B):		1,14NS
C.V %:		2,69

(ns) no significativo (**) altamente significativo por el Test de Tukey. C.V. Coeficiente de variación.

Para el factor B, se obtuvieron diferencias altamente significativas a nivel estadístico, destacándose la dosis de 175 kg ha⁻¹ de NPK como la de mejor desempeño, con una altura promedio de 41,3 cm, tal como se observa en la Figura 2. En contraste, la dosis sin fertilización (0 kg ha⁻¹) registró el valor más bajo, evidenciando la respuesta positiva del cultivo al incremento de nutrientes minerales.

Estos resultados concuerdan con los reportados (20-22), quienes documentaron

aumentos significativos en la altura de planta de *Phaseolus vulgaris* al aplicar dosis de entre 25–120 kg N, 60–75 kg P₂O₅ y 30–50 kg K₂O ha⁻¹, resaltando que los niveles equilibrados de macronutrientes favorecen el crecimiento vegetativo. De manera similar, (23) encontraron que la aplicación combinada de 70:70 kg ha⁻¹ de P y K produjo incrementos significativos en la altura de planta y el vigor vegetativo en comparación con el control.

A partir de la ecuación Figura 2, mencionada se determinó la MET (máxima eficiencia técnica)

que fue de 43,25 cm de altura, resultado este que se logró teniendo en cuenta la dosis para obtener la altura máxima ($\bar{y}_{max}$) o DMET (Dosis Máxima

Eficiencia Técnica) que fue de 181 kg ha⁻¹ que fueron obtenidos con la diferente dosis aplicada del fertilizante mineral.

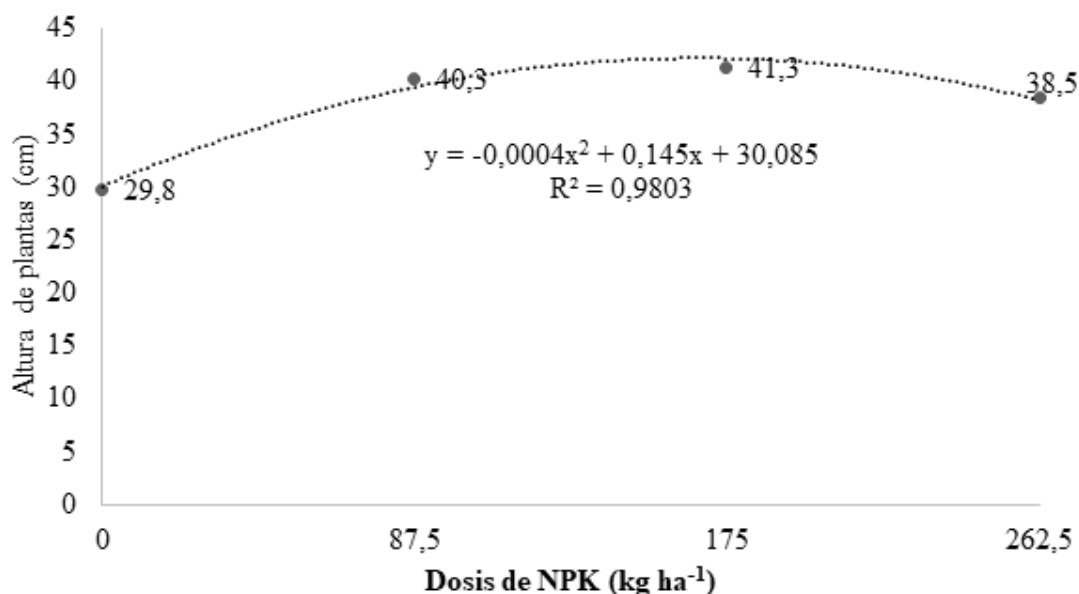


Figura 2. Curva de ajuste para la altura de plantas con fertilización mineral (NPK), Concepción, Paraguay. 2026.

Cantidad de vainas por plantas y cantidad de granos/vainas

En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis estadístico mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para las variables de cantidad de vainas por plantas y cantidad de granos por vainas, evaluada bajo la influencia de la fertilización mineral y la aplicación foliar de humus de lombriz líquido.

Se observan los resultados correspondientes a las variables número de vainas por planta y número de granos por vaina para el factor A, donde no se registraron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, desde el punto de vista numérico, las variaciones entre tratamientos fueron mínimas y poco representativas, lo que indica una respuesta homogénea del cultivo frente a la aplicación del fertilizante foliar.

Tabla 3. Comparación de medias de cantidad de vainas por plantas y cantidad de granos de habilla negra afectado por aplicación foliar de humus de lombriz. Concepción, 2026.

Tratamientos	Descripción	Cantidad de vainas por plantas (vainas pl ⁻¹)	Cantidad de granos vainas ⁻¹
		(ns)	(ns)
	Con aplicación	12,83	4,91
Humus de lombriz (A)	Sin aplicación	13,00	5,00
Fc (A) :		0,44NS	0,23NS
Fc (B):		45,19**	18,89**
Fc (Ax B):		1,33NS	3,24NS
C.V %:		4,74	8,66

(ns) no significativo (**) altamente significativo por el Test de Tukey. C.V. Coeficiente de variación.

Para el factor B, se observaron diferencias altamente significativas a nivel estadístico en ambas variables evaluadas. La dosis de 175 kg ha⁻¹ de NPK se destacó por presentar el mejor desempeño, con un promedio de 14,3 vainas planta⁻¹ y 5,83 granos vaina⁻¹, tal como se aprecia en la Figura 3. En contraste, la dosis sin fertilización (0 kg ha⁻¹) registró los valores más bajos en ambos parámetros, lo que evidencia la respuesta positiva de la habilla al incremento de nutrientes minerales, reflejada tanto en la mayor formación de vainas como en el mejor llenado de granos.

Resultados comparables fueron reportados por Ali (24) en *Vigna unguiculata*, quienes obtuvieron entre 13 y 18 vainas planta⁻¹ con fertilización fosfatada y potásica adecuada. Asimismo, (25) señalaron que la aplicación de NPK en caupí incrementó el número de vainas en más del 25 % respecto al tratamiento sin fertilización, alcanzando valores superiores a 15 vainas planta⁻¹ en condiciones óptimas de manejo. Estos autores atribuyen el aumento a una mayor disponibilidad de fósforo y potasio durante la fase reproductiva, lo que favorece la floración, el cuajado y el llenado de granos.

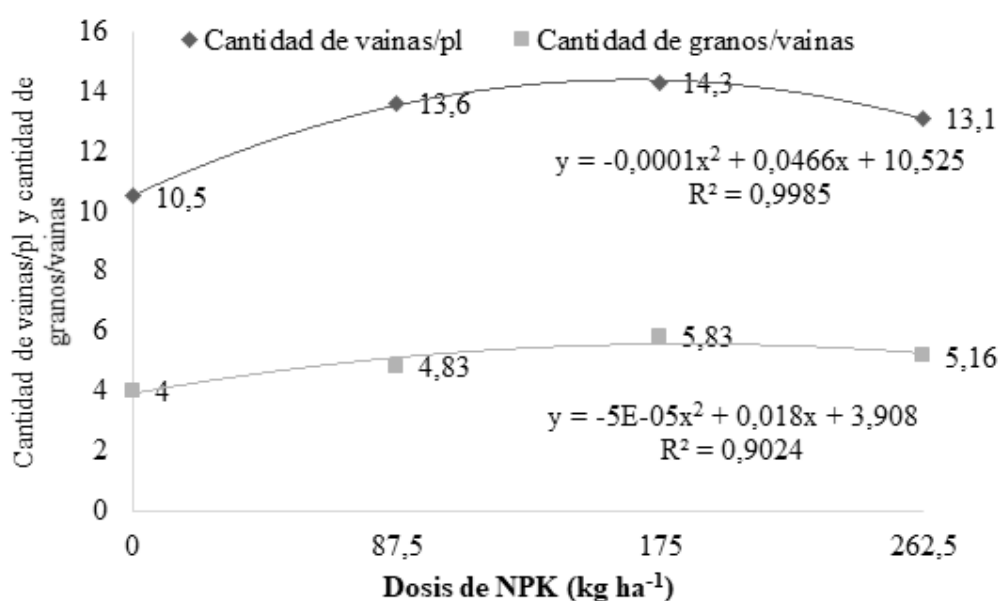


Figura 3. Curva de ajuste para cantidad de vainas por plantas y cantidad de granos por vainas de habilla negra con fertilización mineral (NPK), Concepción, Paraguay. 2026.

A partir de la ecuación presentada en la Figura 3, correspondiente a la cantidad de vainas por planta, se determinó la MET (Máxima Eficiencia Técnica) con un valor de 15,95 vainas planta⁻¹, alcanzada con una DMET (Dosis de Máxima Eficiencia Técnica) de 233 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral. Asimismo, para la cantidad de granos por vaina, la MET fue de 5,53 granos vaina⁻¹, lograda con una DMET de 180 kg ha⁻¹. Estos resultados reflejan el efecto positivo de las dosis crecientes de fertilización mineral sobre los componentes de rendimiento de la habilla, optimizando tanto la formación de vainas como el llenado de granos.

De manera similar, Singh et al. (26) reportaron que en *Vigna unguiculata* el número de vainas por

planta aumentó significativamente con niveles crecientes de NPK, alcanzando valores entre 14 y 17 vainas planta⁻¹ en dosis intermedias, ajustándose a modelos de regresión cuadrática. Asimismo, Oliveira et al. (27) observaron que el número de granos por vaina osciló entre 5 y 7 granos bajo condiciones de fertilización balanceada, destacando que la máxima respuesta productiva se obtuvo en dosis óptimas y no en las más elevadas.

Rendimiento

En la Tabla 5, se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de la determinación de rendimiento de granos con

fertilización mineral con y sin aplicación foliar de humus de lombriz. Se observa los resultados de la determinación de rendimiento de granos de la habilla negra del factor A, se obtuvo diferencias significativas a nivel estadísticos, con la aplicación de humus de lombriz liquido en forma foliar que alcanzó un promedio de 1.372,41 kg ha⁻¹.

Tabla 4. Comparación de medias de rendimiento de habilla negra afectado por aplicación foliar de humus de lombriz. Concepción, 2026.

Tratamientos	Descripción	Rendimiento de granos (kg ha ⁻¹)
		(*)
Humus de lombriz (A)	Con aplicación	1372,41 A
	Sin aplicación	1342,75 B
Fc (A) :		4,71*
Fc (B):		5,97**
Fc (AxB):		0,12NS
C.V %:		2,46

(*) significativo por el Test de Tukey.

A partir de la ecuación Figura 4, mencionada se determinó la MET (máxima eficiencia técnica) que fue de 1.388,19 kg ha⁻¹ de habilla, resultado este que se logró teniendo en cuenta la dosis para obtener el rendimiento óptimo (ÿmax) o DMET (Dosis Máxima Eficiencia Técnica) que fue de 144,47 kg ha⁻¹ que fueron obtenidos con la diferente dosis aplicada del fertilizante mineral.

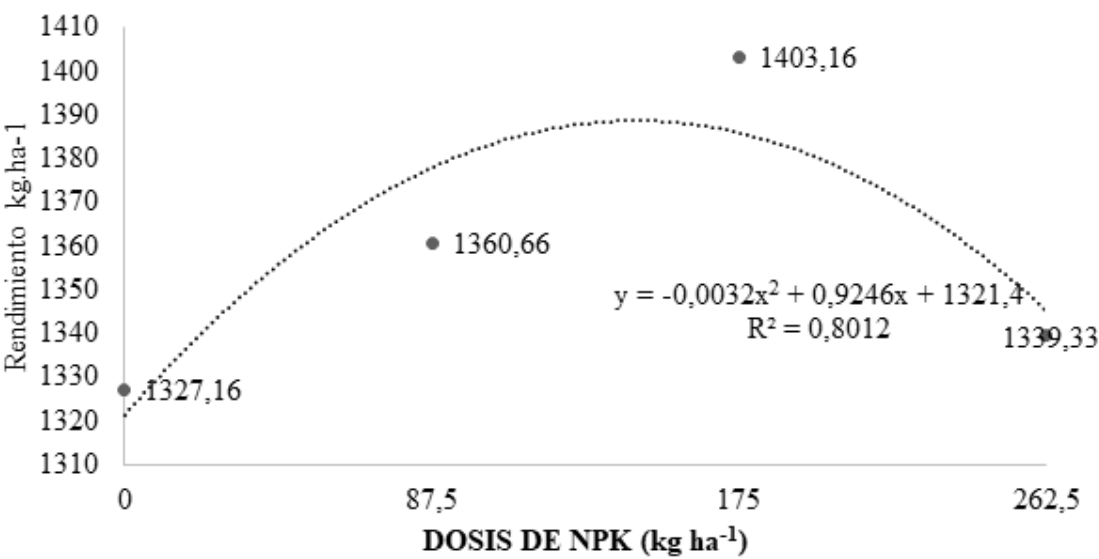


Figura 4. Curva de ajuste para el rendimiento de granos de la habilla negra con fertilización mineral (NPK), Concepción. 2026.

Discusión

Según Miranda et al. (28), los resultados obtenidos en la producción de granos de habilla muestra un aumento con la fertilización fosfatada, en un suelo clasificado como Latossol rojo-Oscuro, arcilloso en un experimento repetido durante cuatro años, con la aplicación de 62,34 kg.ha⁻¹ se llegó el rendimiento en media a 3.520 kg.ha⁻¹, resultado superior a lo alcanzado en este trabajo, se deduce por el tipo de suelo por el autor mencionado, en este trabajo fue un suelo degradado, además se tuvo problemas de sequía en la época del experimento, consecuencia directa por el rendimiento que se tuvo en el trabajo.

Resultados similares han sido reportados en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). (29) señalaron que el rendimiento de frijol bajo fertilización mineral balanceada puede oscilar entre 1.200 y 1.800 kg ha⁻¹, alcanzando el máximo rendimiento en niveles óptimos —y no necesariamente máximos— de NPK.

Asimismo, Kumar et al. (30) observaron que el rendimiento de frijol aumentó progresivamente con la aplicación de fertilizantes hasta alcanzar un punto de máxima eficiencia técnica cercano a 1.400 kg ha⁻¹, estabilizándose o disminuyendo con dosis superiores.

Según Flores et al. (31), demostró que, en variedades de habilla, con la aplicación de dosis altas de fertilizante químico aumenta los

rendimientos en comparación con dosis bajas, en este trabajo alcanzó mayor rendimiento con la DMET de 144 kg ha⁻¹, luego decayó la producción, pero superior al que no recibió ninguna fertilización.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la aplicación de humus de lombriz (factor A) no ejerció efectos estadísticamente significativos sobre la altura de plantas, la cantidad de vainas por planta ni el número de granos por vaina. En contraste, la fertilización mineral (factor B) sí mostró diferencias significativas en estas variables, evidenciando su influencia directa en el crecimiento y en los componentes de rendimiento del cultivo, evidenciando que la fertilización mineral fue el principal determinante productivo.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Nasar J, Rahman M, Ali M, Ahmed S. Nutritional composition, health benefits, and socio-economic importance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. *Legume Sci.* 2023; 5(2):e169. <https://doi.org/10.1002/leg3.169>
2. Crusciol C, Soratto R, Silva L, Lemos L. Fontes e dose de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. *Rev Bras Cienc Solo.* 2007; 31:1545–52. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600027>
3. Oliveira M, Oliveira L, Wendland A, Guimarães C, Quintela E, Barbosa F, Carvalho M, Lobo Junior M, Silveira P. Conhecendo a fenologia do

- feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. Brasília (BR): Embrapa; 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190482/1/Conhecendo-a-fenologia-do-feijoeiro-e-seus-aspectos-fitotecnicos.pdf>
4. Grant C, Flaten D, Tomasiewicz D, Sheppard S. La importancia de la nutrición con fósforo de la temporada temprana. *Can J Plant Sci.* 2001; 81:211–24. <https://doi.org/10.4141/P00-093>
 5. Souto J, Oliveira F, Gomes M, Nascimento J, Souto P. Efeito da aplicação de húmus no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajal L. Millsp.*). *Rev Verde Agroecol Desenvol Sustent.* 2009; 4:135–40. <https://doi.org/10.18378/rvads.v4i2.206>
 6. Wilker J, Humphries S, Rosas-Sotomayor J, Gómez Cerna M, Torkamaneh D, Edwards M, Pauls K. Genetic diversity, nitrogen fixation, and water use efficiency in a panel of Honduran common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces and modern genotypes. *Plants.* 2020; 9(10):1238. <https://doi.org/10.3390/plants9101238>
 7. Lavrenko S, Lavrenko N, Maksymov D, Maksymov M, Didenko N, Islam K. Variable tillage depth and chemical fertilization impact on irrigated common beans and soil physical properties. *Soil Tillage Res.* 2021; 212:105024. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105024>
 8. Sousa W, Soratto R, Peixoto D, Campos T, Silva M, Souza A, Gitari H. Effects of *Rhizobium* inoculum compared with mineral nitrogen fertilizer on nodulation and seed yield of common bean: A meta-analysis. *Agron Sustain Dev.* 2022; 42:52. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00791-9>
 9. Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Møller I, White P. Functions of macronutrients. In: *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Cambridge (MA): Academic Press; 2012. p. 135–189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>
 10. Singh M, Kumar J, Singh S, Singh V, Prasad S. Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants: A review. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 2015; 14:407–26. <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9372-8>
 11. Zeng J, Tu Q, Yu X, Qian L, Wang C, Shu L, He Z. PCycDB: A comprehensive and accurate database for fast analysis of phosphorus cycling genes. *Microbiome.* 2022; 10:101. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01269-2>
 12. Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S. The critical role of potassium in plant stress response. *Int J Mol Sci.* 2013; 14:7370–90. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
 13. Hasanuzzaman M, Bhuyan M, Nahar K, Hossain M, Mahmud J, Hossen M, Fujita M. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy.* 2018; 8(3):31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>
 14. Edwards C, Askar A, Vasko-Bennett M, Arancon N. The use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields. In: *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. Boca Raton (FL): CRC Press; 2010. p. 235–48. <https://doi.org/10.1201/9781439809891-c12>
 15. Zaller J. Foliar spraying of vermicompost extracts: effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. *Biol Agric Hortic.* 2006; 24:165–80. <https://doi.org/10.1080/01448765.2006.9755017>
 16. Ersahin Y, Haktanir K, Yanar Y. Vermicompost suppresses *Rhizoctonia solani* Kühn in cucumber seedlings. *J Plant Dis Prot.* 2009; 116(4):182–8. <https://doi.org/10.1007/BF03356302>
 17. Dirección de Meteorología e Hidrología. Datos de los parámetros meteorológicos, Paraguay. 2023. <https://www.meteorologia.gov.py/index.php>
 18. Molinas J, González R, Duarte M. Caracterización y clasificación de los suelos agrícolas del norte de Paraguay. *Rev Paraguaya Cienc Agrar.* 2024; 10(1):45–58.
 19. Barbosa J, Maldonado W. AgroEstat – Online statistical analyses of experimental designs. 2015. <https://www.etp.com.py/libro/Experimenta%C3%A7ao-Agronomica--AgroEstat-104437>

- 20.** Kalmani B, Sunad L, Gopur S. Studies on the effect of mother plant nutrition on crop growth, yield and quality of French bean. *Legume Res.* 2002; 19:34–41.
- 21.** Kumar M, Sinha K, Sharma R. Effect of organic manure, NPK and boron application on the productivity of French bean in sandy loam soil of north Bihar. *Indian J Pulses Res.* 2004; 17:42–4.
- 22.** Kumar E, Channaveerswami A, Merwade M, Naik V, Krishna A. Influence of nipping and hormonal sprays on growth and seed yield in field bean (*Lablab purpureus* [L.] Sweet) genotypes. *Int J Econ Plants.* 2018; 5:8–14. <https://doi.org/10.23910/IJEP/2018.5.1.00814>
- 23.** Ayub M, Nadeem M, Naeem M, Tahir M, Tariq M, Ahmad W. Effect of different levels of P and K on growth, forage yield and quality of cluster bean (*Cyamopsis tetragonolobus* L.). *J Anim Plant Sci.* 2012; 22:479–83.
- 24.** Ali M, Khan I, Ahmad B. Response of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) to phosphorus and potassium fertilization. *J Agric Res.* 2010; 48(3):321–7.
- 25.** Ddamulira G, Santos C, Obuo J, Alanyo M. Yield and yield components of cowpea as influenced by phosphorus fertilization under tropical conditions. *Afr J Agric Res.* 2014; 9(30):2297–303. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8752>
- 26.** Singh A, Baoule A, Ahmed H, Dikko A, Aliyu U, Sokoto M, Musa M. Influence of nutrient management on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Legume Res.* 2018; 41(5):764–70. <https://doi.org/10.18805/LR-389>
- 27.** Oliveira A, Silva J, Pereira W, Barbosa L. Growth and yield of cowpea under different fertilization levels. *Rev Cienc Agron.* 2017; 48(2):289–96. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170034>
- 28.** Miranda E. Sistema de siembra directa. Cuba; 2000. <http://www.monografias.com/trabajos30/siembradirecta.shtml>
- 29.** Fageria N, Baligar V. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv Agron.* 2005; 88:97–185. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)
- 30.** Kumar R, Kumawat N, Kumar R, Yadav R. Effect of fertility levels on growth and productivity of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2018; 7(2):1453–60. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.175>
- 31.** Flores M, Gómez J, Ramírez L. Effect of chemical fertilization levels on growth and yield of cowpea varieties. *Rev Agron Trop.* 2018; 68(2):123–30.