



EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DE RENTABILIDAD DEL POROTO BAJO LA APLICACIÓN COMBINADA DE ENMIENDA ORGÁNICA Y FERTILIZANTE MINERAL FOSFATADO

AGRONOMIC AND PROFITABILITY EVALUATION OF BEANS UNDER THE COMBINED APPLICATION OF ORGANIC AMENDMENT AND MINERAL PHOSPHATE FERTILIZER

Noelia Noemi Arce Duarte¹ , Raúl Sánchez Jara¹  y Cristina Fernández Ortiz^{1*} 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: ortizfernandez1@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio consistió en evaluar la productividad y rentabilidad del poroto bajo la aplicación combinada de estiércol bovino y dosis de fósforo. El experimento se ejecutó en San Ignacio, Horqueta, Paraguay, entre los meses de mayo a agosto de 2023. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA), con esquema factorial (2 x 4) y tres repeticiones, el factor A correspondió a la enmienda orgánica (sin y con aplicación de estiércol bovino) y el factor B a las dosis de fósforo (0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Se evaluaron la longitud de vaina, número de vainas por planta, número de granos por vaina y el rendimiento de grano. Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza mediante el Test F y las medias de cada tratamiento, comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% y además se realizó el análisis de regresión y económico. Los resultados evidenciaron que los tratamientos evaluados influyeron positivamente en el desempeño agronómico del cultivo de poroto. La aplicación de estiércol bovino mejoró significativamente en todas las variables evaluadas. Los tratamientos basados a las dosis de fósforo, la dosis de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promovió mayor longitud de vaina, mayor número de granos por vaina y el incremento de rendimiento. Considerando el análisis económico, la combinación de estiércol bovino con la dosis de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ obtuvo la mayor rentabilidad en la producción de poroto.

Palabras clave: *Vigna unguiculata* L., nutriente mineral, orgánico, análisis económico.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the productivity and profitability of beans under the combined application of cattle manure and phosphorus doses. The experiment was conducted in San Ignacio, Horqueta, Paraguay, between May and August 2023. The experimental design used was a randomized complete block design (RCBD) with a factorial scheme (2x4) and three replicates. Factor A corresponded to organic amendment (with and without cattle manure application) and factor B to phosphorus doses (0, 30, 60, and 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅). Pod length, number of pods per plant, number of seeds per pod, and grain yield were evaluated. The values obtained were subjected to analysis of variance using the F-test, and the means of each treatment were compared using Tukey's test at 5%. Regression and economic analyses were also performed. The results showed that the treatments evaluated had a positive influence on the agronomic performance of the bean crop. The application of cattle manure resulted in significant improvements in all the variables evaluated. Of the phosphorus-based treatments, the 60 kg ha⁻¹ dose of P₂O₅ promoted greater pod length, a higher number of grains per pod, and increased yield. Considering the economic analysis, the combination of cattle manure with the 60 kg ha⁻¹ dose of P₂O₅ obtained the highest profitability in bean production.

Keywords: *Vigna unguiculata* L., mineral nutrient, organic, economic analysis.

INTRODUCCIÓN

El poroto (*Vigna unguiculata* L. Walp), es una leguminosa que se encuentra distribuida en las zonas tropicales y subtropicales. Es un cultivo multifuncional, ya que constituye una fuente de alimentos para el ser humano, además es utilizado en la ganadería por su elevado contenido proteico (Miquilena y Moros, 2012). Su consumo, tanto en grano fresco y seco, lo convierte en una mercancía clave para la seguridad alimentaria y generación de ingresos para los agricultores (Timko y Singh 2008). En Paraguay, tradicionalmente se ha considerado un rubro de autoconsumo y renta en la agricultura familiar. En el departamento de Concepción, durante el año agrícola 2020/21, se registró una superficie de siembra de 1.208 ha, con un rendimiento promedio de 953 kg ha⁻¹ (INE, 2022).

A pesar de su importancia, la productividad del poroto enfrenta limitaciones asociadas al manejo inadecuado del suelo como la remoción continua y a la variabilidad climática reciente, factores que reducen la disponibilidad de nutrientes esenciales y repercuten negativamente en el rendimiento (Timko y Singh, 2008). Por ello, resulta fundamental identificar alternativas que permitan suplir los requerimientos nutricionales de las plantas y que mejoren los rendimientos.

El fósforo (P) es uno de los principales macronutrientes destacados y requeridos por las plantas, pero también es uno de los elementos menos disponibles de la rizosfera. Después del nitrógeno (N), el P es el elemento más limitante para el crecimiento de las plantas (Sudharani et al., 2020). Su baja movilidad en el suelo aumenta la necesidad de una adecuada fertilización fosfatada y lograr efectos morfológicos en la planta como promover el desarrollo radicular, el vigor de la planta, por ende, un mayor rendimiento (Aryal et al., 2021).

Por otra parte, el suministro de la enmienda orgánica a los cultivos alcanza cada vez mayor importancia por sus beneficios económico y ecológico (Iqbal et al., 2022). El estiércol bovino, ejercen determinados efectos sobre el suelo, contribuyen a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas, promoviendo positivamente en la disponibilidad de nutrientes y, en consecuencia, aumentando el rendimiento del cultivo (Li et al., 2020).

Considerando el potencial económico del poroto, debido al elevado costo de las proteínas de origen animal, se hace necesario profundizar en prácticas de manejo que incrementen su productividad. En este contexto, el presente

trabajo tuvo como objetivo general evaluar la producción de poroto con aplicación de estiércol bovino y fertilizante mineral fosfatado, así como analizar el indicador económico de rentabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se ejecutó en la localidad de San Ignacio, ubicada aproximadamente a 142 kilómetros de la ruta V, en el distrito de Horqueta, Paraguay. El estudio se desarrolló entre los meses de mayo a agosto del año 2023. La ubicación geográfica de la parcela experimental corresponde a las coordenadas 23°12'47.2"S y 56°50'57.6"W.

El distrito de Horqueta presenta un clima con temperaturas promedio que oscilan entre 14°C y 26°C, alcanzando máximas de hasta 45°C en el verano y mínimas de 4°C en el invierno, con leve incidencia de heladas. La precipitación media anual ronda los 1.300 mm (DMH, 2023). El suelo de la región se caracteriza por pertenecer taxonómicamente al orden alfisol (López et al., 1995). Las propiedades físicas y químicas del suelo en la parcela experimental, determinadas a 0–20 cm de profundidad, fueron las siguientes: pH (H₂O): 5,60; MO (%): 1,50; P (mg kg⁻¹): 5,90; K (mg kg⁻¹): 0,20; Ca+Mg (Cmol_c kg⁻¹): 2,30; Al⁺³ (Cmol_c kg⁻¹): 0 y Clase textural correspondió a un Arenoso franco.

Para el presente trabajo de investigación el diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar (DBCA), con esquema factorial (2 x 4) y tres repeticiones, el factor A correspondió a la enmienda orgánica (Sin y con estiércol bovino) y el factor B consistió en cuatro dosis de fósforo 0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Totalizando 24 unidades experimentales, la unidad experimental tuvo una dimensión de 12 m² (4 m de largo y 3 m de ancho), el área experimental (AE) fue 429 m², incluyendo los camineros.

Primeramente, se realizó la preparación del terreno, la cual consistió en la limpieza de la parcela, una pasada de rastra liviana para mullir el suelo, y la marcación del área experimental y para ello se utilizaron cinta métrica, hilo ferretería, estacas y carteles para identificar los tratamientos.

La siembra se efectuó en forma manual utilizando sembradora, se empleó un distanciamiento de 0,25 m entre plantas y 0,50 m entre hileras a una profundidad de 3 cm y con tres semillas por golpe. A los 10 días después de la emergencia se procedió a realizar el raleo, dejando dos plantas por hoyos. El material utilizado fue de la variedad poroto pyta'i.

Antes de la siembra, se llevó a cabo la aplicación de enmienda orgánica correspondiente al estiércol bovino, con una dosis de 30 t ha⁻¹, exceptuando las parcelas que no recibieron estiércol bovino. Con respecto a la aplicación de fertilizante fosfatado, se realizó de forma manual con la ayuda de una matraca durante la siembra de poroto, cuya fuente fue Superfosfato triple (46%). Adicionalmente, todas las unidades experimentales recibieron fertilizante potásico después del raleo, en una dosis de 40 kg ha⁻¹, como fuente se utilizó cloruro de potasio (60%).

El control de malezas se llevó a cabo mediante carpidas realizadas a los 25, 40 y 60 después de la emergencia (DDE). Para el control de pulgones se utilizó un insecticida a base de Imidacloprid 33 g tanque⁻¹ (20 L de agua), aplicado con una pulverizadora de 20 litros.

La cosecha se realizó en forma manual aproximadamente a los 90 DDE, cuando las vainas se encontraban en estado seco. Las tareas incluyeron recolección en bolsa de arpillera, secado, trillado y eliminación de impurezas. Para las evaluaciones de las diferentes determinaciones se tomaron las 4 hileras centrales de cada unidad experimental, descartando 1 hilera en cada extremo y 0,50 m en la cabecera, obteniéndose un área útil (AU) de 6 m².

Longitud de vaina: se tomaron 10 vainas al azar por tratamiento y se procedió a medir su longitud utilizando una regla centimetrada. Los resultados fueron expresados en centímetros (cm).

Número de vainas por planta: fue efectuada al momento de la cosecha, se contabilizó el número de vainas de 10 plantas seleccionadas al azar dentro del AU de cada tratamiento.

Número de granos por vaina: se tomaron 10 vainas al azar del AU de cada tratamiento y luego se procedió a contabilizar los granos por vaina.

Rendimiento: se cosecharon todas las vainas del AU de cada UE, se trillaron y posterior pesaje utilizando una balanza digital; los valores se extrapolaron a una hectárea (ha) y se expresaron en kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA), y habiendo diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la comparación de medias mediante del test de Tukey al 5% de probabilidad. Para las dosis de P₂O₅ se realizó análisis de regresión, así también, se realizó un análisis económico empleando el indicador de rentabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Longitud de vaina

En la tabla 1 muestran las medias de longitud de vaina, indican que se observó diferencias significativas por efecto de la enmienda orgánica y dosis P₂O₅. Sin embargo, no se observa un efecto significativo de la interacción entre estos factores para esta variable.

Tabla 1. Valores medios de longitud de vaina por efectos de enmienda orgánica

Factor	Descripción	Longitud de vaina (cm)
Enmienda orgánica**	Con estiércol	14,58 a
	Sin estiércol	11,33 b
CV (%)		11,09
DMS		1,25
Media general		12,95

Medias seguidas por la misma letra son iguales entre sí estadísticamente por el test de Tukey al 5% de probabilidad; **: Diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

En la tabla 1 muestra la comparación de medias de longitud de vaina por efecto de la enmienda orgánica, mostrando que la mayor longitud de vaina se alcanzó mediante la aplicación de estiércol bovino, con un valor de 14,58 cm, en comparación de la parcela que no recibió el estiércol bovino, resultando una media de 11,33 cm. Los resultados obtenidos en el presente estudio, no está conforme con lo expresado por Apáez et al. (2016), quienes estudiaron la producción y calidad nutricional de vaina del poroto (*Vigna unguiculata* L.), en función al tipo de fertilización orgánica, no encontraron una diferencia significativa en la longitud de vaina por efecto de estiércol bovino.

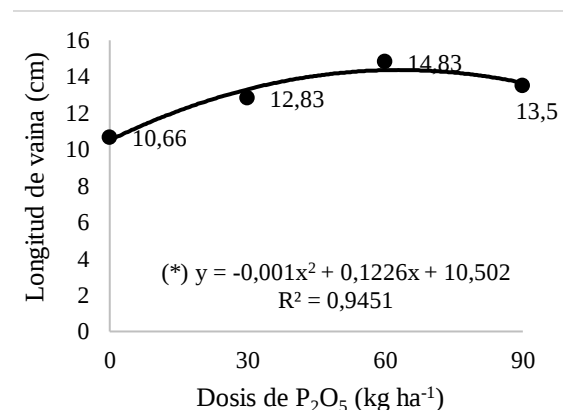


Figura 1. Análisis de regresión entre la longitud de vaina de poroto y dosis de P₂O₅.

Los resultados del análisis de regresión entre la dosis de P_2O_5 y la longitud de vaina de poroto se muestran en la Figura 1. La ecuación obtenida en la figura muestra un comportamiento cuadrático, con un coeficiente de determinación de R^2 : 0,94. De acuerdo a los resultados de la ecuación, llegó a alcanzar una longitud máxima de 14,26 centímetros con una dosis máxima estimada de 61,30 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Posteriormente, la longitud de vaina disminuye con el aumento de la cantidad de fertilizante fosfatado aplicado. El presente resultado concuerda con lo reportado por Huamán (2021) quienes observaron diferencias significativas en la variable de longitud de vaina, al evaluar la influencia del fósforo en el comportamiento agronómico del cultivo de poroto (*Vigna unguiculata* L. Walp), así también obtuvo un promedio general de 14,05 cm de longitud.

Número de vainas por planta

Los resultados obtenidos indican que existen diferencias significativas debido a la aplicación de la enmienda orgánica, en cambio, para la dosis de P_2O_5 , no se observó diferencia significativa en el número de vainas por planta. Así mismo, no se observa un efecto significativo de la interacción entre estos factores. En la Tabla 2, los resultados revelan que la mayor cantidad de vaina se obtuvo con la aplicación de estiércol bovino, con un valor de 19,16 de vainas. Por otro lado, la parcela que no recibió estiércol bovino registró una media de 15,75 vainas por planta.

Tabla 2. Valores medios de número de vainas por planta por efectos de enmienda orgánica y dosis de P_2O_5 .

Factor	Descripción	Nº de vainas por planta
Enmienda orgánica**	Con estiércol	19,16 a
	Sin estiércol	15,75 b
Dosis de P_2O_5 (kg ha ⁻¹) ^{NS}	60	18,83
	30	17,83
	90	17,00
	0	16,16
CV (%)		10,22
DMS Factor A		1,56
DMS Factor B		2,99
Media general		17,45

Medias seguidas por la misma letra son iguales entre sí estadísticamente por el test de Tukey al 5% de probabilidad. ^{NS}: Diferencia no significativa. **Diferencia significativa. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa

Los resultados encontrados en esta investigación fueron inferiores a lo encontrado por Huaman (2019) quien encontró un promedio general 20,10 vainas por planta, al investigar la influencia de fuentes de materia orgánica en la producción de poroto (*Vigna unguiculata* L.). Es posible que esta diferencia se deba a que el autor mencionado utilizó microorganismos como enriquecedores del cultivo, lo que podría haber contribuido a una mayor cantidad de vainas en comparación con nuestro estudio.

La aplicación de dosis de fósforo en el cultivo de poroto no contribuyó un aumento significativo en el número de vainas, lo cual concuerda con lo obtenido por De Souza et al. (2021), quienes investigaron el desempeño agronómico del cultivo de poroto sometidos a diferentes dosis de fósforo, no obtuvieron un resultado significativo en el número de vainas por planta.

Número de granos por vaina

En la tabla 3 se observan los datos obtenidos al analizar los factores (enmienda orgánica y dosis de P_2O_5) de la determinación de número de granos por vaina, los cuales presentaron diferencias significativas por el test de Fisher al 1%. Sin embargo, no presentaron diferencias significativas en la combinación entre estos factores.

Tabla 3. Valores medios de número de granos por vaina de poroto por efectos de enmienda orgánica

Factor	Descripción	Nº de granos por vaina
Enmienda orgánica**	Con estiércol	7,41 a
	Sin estiércol	5,91 b
CV (%)		13,04
DMS		0,76
Media general		6,66

Medias seguidas por la misma letra son iguales entre sí estadísticamente por el test de Tukey al 5% de probabilidad; **: Diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

La media de número de granos por vaina, se observa que la aplicación de estiércol bovino muestra un valor estadísticamente superior, con un promedio de 7,41 granos por vainas, seguido la parcela que no recibió el estiércol bovino, obteniendo una media de 5,91 granos. Este aumento en el número de granos por vainas, con la aplicación de estiércol de granja, podría deberse a la contribución de un fertilizante a la

mejora de la fertilidad del suelo y al desarrollo del cultivo. El resultado del presente experimento coincide con lo hallazgo de Wabela et al. (2024), quienes informaron que la aplicación de fertilizante orgánico ha resultado en un aumento del número de granos de habilla.

Los resultados del análisis de regresión entre la dosis de P_2O_5 y el número de granos por vaina de poroto se presentan en la Figura 2.

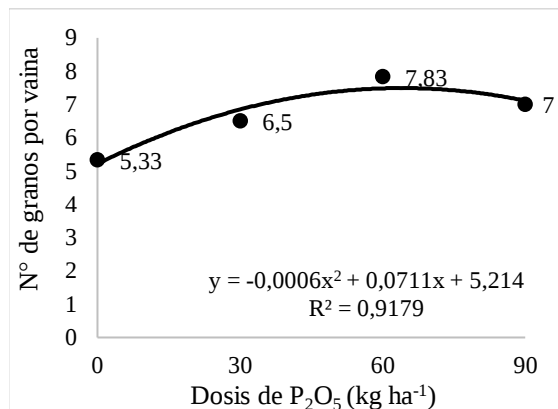


Figura 2. Análisis de regresión entre el número de granos por vaina de poroto y dosis de P_2O_5 .

La ecuación obtenida en la figura 2 muestra un comportamiento cuadrático, alcanzando un punto máximo de número de granos por vaina con un valor de 7,32 granos, con la dosis estimada de 59,25 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Posteriormente, el número de granos por vaina disminuye con el aumento de la cantidad de fertilizante fosfatado aplicado. Alemán et al. (2019) en su investigación sobre los componentes de rendimientos a la respuesta de dosis de cal agrícola y fósforo en poroto (*Vigna unguiculata* L. Walp.), obtuvieron una diferencia significativa por efecto de fósforo en la variable de número de granos por vaina, logrando una media de 10 granos, considerablemente superior a lo obtenido en este experimento. La disparidad en los resultados podría atribuirse a diferencias en la variedad de poroto utilizada, el tipo de suelo y las condiciones climáticas en los lugares donde se llevaron a cabo los estudios.

Rendimiento

En la Tabla 4 se observa los promedios de rendimiento de grano de poroto, de acuerdo con el análisis de varianza, demuestra que hubo diferencias significativas en el factor de enmienda orgánica y la aplicación de dosis de P_2O_5 . En la interacción de los factores en estudio indica que no hubo significancia a nivel estadístico.

Tabla 4. Valores medios de rendimiento de poroto por efectos de enmienda orgánica

Factor	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Enmienda orgánica**	Con estiércol	2229,16 a
	Sin estiércol	1977,08 b
CV (%)		6,14
DMS		113,08
Media general		2103,12

Medias seguidas por la misma letra son iguales entre sí estadísticamente por el test de Tukey al 5% de probabilidad; **: Diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

Considerando la media de los datos de rendimiento de poroto comparados mediante el test de Tukey (Tabla 4), se observa que la aplicación de estiércol bovino logró mayor rendimiento estadísticamente, con una media 2229,16 kg ha⁻¹, en comparación con el tratamiento sin aplicación de estiércol bovino. Este comportamiento no fue observado en la investigación de Antomarchi, et al. (2015), quienes no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la variable de rendimiento de poroto por efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agro-productiva del cultivo de poroto.

En la Figura 3 se presentan el análisis de regresión la dosis de P_2O_5 y el rendimiento de poroto. Se evidencia que, la ecuación se ajusta a un modelo cuadrático, nos indica se produjo aumentó de rendimiento hasta la dosis de 60 kg ha⁻¹ y luego va disminuyendo con el incremento de fertilizante fosfatado aplicado. De acuerdo a la ecuación obtenida, se produjo un rendimiento máximo de 2208,21 kg ha⁻¹ y la dosis máxima estimada fue de 63,30 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

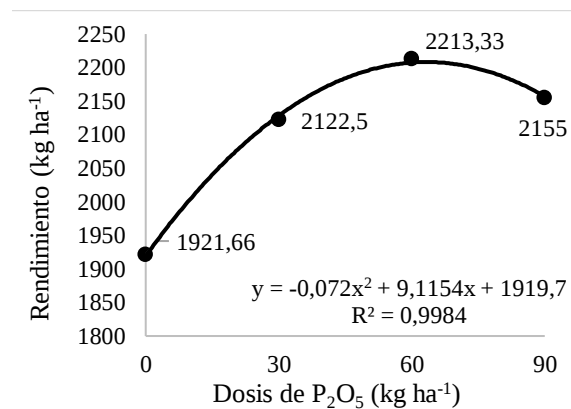


Figura 3. Análisis de regresión entre el rendimiento del cultivo de poroto y dosis de P_2O_5 .

Nieto et al., (2018) trabajando con fertilización de fósforo con sus diferentes dosis para el rendimiento del cultivo de poroto (*Vigna unguiculata* L.), precisaron que los resultados estadísticos fueron homogéneos, lo que indica que no influyó el efecto de dosis de fósforo. Esto contrasta con los resultados obtenidos en este estudio, donde se encontraron diferencias significativas entre las dosis de fósforo.

Tabla 5. Producción física (rendimiento) y económica de poroto en función a la enmienda orgánica y dosis creciente de fertilizante fosfatado.

Enmienda orgánica	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Producto (kg ha ⁻¹)	Aumento (kg ha ⁻¹)	Valor Producto en Gs. (a)	Costo de tratamientos en Gs. (b)	Lucro (a-b) Gs.
Sin EB	0	1.850	0	0	-	-
Sin EB	30	1.962	112	560.000	455.000	105.000
Sin EB	60	2.027	177	885.000	910.000	-25.000
Sin EB	90	2.070	220	1.100.000	1.365.000	-265.000
Con EB	0	1.993	143	715.000	1.600.000	-885.000
Con EB	30	2.283	433	2.165.000	2.055.000	110.000
Con EB	60	2.400	550	2.750.000	2.510.000	240.000
Con EB	90	2.240	390	1.950.000	2.965.000	-1.015.000

Costo del producto: 5.000 kg ha⁻¹. EB: Estiércol bovino.

En este estudio, se observa que el tratamiento que recibió estiércol bovino y una aplicación de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, obtuvo el mejor resultado con un lucro económico de 240.000 guaraníes, demostrando así un mejor rendimiento económico. Por otro lado, se verifica que los tratamientos T3, T4, T5 y T8 generaron resultados negativos de -25.000, -265.000, -885.000 y -1.015.000 guaraníes, respectivamente. Esto se debe a que la producción del cultivo de poroto fue muy baja y los costos de los tratamientos resultaron ser muy elevados en comparación con los ingresos generados. Seguidamente, se puede corroborar que el tratamiento que recibió estiércol bovino y una aplicación de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, viene a ser el segundo tratamiento conforme a la rentabilidad lograda.

CONCLUSIONES

La aplicación de los tratamientos evaluados influyó positivamente en el desempeño agronómico del cultivo de poroto. La aplicación de estiércol bovino mejoró significativamente la longitud de vaina, el número de vainas por planta, la cantidad de granos por vaina y el rendimiento de grano. En cuanto a la fertilización fosfatada, la dosis de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ incrementó de manera significativa la longitud de vaina, el número de granos por vaina y el rendimiento.

Análisis económico (Rentabilidad)

En la tabla 5 se presenta el análisis de rentabilidad lograda con los diferentes tratamientos. El análisis de rentabilidad resulta uno de los indicadores que demuestra en forma más precisa los resultados económicos, ya que se obtiene mediante la utilidad generada por la unidad de área evaluada del cultivo (1 ha).

Desde el punto de vista económico, la combinación de estiércol bovino con 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ presentó la mayor rentabilidad, constituyéndose en la alternativa más eficiente para la producción de poroto. Estos resultados ofrecen una opción práctica y de alto potencial para mejorar la productividad y el retorno económico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, I. C., Doria, J. C., Combatt, E. C., & Pardo, Y. P. (2019). Componentes de rendimientos a la respuesta de dosis de cal agrícola y fósforo en frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en suelo ácido de Córdoba, Colombia. *Temas Agrarios*, 24(3), 1–68.
- Antomarchi, A. B., Fabre, B., & Hernández, Y. M. (2015). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agroproductiva del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.). *Centro Agrícola*, 42(2), 11–16. <https://oaji.net/pdf.html?n=2016/2674-1454357625.pdf>
- Apáez Barrios, P., Escalante Estrada, J. A. S., Sosa Montes, E., Apáez Barrios, M., Rodríguez González, M. T., & Raya Montaña, Y. A. (2016). Producción y calidad nutrimental de vaina del frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., en función de arreglo topológico y tipo de

- fertilización. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(2), 31–42. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652016000200003&script=sci_artext
- Aryal, A., Devkota, A. K., Aryal, K., & Mahato, M. (2021). Effect of different levels of phosphorus on growth and yield of cowpea varieties in Dang, Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 4(1), 62–78.
- De Souza, T. G., de Souza, N. B., Francelino, F. M. A., Manhães, C. M. C., da Silva, M. P. S., & Coelho, F. C. (2021). Desempenho agrônomo de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) submetidos a diferentes doses de fósforo em Pedro Afonso–TO. *Open Science Research III*, 107–115. <https://doi.org/10.37885/220308457>
- Dirección de Meteorología e Hidrología. (2023). *Datos de los parámetros meteorológicos*, Paraguay. <https://www.meteorologia.gov.py/>
- Huamán, E. (2019). *Influencia de dos fuentes de materia orgánica enriquecidas con microorganismos eficientes (EM) en la producción del cultivo de frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.) en un Inceptisol de Pucallpa* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Ucayali, Perú). Repositorio Institucional UNU. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/4201>
- Huamán, H. E. (2021). *Influencia del nitrógeno y fósforo en el comportamiento agronómico del frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) en Cieneguillo Centro-Sullana, 2019* (Tesis de grado, Universidad San Pedro). Repositorio Institucional USANPEDRO. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20090>
- Instituto Nacional de Estadística del Paraguay. (2022). *Datos de producción agropecuaria*. <https://www.ine.gov.py/>
- Iqbal, A., Ali, I., Yuan, P., Khan, R., Liang, H., Wei, S., & Jiang, L. (2022). Combined application of manure and chemical fertilizers alters soil environmental variables and improves soil fungal community composition and rice grain yield. *Frontiers in Microbiology*, 13, 856355. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.856355>
- Li, T., Zhang, Y., Bei, S., Li, X., Reinsch, S., Zhang, H., & Zhang, J. (2020). Contrasting impacts of manure and inorganic fertilizer applications for nine years on soil organic carbon and its labile fractions in bulk soil and soil aggregates. *Catena*, 194, 104739. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104739>
- López, O. E., González, E., De Llamas, P. A., Molinas, A. S., Franco, E. S., García, S., & Ríos, E. (1995). *Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay*. Ministerio de Agricultura y Ganadería/Banco Mundial. <https://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>
- Miquilena, E., & Moros, A. H. (2012). Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3), 730–740.
- Nieto, D. D. C., Rosales, L. A. A., Montesinos, F. E., Maldonado, J. D. C. R., Aguirre, J. J. M., & Montesinos, E. A. E. (2018). Fertilización foliar de fósforo con diferentes dosis para el rendimiento del cultivo de frijol castilla (*Vigna unguiculata* L.) en la provincia de Barranca. *Aporte Santiaguino*, 11(2), 335. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n2.586>
- Sudharani, Y., Mohapatra, P. P., Pattanaik, M., Hans, H., & Maitra, S. (2020). Effect of phosphorus on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.): A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9, 425–427. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i4e.11721>
- Timko, M. P., & Singh, B. (2008). Cowpea, a multifunctional legume. En P. H. Moore & R. Ming (Eds.), *Genomics of tropical crop plants* (pp. 227–258). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2_10

Wabela, R., Abera, G., Lemma, B., & Gobena, A. (2024). Effects of integrated fertilizer application on selected soil properties and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on different soil types. *Heliyon*, 10(19).