

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Efecto de diferentes niveles de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento y rendimiento de la línea de frijol “SEF 70”

Estudiantes

Jorge Leoncio Quimí Herrera

Isaac Gustavo Blacio Ríos

Asesores

Ricardo Alexander Peña, Ph.D.

Raphael Wesly Colbert, Ph.D.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO RODRIGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Localización del Experimento	13
Diseño y Establecimiento del Experimento	13
Muestreo del Lote.....	16
Plan de Fertilización	17
Siembra y Manejo	17
Riego	17
Prácticas Culturales.....	17
Manejo Fitosanitario y Control de Plagas.....	17
Material Vegetal.....	18
Variables Medidas.....	18
Variables de Crecimiento.....	18
Variables de Rendimiento.....	18
Rendimiento.....	18
Índice de Cosecha	19
Absorción de Nutrientes	19
Análisis Estadístico	22
Resultados y Discusión.....	23
Efecto de la Dosis de Fertilización sobre el Crecimiento del Cultivo	23

Efecto de la Dosis de Fertilización sobre el Rendimiento del Cultivo	24
Absorción de Nutrientes	26
Efecto de la Dosis Aplicada sobre el Rendimiento.....	27
Relación entre el Número de Vainas por Planta y el Rendimiento Bajo Diferentes Dosis de Nitrógeno	29
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	32
Referencias.....	33
Anexos.....	36

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del sitio experimental.....	13
Figura 2 Distribución de tratamientos y repeticiones en campo.....	15
Figura 3 Esquema del establecimiento del proyecto en el lote N ^o 24 de Zona 2 donde se realizó el experimento determinación de una tasa de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) de la variedad “SEF 70”.	16
Figura 4 Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en los días a floración y días a madurez fisiológica en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70), (a) Dosis de N y días a floración, (b) Dosis de P y días a floración, (c) Dosis de K y días a floración, (d) Dosis de N y días a madurez fisiológica, (e) Dosis de P y días a madurez fisiológica , (f) Dosis de K y días a madurez fisiológica.....	24
Figura 5 Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el peso de cien semillas, número de semillas por vaina y número de vainas por planta en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70), (a) Dosis de N y peso de cien semillas, (b) Dosis de P y peso de cien semillas, (c) Dosis de K y peso de cien semillas, (d) Dosis de N y número de semillas por vaina, (e) Dosis P y número de semillas por vaina, (f) Dosis de K y número de semillas por vaina, (g) Dosis de N y número de vainas por planta, (h) Dosis de P y número de vainas por planta, (i) Dosis de K y número de vainas por planta.	26
Figura 6 Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en la absorción de nutrientes en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70), (a) Dosis de N y absorción de nutrientes, (b) Dosis de P y absorción de nutrientes, (c) Dosis de K y absorción de nutrientes.	27
Figura 7 Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el rendimiento e índice de cosecha en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70), (a) Dosis de N y rendimiento, (b) Dosis de P y rendimiento, (c) Dosis de K y rendimiento , (d) Dosis de N e índice de cosecha, (e) Dosis de P e índice de cosecha, (f) Dosis de K e índice de cosecha.	28
Figura 8 Correlación entre el número de vainas por planta y el rendimiento en las dosis de nitrógeno.	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos.....	14
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Análisis de suelos del lote 24 de Zona 2, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	36
Anexo B Requerimientos nutricionales por hectárea del cultivo de frijol.	37
Anexo C Calendarización de fertilización	38
Anexo D Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en los días a floración y días a madurez fisiológica en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70).	39
Anexo E Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de cien semillas en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70). .	40
Anexo F Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en la absorción de nutrientes en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70).....	41
Anexo G Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el índice de cosecha y rendimiento en el cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> var SEF 70).....	42

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes en Centroamérica por lo que es importante establecer recomendaciones de fertilización basadas en análisis de suelo tomando en cuenta la región, tipo de suelo y variedad de frijol cultivada. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización con N, P, K, en el crecimiento y rendimiento de la línea de frijol "SEF 70". Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial de 3 nutrientes × 4 niveles de fertilización (NPK y 0%, 50%, 100%, 150%, respectivamente), compuesto de 3 repeticiones, lo cual constó de un total de 36 unidades experimentales. Se observó que las fertilizaciones del P y K no presentaron diferencia significativa en las variables de crecimiento y rendimiento de la planta, cuando se consideró un $p < 0.05$, a pesar de ello se observó diferencia significativa en el índice de cosecha de las dosis de K. Además, se evidenció un efecto de las dosis de N en el número de vainas por planta. También, se presentaron relaciones fuertemente positivas en las variables de número de vainas por planta y rendimiento, evidenciando que, a mayor número de vainas por planta, mayor será el rendimiento en el cultivo.

Palabras claves: Absorción de nutrientes, dosis NPK, índice de cosecha, *Phaseolus vulgaris*, rendimiento.

Abstract

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are one of the most important legumes in Central America, thus it is important to establish fertilization recommendations based on soil analysis, considering the region, soil type, and bean variety grown. The objective of this study was to evaluate the effect of different levels of fertilization with N, P, and K on the growth and productivity of the bean line "SEF 70". A randomized complete block design (BCA) with a factorial arrangement of 3 nutrients × 4 fertilization levels (NPK and 0%, 50%, 100%, and 150%, respectively), with 3 replications, was used, which consisted of a total of 36 experimental units. It was observed that P and K fertilizations did not present a significant difference in plant growth and yield when a $p < 0.05$ value was considered, while a significant difference was observed in the harvest index of K doses at. In addition, an effect of the N doses on the number of pods per plant was observed. There were also strong positive relationships between the number of pods per plant and yield, indicating that the higher the number of pods per plant, the higher the crop yield.

Key words: Harvest index, NPK doses, nutrient absorption, *Phaseolus vulgaris*, yield.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa de gran importancia para las zonas rurales y urbanas de Centroamérica por ser una de las principales fuentes de proteína y calorías (Rosas 2011). En Honduras es el segundo alimento de mayor importancia después del maíz, tanto en área sembrada como en consumo per cápita. A nivel nacional se realizan las siembras variando el área, los niveles de rendimiento y las metodologías de gestión agrícola, los cuales presentan variaciones de una región a otra (Escoto 2004).

La fertilidad del suelo es un factor determinante en el rendimiento agrícola. Un suelo fértil proporciona las condiciones ideales para el crecimiento de las plantas, brindando una mayor capacidad para resistir enfermedades, estrés y condiciones adversas. Además, la fertilidad del suelo contribuye a la conservación de los recursos naturales, como el agua y los nutrientes, y promueve la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas (Vistoso y Martínez 2022). Para Cabalceta y Molina (2006), todas las plantas requieren de elementos nutritivos para completar su desarrollo normal, los cuales, en su mayoría deben ser aportados por el suelo. Los suelos fértiles contienen una amplia gama de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y varios micronutrientes. Para ser tomados por las plantas, estos nutrientes deben encontrarse en formas disponibles para las plantas, lo que permite una absorción eficiente y un crecimiento óptimo (Mengel y Kirkby 2000). Además, los suelos fértiles tienen una estructura bien desarrollada, con una adecuada porosidad y capacidad de retención de agua, lo que permite un buen drenaje y una distribución equilibrada de aire y agua en la zona radicular de las plantas. El N, P y K son comúnmente los nutrientes requeridos por la planta en mayor cantidad y representan alrededor del 80 a 90% de los problemas nutricionales de los sistemas de producción a nivel global, apareciendo con menos frecuencia las deficiencias de los otros nutrientes (Villaroel y Bortolameolli 2000).

El análisis de suelos es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. En los análisis de suelos para cultivos, se utilizan soluciones extractoras para extraer los nutrientes presentes en el suelo y determinar su disponibilidad para las plantas. Estas soluciones están diseñadas para simular las condiciones de absorción de las raíces de las plantas y proporcionar una estimación precisa de los nutrientes disponibles en el suelo (Cabalceta y Molina 2006). El análisis químico de suelo es una herramienta que permite la estimación del estado actual de la fertilidad de los suelos, por lo cual se requiere que el mismo presente la mayor correlación posible entre el rendimiento de las plantas y la cantidad de nutrientes extraídos o reportados en el análisis de suelos (Roldan [sin fecha]).

La interpretación de los resultados de los análisis de suelos es compleja, a pesar de que, en principio, consiste en correlacionar los resultados analíticos y las necesidades de los cultivos. La principal dificultad radica en que el contenido de nutrientes de los suelos no es el único factor del que depende el rendimiento y la calidad de la cosecha (Andrades y Martínez 2022). Antes de decidir si es necesario aplicar un fertilizante y cuánto aplicar, en caso de que sea necesario, es preciso demostrar que el suelo no es capaz de proporcionar un determinado nutriente en cantidad suficiente para alcanzar un rendimiento cercano al máximo posible en un sistema agrícola dado (Villaroel y Bortolameolli 2000).

El fertilizante tiene como función principal proporcionar elementos que nutran al cultivo, al mismo tiempo que aumentan el rendimiento de este, bien sea porque no se encuentran presentes en el suelo o por que se han agotado con el tiempo. Junto al aporte de nutrientes y la mejora en rendimiento, el fertilizante tiene la capacidad de aumentar la calidad de las cosechas (Navarro G y Navarro S 2014).

Los requerimientos nutricionales de los cultivos son cantidades de nutrientes esenciales que varían de acuerdo con el genotipo de la planta y que están determinados por unas condiciones ambientales específicas; es la cantidad necesaria de nutrientes que requieren las plantas para

completar en forma regular su ciclo vegetativo y reproductivo. El tipo de suelo, origen, formación, textura, contenido de materia orgánica y disponibilidad de agua, son aspectos que afectan la disponibilidad de nutrientes para la planta (Ramos et al. 1995).

El frijol es un cultivo que, comúnmente, requiere bajas cantidades de nutrientes para cumplir con su ciclo productivo; en parte porque tiene la capacidad de fijar N atmosférico a través de bacterias simbióticas que forman nódulos en las raíces (FAO 2018). Sin embargo, es importante tener en cuenta que las recomendaciones específicas de fertilización deben ser basadas en el análisis de suelos, dado que pueden variar según la región, el tipo de suelo y la variedad de frijol cultivada (Ramírez 2014). La fertilización del cultivo de frijol está basada en una aplicación de los macronutrientes N, P y K; aunque es ideal proveer algunos micronutrientes como Boro y Zinc, particularmente en suelos tropicales donde su deficiencia es más común.

La línea de frijol común SEF70 es biofortificada, resistente al virus del mosaico común (VCMF) y mosaico dorado amarillo (BGMV), tolerante a sequía y al calor, de maduración precoz y buena calidad de grano; SEF70 fue desarrollada por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y PIF (Proyecto de Investigación de frijol) con el nombre varietal Rojo Fortificado (Escobar 2016). Sin embargo, no se conocen sus requerimientos nutricionales específicos, por lo que su fertilización está basada en formulas propuestas por técnicos o casas comerciales. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fertilización con N, P, K, en el crecimiento y rendimiento de la línea de frijol "SEF 70", en suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Materiales y Métodos

Localización del Experimento

El trabajo de investigación se realizó en el lote 24 de Zona 2 que pertenece a la Unidad de investigación y Desarrollo de Cultivos (UIDC) ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras (Figura 1). La ubicación tiene una temperatura media anual de 26°C, una precipitación media anual de 1100 mm y una altitud de 800 msnm.

Figura 1

Ubicación geográfica del sitio experimental Zona 2, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.



Nota. Elaboración propia. Figura en color rojo indica el lote experimental

Por medio de un análisis de suelos se observó que el suelo del lote donde se llevó a cabo el experimento presentó niveles bajos de N total (0.08 mg/kg) y altos niveles de P (129 mg/kg) y K (453mg/kg) (Anexo A).

Diseño y Establecimiento del Experimento

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial de 3×4 , el primer factor fue el nutriente y en él fueron considerados el N, P y K y el segundo factor fue la dosis de fertilización, donde se consideró 0%, 50%, 100% y 150% de la dosis requerida, de acuerdo con el análisis de suelo (Cuadro 1 y Anexo A). Es decir, que cada uno de los macronutrientes fue evaluado a diferentes dosis con el fin de identificar la tasa de fertilización más adecuada para la variedad evaluada (Anexo B).

Cuadro 1

*Descripción de los tratamientos para determinación de una tasa de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la línea "SEF 70". Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.*

No. Tratamiento	Nutriente	Porcentaje de la dosis de fertilización
1	Nitrógeno	0%
2		50%
3		100%
4		150%
5	Fósforo	0%
6		50%
7		100%
8		150%
9	Potasio	0%
10		50%
11		100%
12		150%

El diseño contó con 3 bloques, los cuales representaron la misma cantidad de repeticiones. El experimento tuvo un total de 12 tratamientos con 3 repeticiones cada uno y un total de 36 unidades experimentales (Figura 2). Cada unidad experimental estuvo compuesta por 4 surcos de 5 metros de largo y un total de 200 plantas. Se sembraron semillas de la variedad "Amadeus 77" alrededor de todo el experimento para evitar el efecto borde (Figura 3).

Figura 2

*Distribución de tratamientos (T) y repeticiones (R) en campo del experimento en el lote N^o 24 de Zona 2, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, donde se realizó la determinación de una tasa de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la línea "SEF 70". Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.*

T8R1	T1R1	T11R1
T2R1	T5R1	T7R1
T6R1	T4R1	T12R1
T9R1	T3R1	T10R1

T12R2	T8R2	T5R2
T9R2	T11R2	T3R2
T6R2	T2R2	T7R2
T4R2	T10R2	T1R2

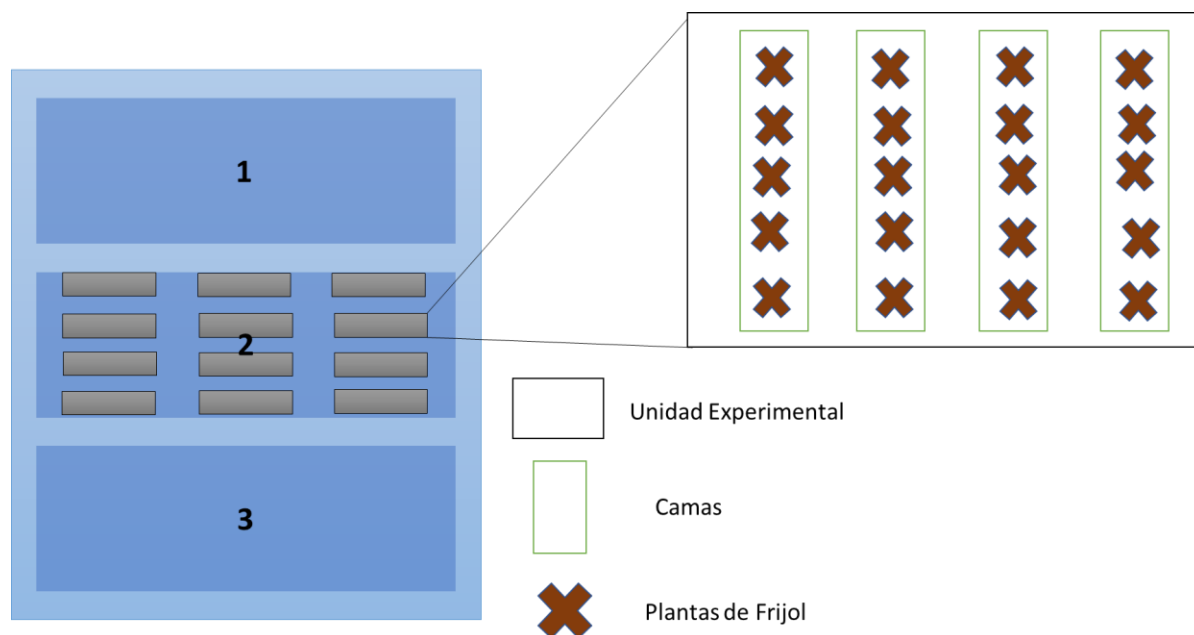
T9R3	T5R3	T6R3
T2R3	T8R3	T4R3
T12R3	T10R3	T7R3
T11R3	T1R3	T3R3

Figura 3

Esquema del establecimiento del experimento en el lote N° 24 de Zona 2, Escuela Agrícola

*Panamericana, Honduras, donde se realizó la determinación de una tasa de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la línea "SEF 70".*

Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.



Nota. Elaboración propia

Muestreo del Lote

Para el desarrollo del experimento, se realizó un reconocimiento del lote No. 24 de la Zona 2, la cual correspondió a la unidad de muestreo, en la que se garantizó la mayor homogeneidad posible. La toma de muestras se realizó con suficiente anticipación al establecimiento del experimento, con la finalidad de obtener suficiente tiempo para que el laboratorio realizará los respectivos análisis, y así contar con los resultados para obtener las dosis de fertilización. La muestra fue tomada a 20 cm de profundidad, a través de una muestra compuesta conseguida en función de 15 submuestras tomadas en zigzag por todo el terreno.

Plan de Fertilización

Para el plan de fertilización se utilizó la recomendación proporcionada por el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (Anexo C).

Siembra y Manejo

Las semillas de frijol de la línea SEF70 fueron proporcionadas por la Unidad de investigación y Desarrollo de Cultivos (UIDC). En cada unidad experimental se realizó 4 camas de 5 metros de largo y un distanciamiento entre camas de 0.80 metros, la siembra se realizó con un distanciamiento entre plantas de 10 cm, en la cual se obtuvo 50 plantas por cama dando como resultado una cantidad de 200 plantas por unidad experimental, para lo cual se consiguió 7200 plantas distribuidas en las 36 unidades experimentales del proyecto.

Riego

Se realizó la instalación de un sistema de riego presurizado y localizado por goteo en el lote, este consistió en ubicar una cinta de riego en la mitad de cada cama. Se realizaron riegos de 2 horas y 30 minutos 3 veces por semana desde la siembra hasta que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica.

Prácticas Culturales

Previo a la siembra se trabajó el lote con maquinaria agrícola para reducir los agregados y eliminar las malezas presentes en el terreno; de igual manera, se realizó un levantamiento de camas de forma manual con azadón. Además, se realizó la práctica de desmalezado de forma semanal para evitar competencia con el cultivo y eliminar posibles hospederos de plagas y enfermedades.

Manejo Fitosanitario y Control de Plagas

Para el control de plagas se utilizó una combinación de control químico y control biológico, ambos utilizados para controlar trips (*Thripidae spp*); como control químico se utilizó un insecticida a base de fipronilo; por otro lado, para el control biológico se utilizó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y el ácaro depredador *Amblyseius cucumeris*. Cada método de control fue aplicado una vez desde la floración hasta la presencia de vainas.

Material Vegetal

En este experimento se utilizó la línea de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) SEF 70; la cual es una línea biofortificada resistente al virus del mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV), tolerante a sequía y al calor, de maduración precoz y de buena calidad de grano (CIAT 2014).

Variables Medidas

Variables de Crecimiento

Se midieron días a floración y madurez fisiológica, los días a floración fueron observados desde el día de la siembra hasta que el 50-80% de cada unidad experimental presentó flores abiertas; para la variable días a madurez fisiológica se identificó desde la siembra hasta que cada unidad experimental presentó un cambio del color de vaina de verde a un tono amarillo claro o beige en el 50-80% de las plantas.

Variables de Rendimiento

Se midió el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de cien semillas, el número de vainas por planta se evaluó de la cosecha en las camas centrales de cada unidad experimental, en el cual se tomó 20 plantas por cada cama para determinar el número de vainas por cada planta cosechada. El número de semillas por vaina se evaluó igual que la variable antes mencionada, a diferencia que se tomó 40 vainas por unidad experimental; una vaina del centro de cada planta para realizar la cuantificación del número de semillas. Para la variable peso de cien semillas se pesó cien semillas de cada unidad experimental, posterior al pesaje se tomó el porcentaje de humedad de las semillas de cada unidad experimental, luego se realizó un cálculo para ajustar el peso de las semillas al 14% de humedad.

Rendimiento

Se evaluó a la cosecha en las camas centrales, tomando 20 plantas por cama y utilizando la siguiente ecuación [1]:

$$\left\{ \frac{[(10000 \times psc \text{ al } 14\% \text{ de humedad}) / ac]}{1000} \right\} \quad [1]$$

Donde:

10000 m² = 1 ha

psc = peso (g) de semillas cosechadas

ac = área cosechada

1000 g = 1 kg

Índice de Cosecha

En cada unidad experimental se cosecho 40 plantas de las camas centrales, en la cuales se tomó 20 plantas por cada cama para conocer la eficiencia de la cosecha del cultivo. Esta se calculó de la siguiente manera usando la ecuación [2]:

$$\frac{Pts}{Ptp} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

Pts= peso total de semillas

Ptp= peso total de plantas

100%= porcentaje

Absorción de Nutrientes

Se evaluó realizando un análisis de laboratorio al tejido vegetal de la siguiente manera:

Preparación de Muestras.

Selección de Plantas. Se selecciono 10 plantas por unidad experimental, 5 por cada cama.

Preparación de Plantas. Se cortó las raíces de las plantas a muestrear.

Secado. Se colocaron las plantas seleccionadas en un horno a una temperatura de 60-70°C durante tres días.

Pesado de Plantas. Se pesó las 10 plantas de cada unidad experimental para obtener la masa.

Peso Unitario de Plantas. Se calculó el promedio de las 10 plantas secadas para conocer la masa de cada planta.

Molienda. Se obtuvo un polvo fino mediante la molienda, el cual se preservó en bolsas de muestreo para posteriormente realizar el respectivo pesaje.

Digestión para N. Pesar las muestras y estándares registrando cada muestra en LSZ-MT-F11 Bitácora de pesos. Si se pesa ≥ 1 g, con precisión de 0.0001 g, no pesar más de 1.2 g. Para muestras con N 0.48-4%, pesar aproximadamente 1.0 g de muestra. Para un contenido de N con 4-8%, pesar aproximadamente 0.5 g de muestra. Si el N > 8% pesar aproximadamente 0.3 g de muestra.

Si la muestra es foliar, pesar 1 de gramo sobre un papel tarado, doblando el papel alrededor de la muestra y colocar dentro de un tubo de Kjeldahl.

Incluir un blanco en cada lote que contenga el papel de pesar doblado.

Agregar 2 tabletas de catalizador (Kjeltabs Cu 3.5 o 7 g K_2SO_4 + 0.8 g $CuSO_4$) y 12 mL de ácido sulfúrico a cada tubo, usando un dispensador. Dejar las muestras en la campana de gases.

Encender el digestor y calentar a 420 °C.

Colocar los tubos en el bloque del digestor y encender el sistema de agua de vacío. Después de 10 minutos, cerrar parcialmente el sistema de agua de vacío dejando que los gases sean captados. Digestar por unos 60 minutos.

Apagar el digestor, remover el rack de tubos y dejar enfriar por unos 20 minutos con la campana de gases encendida.

Digestión para P y K. Pesar 0.5 gramos de muestra foliar en un papel encerado con 0.0001 gramos de precisión.

Trasvasar la muestra al matraz de digestión de Kjendahl y llevar a la campana de gases.

Agregar 3 mL de ácido sulfúrico.

Colocar en el digestor a temperatura baja, esperar a que se forme nube de vapor y agregar cuidadosamente un chorro pequeño de peróxido de hidrogeno. Colocar de nuevo en el digestor aumentando la temperatura alrededor de 350 °C.

Digestar hasta que se forme una nube de vapores espesa, bajar del digestor y esperar a que se disipe esta nube y luego cuidadosamente agregar unas gotas de peróxido de hidrógeno. Colocar de nuevo en el digestor.

Repetir el paso anterior hasta que se observe la muestra completamente digerida Esto se notará al ver la muestra color transparente o ligeramente coloreada.

Bajar la temperatura del digestor y dejar hasta que se detenga completamente la reacción y la ebullición.

Bajar del digestor, dejar enfriar y agregar un chorro de agua destilada.

Transferir las muestras de foliares a un matraz de 50 mL usando un embudo.

Aforar y filtrar.

Hacer 1 o 2 blancos por lote

Destilación de N. Colocar el tubo en la unidad de destilación y agregar automáticamente 50 mL de NaOH 40%. Ajustar el tubo con el digerido a la unidad de destilación y ajustar para que se agreguen 80 ml de agua automáticamente como volumen de dilución.

Agregar 30 mL de solución de ácido bórico con indicador en el Erlenmeyer de 500 mL.

Colocar el Erlenmeyer en el destilador sumergiendo el tubo de destilación en el líquido.

Destilar hasta obtener unos 150 mL de líquido en el Erlenmeyer, es decir por 5 minutos automáticamente.

Permitir que la reacción pare o usar el modo SAFE (Steam Addition for Equilibration), para prevenir una reacción violenta.

Titular el contenido del Erlenmeyer con el ácido clorhídrico 0.1000 a viraje violeta (justo antes del cambio a rosa). Registrar el volumen gastado en LSZ-MT-F14 Lecturas en Determinación de Nitrógeno.

Al final lavar el destilador y el exhaustor.

Dilución para P. Tomar 0.5 ml de la muestra con la pipeteadora automática, adicionar 19.5 ml de agua destilada. Tapar con parafina y agitar. Para determinar el porcentaje de P extraído se determinó según los procedimientos LSZ-MT-P08 Determinación de Fósforo por Espectrofotometría.

Dilución para K. Tomar 0,5 ml con la pipeteadora automática del extracto y agregar 19.5 ml de solución lantano al 1%. Tapar con papel parafina y agitar (Escuela Agrícola Panamericana Zamorano 2022).

Resultados. Con las concentraciones de nutrientes obtenidas se realizaron los cálculos necesarios para expresar los resultados en gramos de la siguiente manera en la ecuación [3]:

$$Gap = \frac{Pp \times \% \text{absorción}}{100\%} \quad [3]$$

Donde:

Gap= Gramos absorbidos por planta

Pp= Peso de planta

Análisis Estadístico

Se realizó por medio del software estadístico Infostat en la versión 2020. Los supuestos de normalidad y homocedasticidad fueron evaluados a través de la prueba de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente. Luego de confirmar que los datos cumplieron con las pruebas, se realizó un análisis de varianza con separación de medias de Duncan en el que se usó un nivel de significancia $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.1$ para la variable índice de cosecha. Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson para las variables.

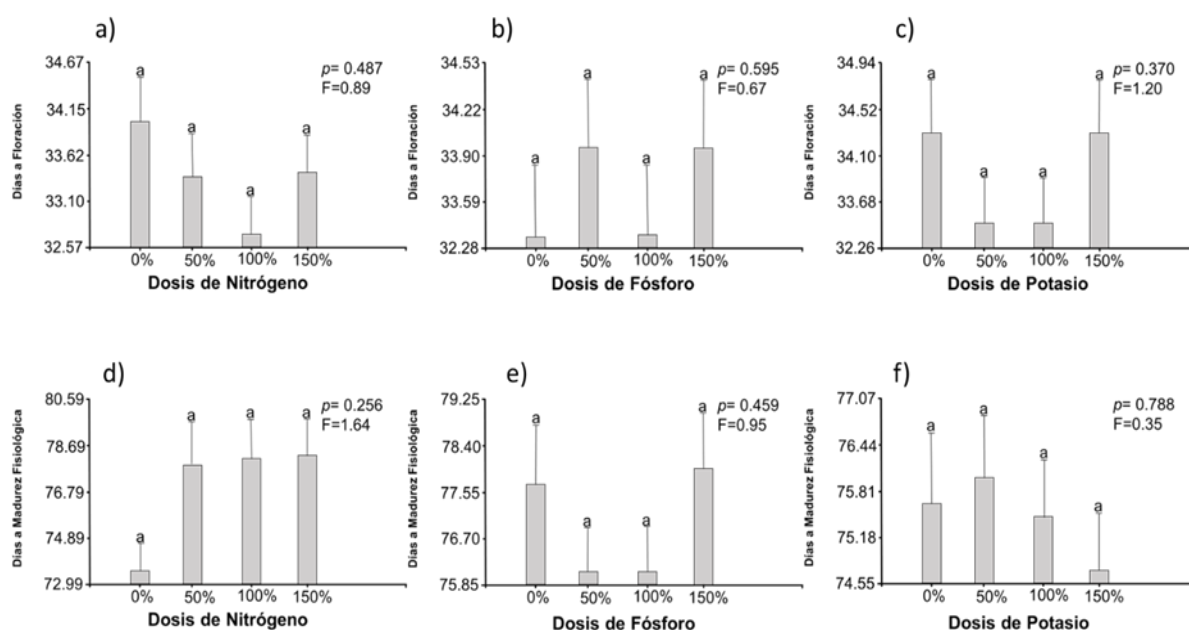
Resultados y Discusión

Efecto de la Dosis de Fertilización sobre el Crecimiento del Cultivo

El análisis estadístico demostró que, que en ninguno de los nutrientes evaluados (N, P, K), la dosis de fertilización tuvo un efecto significativo sobre los días a floración y días a madurez fisiológica (Figura 4), lo cual concuerda con lo reportado por Escalante J et al. (2021) quienes mencionan en su estudio que bajo distintas dosis de fertilización nitrogenada no se observó efecto en las fases vegetativas de la planta; por otra parte, Akhtar y Anwar (2023) demostraron que a medida que aumentan las dosis de fertilización con P los días a floración se reducen, lo cual difiere con los resultados del presente estudio. Así mismo, para los días a madurez fisiológica, Asfaw y Tamado (2022), resaltan que con el aumento de los niveles de P puede existir una reducción en los días a madurez fisiológica. Para las dosis de K, Mosquera (2004), demostró en su experimento que bajo distintas dosis de fertilización los días a floración no se ven afectados. Respecto a los días a madurez fisiológica, Abebe et al. (2014), en su estudio mencionan que mientras aumenta la cantidad de K aportada al cultivo este reduce el tiempo para alcanzar la madurez fisiológica, contrastando con los resultados obtenidos en este estudio.

Figura 4

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en los días a floración y días a madurez fisiológica en la línea de frijol SEF 70, (a) Dosis de N y días a floración, (b) Dosis de P y días a floración, (c) Dosis de K y días a floración, (d) Dosis de N y días a madurez fisiológica, (e) Dosis de P y días a madurez fisiológica, (f) Dosis de K y días a madurez fisiológica. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Efecto de la Dosis de Fertilización sobre el Rendimiento del Cultivo

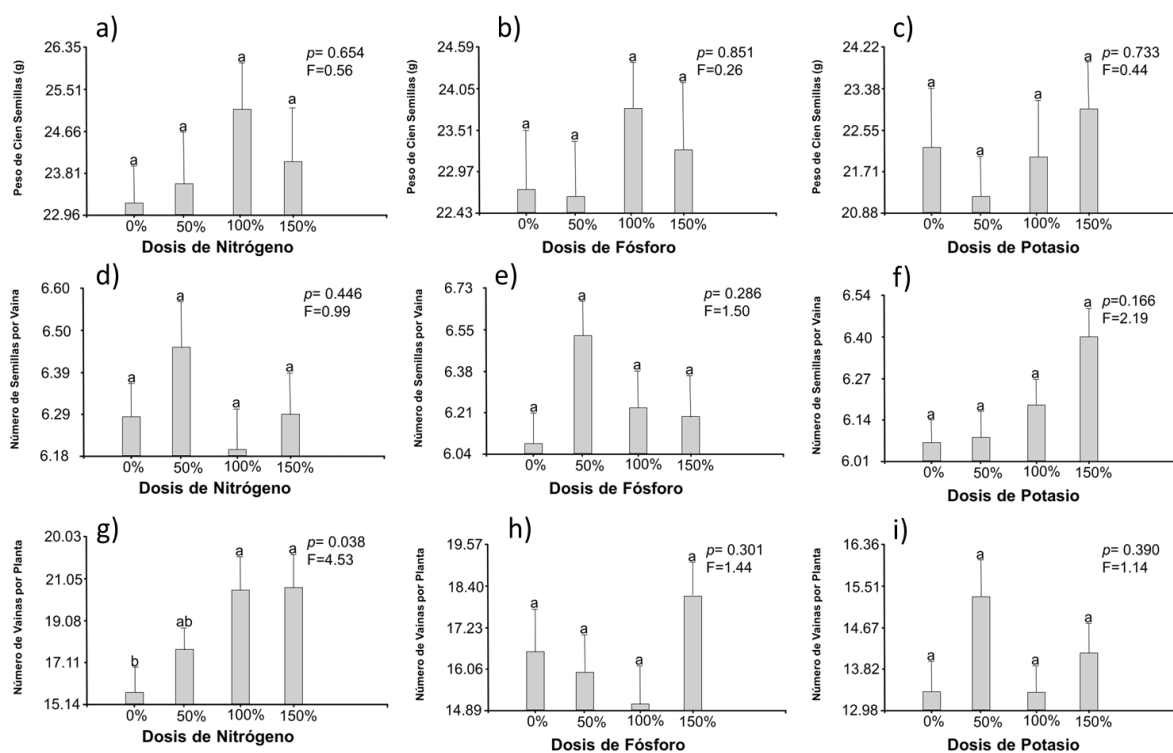
Los resultados mostraron que, en las variables peso de cien semillas y número de semillas por vaina, las plantas no presentaron diferencias significativas a ninguna de las dosis de fertilización y en ninguno de los nutrientes evaluados (Figura 5), lo cual concuerda con lo mencionado por Rojas et al. (2023), quienes tampoco encontraron diferencia significativa en el peso de cien semillas bajo diferente dosis de fertilización nitrogenada. Sin embargo, el efecto de las dosis de P sobre el peso de cien semillas difiere con lo encontrado por Adeoti et al. (2018), quienes encontraron un aumento significativo en el peso de cien semillas con el aumento de la tasa de fertilización fosfórica; así mismo, en el estudio realizado por Kwizera Chantal et al. (2019), se encontró resultados distintos a los obtenidos en este experimento, demostrando que la fertilización de K aumenta el peso de las semillas

cuando utilizaron una dosificación de 200 ppm. Los resultados obtenidos en el número de semillas por vaina difieren con lo obtenido por Escalante J et al. (2021), quienes presentaron una mayor cantidad de semillas por vaina en las plantas que se fertilizaron con N en comparación con aquellas no fertilizadas. De igual manera, Chen et al. (2019), mencionan en su estudio que la aplicación de P genera un incremento en el número de semillas. En las dosis de K, los resultados de este estudio difieren con los obtenidos por Manrique y Gamarra (2021) quienes reportan un aumento en el número de semillas en las plantas a las que se les suministró la mayor cantidad de K.

El análisis estadístico demostró que no se encontró un efecto de la dosis de fertilización con P y K sobre el número de vainas por planta (Figura 5), lo cual, concuerda con lo mencionado por Tuesta (2003), quien demostró que variaciones en los niveles de P y K no afectan el número de vainas. Sin embargo, se encontró que, el número de vainas por planta fue significativamente afectada por la dosis de fertilización nitrogenada ($p < 0.05$) (Figura 5g). Se observó que el número de vainas por planta fue significativamente más alto en las plantas que recibieron las dosis de N de 100 y 150%, en comparación con aquellas plantas que no recibieron fertilización nitrogenada. Los tratamientos de 100 y 150% de fertilización nitrogenada presentaron un número de vainas por planta de 21.10 y 21.33, respectivamente, mientras que el tratamiento que no recibió fertilización presentó un número de vainas por planta de 15.50, un resultado similar se encontró en el experimento realizado por Rojas et al. (2023) quienes presentaron un mayor número de vainas por planta en los tratamientos con los niveles más altos de fertilización.

Figura 5

1Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el peso de cien semillas, número de semillas por vaina y número de vainas por planta en la línea de frijol SEF 70, (a) Dosis de N y peso de cien semillas, (b) Dosis de P y peso de cien semillas, (c) Dosis de K y peso de cien semillas, (d) Dosis de N y número de semillas por vaina, (e) Dosis de P y número de semillas por vaina, (f) Dosis de K y número de semillas por vaina, (g) Dosis de N y número de vainas por planta, (h) Dosis de P y número de vainas por planta, (i) Dosis de K y número de vainas por planta, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



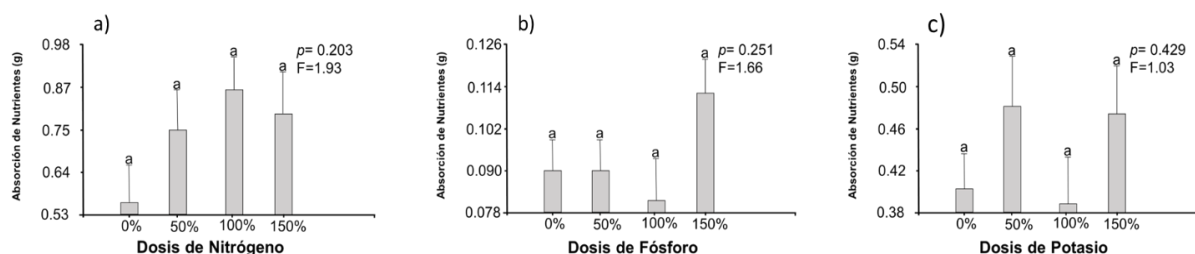
Absorción de Nutrientes

El análisis de medias mostró que no hubo ningún efecto de las dosis de fertilización de N, P y K en la absorción de nutrientes (Figura 6). (Lopez-Galarza et al. 2020), explican que existe un punto de rendimientos decrecientes en la fertilización nitrogenada, donde el aumento de los niveles de fertilización no genera una mayor absorción de N por parte de la planta. Por otra parte Singh A et al.

(2016) encontró en su estudio que las plantas de frijol que fueron cultivadas en suelos con altas concentraciones de P y K presentaron una absorción de nutrientes reducida en comparación con las plantas cultivadas en suelos con concentraciones más bajas, de la misma manera, Chávez (2020) menciona que la eficiencia de la absorción de nutrientes se ve afectada cuando la concentración de nutrientes presentes en el suelo es mayor a la requerida por el cultivo. Así mismo, Meine van Noordwijk y Georg Cadisch (2002) menciona en su estudio que el exceso de un nutriente puede ocasionar cambios en el pH del suelo y a su vez disminuye la solubilidad de los otros nutrientes lo que dificulta la absorción de la planta.

Figura 6

2Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en la absorción de nutrientes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* var SEF 70), (a) Dosis de N y absorción de nutrientes, (b) Dosis de P y absorción de nutrientes, (c) Dosis de K y absorción de nutrientes, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Efecto de la Dosis Aplicada sobre el Rendimiento

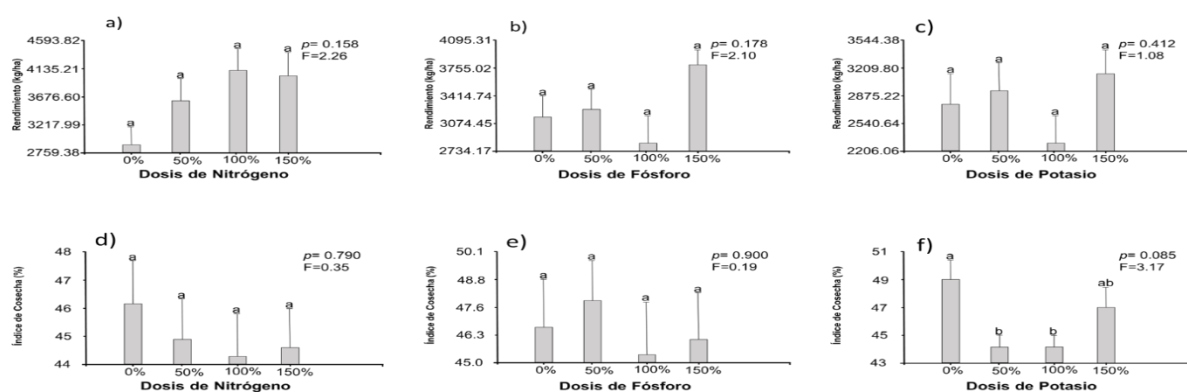
Los resultados mostraron que, en la variable rendimiento, las plantas no presentaron diferencia significativa a ninguna de las dosis de fertilización y en ninguno de los nutrientes evaluados (Figura 7), lo cual, difiere con lo mencionado por Escalante J et al. (2021), quienes en su experimento obtuvieron que el rendimiento se vio influenciado por las dosis de N suministradas, demostrando que, a una mayor tasa de fertilización nitrogenada se obtiene un mayor incremento en el rendimiento. Por otra parte, para la dosis de P y K, Chávez (2020), menciona que el exceso de nutrientes en el suelo

afecta de forma negativa el rendimiento en comparación con los suelos que presentan un nivel óptimo de los nutrientes requeridos por el cultivo.

El análisis estadístico demostró que no se encontró diferencias significativas en el índice de cosecha como efecto de la fertilización con N y P (Figura 7). Resultados similares fueron reportados por Rojas et al. (2023), quienes no observaron diferencias significativas en el índice de cosecha en ninguna de las dosificaciones de N aplicadas. Sin embargo, los resultados de este estudio son contrastantes con los hallazgos de Chamba-Huamán (2018), quienes encontraron que altas dosificaciones de P generan un índice de cosecha más elevado en comparación con las dosis bajas. Sin embargo, los análisis de medias mostraron que, a pesar de que la dosis de fertilización potásica no tuvo un efecto significativo sobre el índice de cosecha a $p < 0.05$, sí se observaron diferencias significativas a un $p < 0.1$ (Figura 7f). Este resultado fue considerado en el presente análisis y discusión por ser un experimento de campo Muese (2008). El índice de cosecha fue significativamente más alto en las plantas que no recibieron fertilización con K, en comparación con aquellas que recibieron las dosis de K de 50 y 100%. El tratamiento que no recibió fertilización de K presentó un índice de cosecha de 49%, mientras que los tratamientos de 50 y 100% de fertilización de K presentaron un índice de cosecha de 44%. Estos resultados difieren de los obtenidos por Huaranga-Joaquin (2004), quien encontró que las plantas que no recibieron fertilización obtuvieron el índice de cosecha más bajo en comparación a las que si fueron fertilizadas. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro experimento se pueden explicar por Chávez (2020), quien menciona que el rendimiento se puede ver afectado por la cantidad de nutrientes presentes en el suelo, lo cual puede generar una alteración en la asimilación de las plantas.

Figura 7

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el rendimiento e índice de cosecha en la línea de frijol SEF 70, (a) Dosis de N y rendimiento, (b) Dosis de P y rendimiento, (c) Dosis de K y rendimiento, (d) Dosis de N e índice de cosecha, (e) Dosis de P e índice de cosecha, (f) Dosis de K e índice de cosecha, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

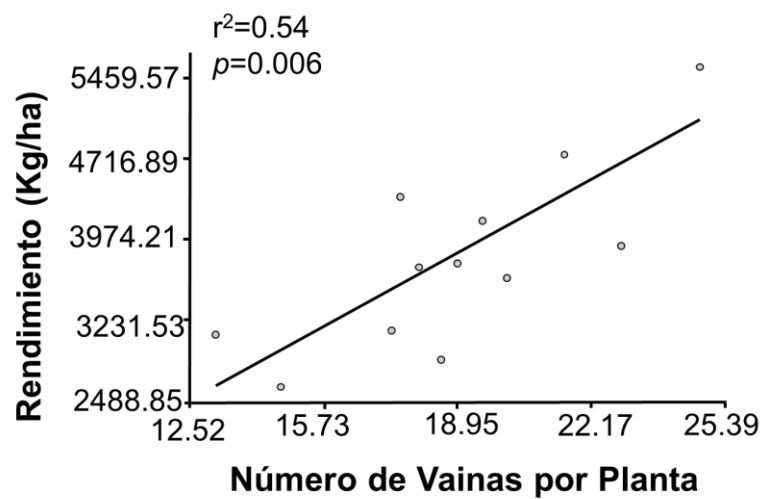


Relación entre el Número de Vainas por Planta y el Rendimiento Bajo Diferentes Dosis de Nitrógeno

Bajo diferentes dosis de N el número de vainas por planta mostró estar fuertemente correlacionado con el rendimiento ($r^2=0.54$), siendo esta correlación también significativa ($p \leq 0.006$). Este resultado quiere decir que, existe un efecto lineal entre estas dos variables, señalando que, a mayor número de vainas, mayor rendimiento (Figura 8). Esto lo explica Barrios-Gómez et al. (2011), quienes mencionan que, el número de vainas por planta tienen gran influencia en el rendimiento, ya que a medida que aumenta el número de vainas, estas generan un incremento en el rendimiento.

Figura 8

Efecto de las dosis de N sobre la correlación entre el número de vainas por planta y el rendimiento en la línea de frijol SEF 70, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Conclusiones

La dosis de fertilización nitrogenada tuvo un efecto positivo en el número de vainas por planta, demostrando que los tratamientos con los niveles más altos dieron como resultado un mayor número de vainas.

Las variables de rendimiento y número de vainas por planta estuvieron fuertemente correlacionadas bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada, demostrando que un mayor número de vainas por planta pueden influir en un mayor rendimiento.

La dosis de fertilización fosfórica no tuvo efecto significativo en el crecimiento y rendimiento en la línea de frijol SEF 70.

La dosis de fertilización potásica no tuvo efecto significativo en el crecimiento y rendimiento en la línea de frijol SEF 70, a excepción del índice de cosecha que presentó diferencia significativa cuando se tomó en cuenta un valor de probabilidad de 0.1.

Se demostró que trabajar en suelos con exceso de nutrientes afecta la eficiencia de absorción de los fertilizantes aplicados.

Recomendaciones

Evaluar efecto de diferentes dosis de NPK en la línea de frijol SEF 70 en suelos con un nivel óptimo o bajo de macronutrientes.

Realizar un estudio para evaluar el efecto de la fertilización edáfica en comparación a fertilización foliar y fertirriego.

Evaluar el efecto de distintas dosis de NPK en la línea de frijol SEF 70 en cada una de las etapas vegetativas y reproductivas.

Referencias

- Abebe A, Nigussie A, Abate T. 2014. Effect of potassium fertilization on days to maturity and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Ethiopia. African Journal of Agricultural Research; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 9(33):3653–3659. <https://www.hindawi.com/journals/aess/2023/5996945/>.
- Adeoti O, Ogunyemi, A, Afolabi O, Ibitoye J. 2018. Efecto de la aplicación de fósforo en el peso de 100 semillas y el rendimiento de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivadas en un suelo franco arenoso en Nigeria. African Journal of Agricultural Research; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 13(1):79–85. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000400004.
- Akhtar M, Anwar M. 2023. Effect of phosphorus fertilization on days to flowering in beans. Bibliography of Agriculture; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 96(1):RA3-PA27. <https://www.jnsiences.org/agri-biotech/33-volume-25/123-phosphorus-fertilization-effect-on-common-bean-phaseolus-vulgaris-l-rhizobia-symbiosis.html>.
- Andrades M, Martínez E. 2022. Fertilidad Del Suelo Y Parámetros Que La Definen. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones. [sin lugar]: [sin editorial] (vol. 4); [consultado el 11 de ago. de 2023].
- Asfaw WG, Tamado T. 2022. Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties to Phosphorus Fertilizer Application at Damot Gale, Southern Ethiopia. Journal of Biological and Agricultural Sciences; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 17(1):18–28. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/viewFile/43324/44639>.
- Barrios-Gómez J, López-Castañeda O, Kohashi-Shibata K. 2011. Efecto de la temperatura en el rendimiento de semilla y sus componentes del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 2(4):1023–1032. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662018000600020.
- Cabalчета G, Molina E. 2006. Niveles críticos de nutrimentos en suelos de Costa Rica utilizando la solución extractora Mehlich 3. Agronomía Costarricense; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 31. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v30n02_031.pdf.
- Chamba-Huamán N. 2018. Influencia de la densidad de plantas y la fertilización fosforada en el rendimiento del frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en Cieneguillo Centro – Sullana [Tesis]. Sullana-Perú: Universidad San Pedro; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8243>.
- Chávez R. 2020. Respuesta del cultivo de frijol común a bajo contenido de fósforo en el suelo: Revisión de Literatura [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ac3cf030-d4ac-48a5-bdf2-6d674f9c1bca/content>.
- Chen L, Zhao Y, Wang Z, Zhang X. 2019. Effect of phosphorus fertilization on bean seed numbers per pod. Journal of Current Research in Food Science; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 10(1):1–8. <https://www.jnsiences.org/agri-biotech/33-volume-25/123-phosphorus-fertilization-effect-on-common-bean-phaseolus-vulgaris-l-rhizobia-symbiosis.html>.
- Escalante J, Rodríguez M, Escalante Y. 2021. Rendimiento de Frijol y la aplicación de nitrógeno. Revista de la realidad global; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 106–112. <https://>

static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/611c14e889f6807a0758ab76/1629230312715/M366EscalanteEstrada+++EXPV10N12021+--105-112.pdf.

- Escobar D. 2016. Evaluación de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado al ataque del gorgojo Zabrotes subfasciatus (Boheman) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/877c3580-3568-49ef-9208-1f7e03cf1cde>.
- Escoto N. 2004. EL Cultivo de Frijol. Secretaría de Agricultura y Gnadería; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://dicta.gob.hn/files/2015,-Manual-para-el-cultivo-de-frijol-en-Honduras,-G.pdf>.
- Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 2022. Lsz-Mt-P14 Digestión Húmeda Con Ácido Sulfurico Y Peróxido De Hidrógeno. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 11 de ago. de 2023].
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2018. Legumbres, pequeñas semillas, grandes soluciones. Ciudad de Panamá: [sin editorial]. ISBN: 978-92-5-131129-5; [consultado el 11 de ago. de 2023].
- Huaranga-Joaquin A. 2004. Efecto De La Fertirrigación Npk En El Rendimiento De Cuatro Variedades De Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) Bajo Riego Localizado De Alta Frecuencia: Goteo. IDESIA; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 22(2):29–42. <https://revistas.uta.cl/pdf/1032/cap3ef1.pdf>.
- Kwizera Chantal, Basil T.Iro Ong, Kaboneka Salvator, NKESHIMANA Fulgence, Ahiboneye Norbert. 2019. Effects of Potassium Fertilizer on Bean growth and Yield parameters. International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 5(4):1–6.
- Lopez-Galarza J, Villalobos-Piedra C, Dendooven, Lucand Vanlauwe, Bart, Murgueitio E. 2020. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. Frontiers in Plant Science; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 11:1172. https://www.researchgate.net/publication/343654901_Effects_of_Nitrogen_Application_on_Nitrogen_Fixation_in_Common_Bean_Production/link/5f523c62a6fdcc9879ca63ee/download.
- Manrique B, Gamarra L. 2021. Evaluación De Tres Niveles De Fertilización Potásica En El Rendimiento Del Frijol Caupí (*Vigna Unguiculata* L. Walp.) En Condiciones De Costa Central Los Anitos – Barranca”. [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Barranca Facultad de Ingeniería; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://repositorio.unab.edu.pe/handle/20.500.12935/103>.
- Meine van Noordwijk, Georg Cadisch. 2002. Access and excess problems in plant nutrition. Plant and Soil; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 25-40.
- Mengel K, Kirkby EA, editores. 2000. Principios de nutrición vegetal. 4ª ed. Suiza: [sin editorial].
- Mosquera A. dic. 2004. Respuesta de tres variedades de frijol común a tres niveles de potasio y dos épocas de aplicación [Proyecto especial de graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6155c93e-fd49-4e01-a1ac-09727f16638e/content>.
- Muese H. 2008. Diferencias entre el Nivel de Significancia alfa y el Valor P. Revista Estomatología; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 1(16):30–32. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/2357/Diferencias%20entre%20el%20Nivel%20de%20Significancia%20alfa%20y%20el%20Valor%20P.pdf;sequence=1>.

- Navarro G, Navarro S. 2014. Fertilizantes Química y Acción. 2ª ed. [sin lugar]: Mundiprensa. ISBN: 8484767639; [consultado el 11 de ago. de 2023].
- Ramos L de, Talavera T, López MdJ. 1995. Fascículos para la Capacitación en Tecnología de Producción de Frijol: Uso del análisis químico para la determinación de la fertilidad de suelos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). [sin lugar]: [sin editorial]. ISBN: 958-9439-82-4; [consultado el 11 de ago. de 2023].
- Rojas N, Escalante J, Aguilar C. 2023. Análisis De Crecimiento, Rendimiento De Frijol Ayocote (*Phaseolus Coccineus L.*) En Un Sistema De Fertilización Nitrogenada. Tropical and Subtropical Agroecosystems; [consultado el 11 de ago. de 2023]. (12):7. https://www.researchgate.net/publication/366867885_ANALISIS_DE_CRECIMIENTO_RENDIMIENTO_DE_FRIJOL_AYOCOTE_Phaseolus_coccineus_L_EN_UN_SISTEMA_DE_FERTILIZACION_NITROGENADA.
- Roldan J. Determinación Del Nivel Crítico De Fósforo Y Potasio De Los Suelos De La Franja Transversal Con La Metodología De Extracción Por Resinas De Intercambio Iónico A Nivel De Invernadero, Diagnostico Y Servicios En Naturalab, En Finca Yalcobé, Naturaceites S.A, Fray Bartolomé De La Casas, Alta Verapaz. [Trabajo de graduación]. [sin lugar]: Universidad de San Carlos de Guatemala; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <https://core.ac.uk/download/pdf/154906374.pdf>.
- Rosas JC. 2011. Contribuciones del Programa de Investigaciones en Frijol en Centro América y El Caribe. Ceiba; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 52:65. <https://camjol.info/index.php/CEIBA/article/view/967>.
- Singh A, Gupta V, Singh B. 2016. Effect of high soil nutrient concentrations on nutrient uptake by bean plants. Journal of Agricultural Science. Journal of Agricultural Science; [consultado el 11 de ago. de 2023]. 5(1):1–6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8951238/>.
- Tuesta J-C. 2003. Fertilización Fosfopot Ásica En El Frijol Variedad 'Chaucha' (*Phaseolus Vulgaris L.*), En Tingo Maria [Tesis]. Perú: Universida Nacional Agraria de la Selva; [consultado el 11 de ago. de 2023]. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/516/AGR-463.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Villaroel R, Bortolameolli G. 2000. Seminario Taller para Productores " Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del suelo Fertilización de Praderas, Cultivo y Mejoramiento de Praderas". Osorno, Chile: [sin editorial] (vol. 4); [consultado el 11 de ago. de 2023].
- Vistoso E, Martinez J. 2022. Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria. Instituto de Investigaciones Agropecuarias; [consultado el 11 de ago. de 2023]. (291). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68532/NR42842.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Anexos

Anexo A

Análisis de suelos del lote 24 de Zona 2, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Textura	g/100g			mg/kg(extractable)					Relación C/N	
	pH	C.O	M.O	N	P	K	Ca	Mg		Na
Franco	6.76	0.96	1.65	0.08	129	453	1420	160	20	10.2

Nota: Proporcionado por el Laboratorio de Suelos de Zamorano

Anexo B

Requerimientos nutricionales por hectárea del cultivo de frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Especie	Fertilización	Requerimiento total (kg/ha)		
		N	P	K
Frijol	0%	0	0	0
	50%	44.2	16.06	54.22
	100%	88.4	32.11	108.43
	150%	132.6	48.17	162.65

Anexo C

Calendarización de fertilización, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Requerimiento (g/planta)				
Fecha de aplicación		N	P	K
25/2/2023	0%	0	0	0
	50%	0.49	0.18	0.43
	100%	0.99	0.36	0.87
	150%	1.48	0.54	1.3
12/3/2023	0%	0	0	0
	50%	1.48	0.63	1.3
	100%	2.96	1.25	2.6
	150%	4.44	1.88	3.9
27/3/2023	0%	0	0	0
	50%	0.49	0.09	0.43
	100%	0.99	0.18	0.87
	150%	1.48	0.27	1.3

Anexo D

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en los días a floración y días a madurez fisiológica en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* var SEF 70),

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Factor	Días a floración					Días a madurez fisiológica				
	ANDEVA		Análisis test Duncan			ANDEVA		Análisis test Duncan		
	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)
Nitrógeno	0.89	3	0.4872	0%	34.00±0.58 a	1.64	3	0.2565	0%	73.33±1.91 a
				50%	33.33±0.58 a				50%	78.00±1.91 a
				100%	32.67±0.58 a				100%	78.33±1.91 a
				150%	33.33±0.58 a				150%	78.33±1.91 a
Fósforo	0.67	3	0.5957	0%	33.33±0.47 a	0.95	3	0.4598	0%	77.67±1.09 a
				50%	34.00±0.47 a				50%	76.00±1.09 a
				100%	34.00±0.47 a				100%	76.00±1.09 a
				150%	33.33±0.47 a				150%	78.00±1.09 a
Potasio	1.2	3	0.37	0%	34.33±0.53 a	0.35	3	0.7881	0%	75.67±0.96 a
				50%	33.33±0.53 a				50%	76.00±0.96 a
				100%	33.33±0.53 a				100%	75.33±0.96 a
				150%	34.33±0.53 a				150%	74.67±0.96 a

Nota: Medias con diferentes letras son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan ($p < 0.05$).

Anexo E

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de cien semillas en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* var SEF 70). , Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Factor	Número de vaina por planta					Número de semillas por vaina					Peso de cien semillas (g)				
	ANDEVA			Análisis test Duncan		ANDEVA			Análisis test Duncan		ANDEVA			Análisis test Duncan	
	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)
Nitrógeno	4.53	3	0.0388	0%	15.50±1.33 b	0.99	3	0.4467	0%	6.27±0.11	0.56	3	0.6549	0%	23.12±1.12 a
				50%	17.53±1.33 ab				50%	6.47±0.11				50%	23.57±1.12 a
				100%	21.10±1.33 a				100%	6.20±0.11				100%	25.08±1.12 a
				150%	21.33±1.33 a				150%	6.30±0.11				150%	23.95±1.12 a
Fósforo	1.44	3	0.3018	0%	16.67±1.12 a	1.5	3	0.2865	0%	6.07±0.16	0.26	3	0.851	0%	22.64±0.95 a
				50%	15.83±1.12 a				50%	6.53±0.16				50%	22.53±0.95 a
				100%	15.10±1.12 a				100%	6.23±0.16				100%	23.55±0.95 a
				150%	18.23±1.12 a				150%	6.20±0.16				150%	23.23±0.95 a
Potasio	1.14	3	0.3903	0%	13.17±0.94 a	2.19	3	0.1617	0%	6.03±0.11	0.44	3	0.7334	0%	22.24±1.17 a
				50%	15.27±0.94 a				50%	6.07±0.11				50%	21.03±1.17 a
				100%	13.13±0.94 a				100%	6.17±0.11				100%	22.12±1.17 a
				150%	13.87±0.94 a				150%	6.40±0.11				150%	22.89±1.17 a

Nota: Medias con diferentes letras son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan ($p < 0.05$).

Anexo E

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en la absorción de nutrientes en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* var SEF 70, Escuela Agrícola

Panamericana, Zamorano, Honduras

Absorción de Nitrógeno (g)					Absorción de Fósforo (g)					Absorción de Potasio (g)							
Factor	ANDEVA		Análisis test Duncan		Factor	ANDEVA		Análisis test Duncan		Factor	ANDEVA		Análisis test Duncan				
	Valor F	Gl	valor -p	Nivel		Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p		Nivel	Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)
Nitrógeno	1.93	3	0.2033	0%	055± 0.1 a	Fósforo	1.66	3	0.2518	0%	0.09±0.01 a	Potasio	1.03	3	0.4297	0%	0.40±0.05 a
				50%	0.74± 0.1 a					50%	0.09±0.01 a					50%	0.48±0.05 a
				100%	0.86± 0.1 a					100%	0.08±0.01 a					100%	0.39±0.05 a
				150%	0.81± 0.1 a					150%	0.11±0.01 a					150%	0.48±0.05 a

Nota: Medias con diferentes letras son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan ($p < 0.05$).

Anexo F

Efecto de tres dosis de fertilización con N, P y K en el índice de cosecha y rendimiento en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* var SEF 70). Escuela Agrícola

Panamericana, Honduras

Factor	.Índice de cosecha					Rendimiento (kg/ha)				
	ANDEVA		Análisis test Duncan			ANDEVA		Análisis test Duncan		
	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)	Valor F	Gl	valor -p	Nivel	Mean (± standard error)
Nitrógeno	0.35	3	0.7905	0%	0.46±0.01 a	2.26	3	0.1582	0%	2842.77±387.51 a
				50%	0.45±0.01 a				50%	3592.51±387.51 a
				100%	0.44±0.01 a				100%	4122.93±387.51 a
				150%	0.44±0.01 a				150%	4025.81±387.51 a
Fósforo	0.19	3	0.9005	0%	0.47±0.02	2.1	3	0.178	0%	3148.74±274.48 a
				50%	0.48±0.02 a				50%	3270.10±274.48 a
				100%	0.45±0.02 a				100%	2796.04±274.48 a
				150%	0.46±0.02 a				150%	3758.96±274.48 a
Potasio	3.17	3	0.0852	0%	0.49±0.02 a	1.08	3	0.412	0%	2799.10±354.70 a
				50%	0.44±0.02 b				50%	2925.68±354.70 a
				100%	0.44±0.02 b				100%	2266.89±354.70 a
				150%	0.47±0.02 ab				150%	3128.84±354.70 a

Nota: Medias con diferentes letras son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Duncan ($p < 0.1$).