

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de
tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.),
Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Jessica NAJARRO TORRE

ASESOR:

Dr. Lurquín Marino ZAMBRANO OCHOA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios de corazón por haberme traído hasta aquí, por llenarme de alegrías y fortalezas durante mi etapa de formación profesional.

A mis padres Juvenal Najarro y Zenovia Torre, quienes fueron mi sostén en todo momento, apoyándome de manera incondicional a cumplir cada una de mis metas y proyectos, gracias a su trabajo y sacrificio, te amo papá y mamá.

A mis hermanos: Rossi, Alondra, Gian Carlos y Julián; por sus palabras de aliento y apoyo incondicional siendo piezas fundamentales en mi formación como persona de valores y futura profesional.

A mis padrinos Gaspar Torre y Delfina Pradera que han estado presentes en mis mejores y peores momentos apoyándome de manera incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), mi alma máter, fuente de grandes enseñanzas. Por permitirme formar parte de ella y lograr mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía y a mis docentes, quienes, con su paciencia, dedicación y su trabajo supieron brindarme sus conocimientos y experiencias mediante sus enseñanzas.

Al Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, por su asesoramiento y apoyo en el presente trabajo de investigación ayudándome a cumplir con una de mis metas.

A la Dra. Roberta Esquivel, por ser parte primordial de la investigación con sus ideas y grandes enseñanzas.

Asimismo, expreso mis agradecimientos a los señores trabajadores del Centro Experimental Canaán - UNSCH, por abrirme las puertas y apoyarme en todo momento.

A mis compañeros de la Escuela Profesional de Agronomía, por los años compartidos en los salones de clases.

Mi total agradecimiento a mis padres, hermanos, familiares que siempre confiaron en mí, alentándome a seguir adelante en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	14
MARCO TEÓRICO	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Origen y distribución geográfica	16
1.3. Clasificación taxonómica del frijol	17
1.4. Valor nutricional del frijol.....	17
1.5. Importancia del frijol negro.....	18
1.6. Descripción morfología del frijol	19
1.6.1. Raíz.....	19
1.6.2. Tallo y ramas.....	19
1.6.3. Hojas.....	21
1.6.4. Flor.....	21
1.6.5. Fruto	21
1.6.6. Semilla	21
1.7. Características generales de desarrollo del frijol.....	22
1.8. Etapas de la fase vegetativa.....	23
1.8.1. Etapa VO: Germinación.....	23
1.8.2. Etapa VI: Emergencia	23
1.8.3. Etapa V2: Aparición de hojas primarias.....	23
1.8.4. Etapa V3: Primera hoja trifoliada	23
1.8.5. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada	24
1.9. Etapas de la fase reproductiva	24
1.9.1. Etapa R5: Prefloración	24
1.9.2. Etapa R6: Floración.....	25

1.9.3. Etapa R7: Formación de las vainas	25
1.9.4. Etapa R8: Llenado de las vainas	25
1.9.5. Etapa R9: Maduración	26
1.10. Características fisiológicas	26
1.10.1. Fotosíntesis	26
1.10.2. Respiración	26
1.11. Condiciones edafoclimáticas del cultivo frijol negro	27
1.11.1. Temperatura	27
1.11.2. Humedad relativa	27
1.11.3. Luz	27
1.11.4. Agua	27
1.11.5. Suelo	28
1.12. Manejo agronómico	28
1.12.1. Pre siembra	28
1.12.2. Siembra	28
1.12.3. Manejo del cultivo	30
1.12.4. Manejo integrado de plagas	31
1.12.5. Manejo integrado de enfermedades	33
1.12.6. Cosecha	34
1.12.7. Almacenamiento	34
1.13. ¿Qué son los microorganismos?	35
1.13.1. Importancia de los microorganismos en la promoción del crecimiento vegetal	35
1.13.2. Microorganismos asociados a las plantas	35
1.14. Rhizobium en frijol	36
1.15. Microorganismos de Montaña (MM)	37
1.16. Formas de aplicación (<i>Rhizobium</i>)	37
CAPÍTULO II	38
METODOLOGÍA	38
2.1. Lugar del experimento	38
2.1.1. Ubicación política	38
2.1.2. Ubicación geográfica	38
2.1.3. Ubicación hidrográfica	38
2.1.4. Ubicación ecológica	38

2.2. Historial del terreno.....	39
2.3. Características del edáficas	39
2.4. Condiciones climáticas.....	40
2.5. Material vegetal.....	44
2.6. Factores en estudio	44
2.6.1. <i>Variedades de frijol</i>	44
2.6.2. <i>Formas de abonamiento</i>	44
2.6.3. <i>Tratamientos en estudio</i>	45
2.7. Del diseño estadístico.....	45
2.8. Descripción del campo experimental	46
2.8.1. <i>Datos y características de la instalación</i>	47
2.8.2. <i>Número y fechas de aplicaciones de Rhizobium (Rh)</i>	47
2.8.3. <i>Número y fechas de aplicaciones de microorganismos de montaña (MM)</i> ..	48
2.9. Materiales, equipos, insumos y material biológico	48
2.10. Instalación y conducción del cultivo	48
2.10.1. <i>Actividades preliminares</i>	49
2.10.2. <i>Roturación y rastrado</i>	49
2.10.3. <i>Demarcación de campo experimental</i>	49
2.10.4. <i>Preparación del terreno</i>	49
2.10.5. <i>Inoculación de semilla</i>	49
2.10.6. <i>Abonamiento</i>	50
2.10.7. <i>Siembra</i>	50
2.10.8. <i>Riego</i>	50
2.10.9. <i>Control de malezas</i>	50
2.10.10. <i>Aporque</i>	50
2.10.11. <i>Control fitosanitario</i>	50
2.10.12. <i>Cosecha y recolección de datos</i>	51
2.11. Criterios de evaluación.....	51
2.11.1. <i>Caracteres de precocidad</i>	51
2.11.2. <i>Caracteres de rendimiento</i>	52
CAPÍTULO III.....	53
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1. Variables de precocidad	53

3.1.1. <i>Días de emergencia</i>	53
3.1.2. <i>Días de floración</i>	53
3.1.3. <i>Días de formación de vainas</i>	54
3.1.4. <i>Días de madurez fisiológica</i>	54
3.1.5. <i>Días de madurez de cosecha</i>	54
3.2. Variables de rendimiento.....	55
3.2.1. <i>Altura de planta</i>	55
3.2.2. <i>Número de vainas por planta</i>	57
3.2.3. <i>Longitud de la vaina</i>	59
3.2.4. <i>Número de granos por vaina</i>	61
3.2.5. <i>Peso de 1000 semillas</i>	62
3.2.6. <i>Rendimiento de grano por hectárea</i>	64
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Clasificación taxonómica de frijol	17
Tabla 1.2 Valor nutricional del frijol por cada 100 gr(crudo)	18
Tabla 1.3 Tipos de crecimiento del frijol de acuerdo al Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 1987.....	20
Tabla 1.4 Fases del desarrollo de la planta del frijol	22
Tabla 1.5 Microorganismos beneficiosos y patógenos asociados a las plantas.	36
Tabla 2.1 Características física y químicas del suelo de Canaán, 2750msnm – Ayacucho.	40
Tabla 2.2 Datos meteorológicos T°(máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024, en el crecimiento de 3 variedades de frijol negro (Phaseolus vulgaris. L), Canaán- Ayacucho.	42
Tabla 2.3 Tratamientos de estudio	45
Tabla 2.4 Fechas de aplicaciones de los MM en los diferentes tratamientos durante la campaña del cultivo de 3 variedades de frijol negro.....	48
Tabla 3.1 Análisis de variancia de la altura de planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.....	55
Tabla 3.2 Análisis de variancia del número de vainas por planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm.....	57
Tabla 3.3 Análisis de variancia de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho	59
Tabla 3.4 Análisis de variancia del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm- Ayacucho.	61
Tabla 3.5 Análisis de variancia del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho. .	63
Tabla 3.6 Análisis de variancia del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm - Ayacucho.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Etapas de desarrollo de una planta de frijol.....	22
Figura 2.1	Mapa de ubicación geográfica del lugar del experimento en Centro Experimental Canaán-UNSCH.....	39
Figura 2.2	Datos meteorológicos (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024, en el crecimiento de 3 variedades de frijol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> . L.), Canaán- Ayacucho.	43
Figura 2.3	Croquis de los tratamientos en el campo experimental	47
Figura 2.4	Croquis de la unidad experimental	47
Figura 3.1	Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta de tres variedades de frijol negro y cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm	56
Figura 3.2	Prueba de Tukey de los efectos simples del número de vainas por planta en las variedades y formas de abonamiento en el frejol de grano negro. Canaán 2750 msnm	58
Figura 3.3	Prueba de Tukey de los efectos simples de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho.....	60
Figura 3.4	Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho.....	62
Figura 3.5	Prueba de Tukey de los efectos simples del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.	64
Figura 3.6	Prueba de Tukey de los efectos simples del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm - Ayacucho.....	66
Figura 3.7	Prueba de Tukey de los efectos simples del rendimiento de grano en (%) de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Días a la emergencia de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico, Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	75
Anexo 2.	Días a la floración de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn-Ayacucho.....	75
Anexo 3.	Días a la formación de vaina de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho	76
Anexo 4.	Días a la madurez fisiológica de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	76
Anexo 5.	Días a la madurez de cosecha de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	77
Anexo 6.	Altura de planta (cm) de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	77
Anexo 7.	Numero de vainas por planta de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico . Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	78
Anexo 8.	Longitud de vaina de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	78
Anexo 9.	Numero de granos por vaina de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	79
Anexo 10.	Peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.	79
Anexo 11.	Rendimiento de grano por hectárea(kg/ha) de tres variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.....	80
Anexo 12.	Análisis de caracterización del suelo experimental, Canaán 2750 msmn. Ayacucho 2023	81
Anexo 13.	Precocidad de la variedad Ucayali.....	82
Anexo 14.	Precocidad de la variedad Libertena	82
Anexo 15.	Precocidad de la variedad Menita	83
Anexo 16.	Panel fotográfico	84

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y región Ayacucho; con el objetivo de determinar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó el diseño de parcelas divididas (DPD), correspondiendo las parcelas a las variedades de frijol negro y subparcelas al abonamiento con microorganismos y abonos orgánicos, con 3 repeticiones, haciendo un total de 45 unidades experimentales. Se evaluaron la precocidad y el rendimiento de las variedades de frijol en estudio: Ucayali, Liberteña y Menita. Se determinó que la variedad Menita fue la más precoz a la madurez fisiológica, con un promedio de 97.4 dds, mientras que la variedad Ucayali se comportó como tardía con 106.5 dds. La variedad Liberteña presentó mayor altura de planta, alcanzando 85.29 cm., sin diferencia de las demás variedades; con la aplicación de abonamiento A3(MM+Rh+GI) se alcanzó una altura de planta de 93.1 cm. El número de vainas por planta, la variedad Ucayali presentó mayor número (43.97); con el abonamiento A2 (Rh+GI) y A3(MM+Rh+GI) se obtuvo el mayor número de vainas por planta, con valores de 78.7 y 47.3 vainas, respectivamente. El peso de 1000 semillas varía de 210.45 a 271.81 gramos, que corresponden a las variedades Ucayali y Menita, respectivamente; la variedad Menita obtuvo el mayor peso de 1000 semillas en las cinco formas de abonamiento. El mayor rendimiento en grano se consiguió con la variedad Menita, que alcanzó 4985.5 kg.ha⁻¹, mientras que la variedad Ucayali tuvo el menor rendimiento, con 4587.8 kg.ha⁻¹; con la forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI) se obtuvo 5527.7 kg.ha⁻¹ de frijol con la misma variedad. Así como 5429.4 kg.ha⁻¹ con el abonamiento A2(Rh+GI).

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L, rendimiento, precocidad, variedad, microorganismos.

INTRODUCCIÓN

El frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) se originó en Mesoamérica, se investigó mediante datos de secuenciación de cloroplastos y núcleos considerando eventos de recombinación las cuales resumen la evolución del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Frascarelli et al.,2025)

Mesoamérica es una región que abarca el sur de México y Centroamérica, estos frijoles fueron domesticados hace más de 7000 años por civilizaciones como Los Mayas y Aztecas que los cultivaban junto al maíz y calabaza, en general el frijol negro es una de las tantas variedades que provienen del frijol común.

Se sabe la importancia del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) entre las leguminosas, ya que se adapta muy bien a los diferentes tipos de suelos y variados climas del Perú, también tiene importancia nutricional tanto para hombres y animales, se sabe también que actúa como nitrificante del suelo, debido a la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, se sabe también que forma parte de los cultivos tradicionales por su valor nutritivo y económico (Cayetano, 2022)

En la actualidad las necesidades de nuevas prácticas agrícolas que permitan una mejor utilización del suelo y conlleve a una producción sostenible ha incrementado en los últimos años, porque la producción no llega a los rendimientos requeridos por los agricultores, ya que ellos mencionan que el uso de fertilizantes químicos es caro a pesar de que son conscientes en la necesidad de fertilizar los suelos para optimizar la producción y conseguir mayores rendimientos (Estrada & Peralta, 2004).

En Perú se hace cada día más común la utilización de abonos orgánicos por varios factores: el costo de fertilizantes y la dependencia de ellos, mayor contaminación de recursos naturales como el suelo, por ello se busca alternativas sostenibles como es el

caso de los abonos orgánicos y los diferentes tipos de microorganismos para ayudar a mejorar el rendimiento, de esta manera llegar a un buen rendimiento y calidad por hectárea en el caso del frijol negro.

Por todo ello en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y el Centro Experimental Canaán-UNSCH, se realizan diversas Investigaciones de Innovación Agraria con plantas de diferentes especies realizando estudios para maximizar el potencial agrónomos, entre ellos se encuentra las variedades de frijol negro (Ucayali, Libertaña y Menita), con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo las condiciones de Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Ucayali.
2. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Libertaña.
3. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Menita.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Coaquira et al. (2018) en su investigación titulada “Efecto de la inoculación con *Rhizobium* sp., *Trichoderma* sp. y de la aplicación de biofertilizantes sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Blanco Molinero” señala lo siguiente:

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron las variables de rendimiento y sus componentes, además de los parámetros de nodulación en los tratamientos inoculados con *Rhizobium*. No se encontraron diferencias significativas para todas las variables evaluadas. Sin embargo, se obtuvo los mayores registros en rendimiento en los tratamientos con biofertilizantes T7, T3, T4 con 2031,1948 y 1946 kg.ha⁻¹, respectivamente, y el testigo rindió 1604 kg.ha⁻¹.

En la investigación de López (2023) sobre “Influencia de niveles de Biol con microorganismos de montaña en la producción de frijol castilla (*Vigna unguiculata* Walp.) en Chanchamayo” determino lo siguiente:

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del Biol con microorganismos de montaña, en la producción de frijol castilla (*Vigna unguiculata* Walp.); y determinar su influencia en el crecimiento aéreo de la planta, el incremento de la biomasa y la producción de la misma, desarrollada en el departamento de Junín, provincia y distrito de Chanchamayo – Perú, con la intención de impulsar el incremento de la productividad de este cultivo y conocer la influencia de los microorganismos de montaña como abono foliar. Desarrollando el cultivo hasta los 90 días. Se elaboraron cinco tratamientos con dosis de 0, 25, 50, 75 y 100 ml de Biol con MM/20 litros de agua. Observando que la mejor dosis para conseguir el incremento de la producción del frijol castilla fue con el tratamiento T5 con 100 ml de Biol con MM/20 litros de agua, ya que

con esta dosis se obtuvo la mejor altura de planta con 55.55 cm, de igual manera se obtuvo el mayor diámetro del tallo con 9.10 mm; y el mejor peso seco de la planta (biomasa) con 4108.68 kg/Ha y la mejor producción en relación al mayor número de vainas por planta con un promedio de 32 vainas por planta, 272 granos de frijol por planta y un rendimiento de 3904.69 kg/Ha. Concluyendo que el Biol con microorganismos de montaña (MM) influyen en la producción de frijol castilla.

Itzá-Kantún et al. (2007) en su investigación titulada "Efectos de microorganismos de monte y abonos en el suelo y el rendimiento de maíz en Yucatán" señala que:

En respuesta a la necesidad de incrementar el rendimiento agrícola frente a la tendencia actual del uso continuo del suelo sin barbecho, los microorganismos de monte (MM) también conocidos como microorganismos de montaña, son un recurso clave para generar estrategias hacia la transición agroecológica. Este escenario es ideal para potenciar la fertilidad de los suelos agrícolas. El bajo costo y facilidad de elaboración, almacenamiento, transporte y aplicación posicionan esta tecnología de MM en una alternativa de fácil adopción por las familias.

Shener (2021) en su investigación llamada "Inoculación con *Rhizobium phaseoli* en tres genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo dos densidades de población" menciona: En cuanto al número de nódulos por planta, los tres genotipos mostraron una respuesta favorable a los tratamientos con inoculación. Sin embargo, la combinación de *Rhizobium phaseoli* con los genotipos Pinto Americano y Pinto Saltillo fue la que alcanzó los resultados estadísticos más sobresalientes. Respecto al rendimiento de grano por hectárea, las tres variedades evaluadas alcanzaron los valores más altos con la mayor densidad de población. En contraste, en la densidad baja se registró un mayor rendimiento promedio por planta, lo cual se atribuye a la menor competencia entre individuos dentro del cultivo.

Vásquez et al. (2025) en la investigación que realizaron titulada "La inoculación con *Rhizobium* mantiene rendimientos óptimos en el frijol común nativo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo fertilización deficiente en nitrógeno." mencionan que:

Los genotipos nativos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) son fundamentales para la seguridad alimentaria en la región andina; no obstante, su producción se ve limitada por bajos rendimientos y una fuerte dependencia de fertilizantes nitrogenados. Superar estas limitaciones exige la implementación de estrategias sostenibles que incrementen la productividad. En este contexto, el estudio analizó la interacción entre la inoculación con *Rhizobium phaseoli* y tres niveles de fertilización con fósforo (P) y potasio (K) sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad nutricional del frijol nativo 'Tiachos bayo' bajo condiciones de campo. Se evaluaron dos cepas de *R. phaseoli* (UNC-1 y CIAT-2) combinadas con tres dosis de fertilización química (0 %, 50 % y 100 %) utilizando un diseño factorial. Entre los parámetros medidos estuvieron el número de nódulos, la altura de planta, la fenología, el rendimiento y la composición proximal del grano. Los resultados mostraron que tanto la inoculación como la fertilización influyeron significativamente en la nodulación, el desarrollo fenológico y el rendimiento. El mayor rendimiento ($2172 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y el mayor número de nódulos (78) se lograron con la cepa CIAT-2 de *R. phaseoli* junto con la fertilización al 100 %. En conclusión, la inoculación con *R. phaseoli*, acompañada de una fertilización adecuada, potencia la productividad del frijol criollo.

Romao et al. (2024) en la investigación titulada “Respuesta de *Phaseolus vulgaris* al uso de microorganismos promotores del crecimiento asociados a la reducción de la fertilización NPK en suelos tropicales: Oxisol arcilloso y Ultisol arenoso.” Demostraron que:

Es posible obtener rendimientos satisfactorios aplicando dosis reducidas de fertilizantes minerales cuando se integran microorganismos promotores del crecimiento. De igual manera, se destaca que los suelos con fertilidad mejorada y manejados bajo siembra directa favorecen esta reducción mediante el reciclaje de materia orgánica y el fortalecimiento de la salud del suelo. En conjunto, los resultados confirman que el uso de microorganismos benéficos constituye una estrategia eficaz para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

1.2. Origen y distribución geográfica

Según la FAO (2018) el origen americano del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ha sido puesto en duda durante mucho tiempo; sin embargo, luego fue ratificado en base a

descubrimientos de granos de esta especie en antiguas sepulturas en los alrededores de Lima, Perú. Allí se han encontrado restos de unos 2 500 años de antigüedad en el valle de Nazca y de unos 2 000 años en Huaca Prieta, mientras que en el Callejón de Huaylas se descubrieron granos rojo marrón oscuro, rojo oscuro y moteados, de forma redonda, unos más planos y otros alargados y arriñonados.

1.3. Clasificación taxonómica del frijol

Según Singh, Debouck & Gepts (1988) indican que “En las dos últimas décadas han establecido bases sólidas en la taxonomía de *phaseolus*. Este género es diferenciado de otros como *Vigna* y *Macroptillum* con los cuales tenían confusiones respecto a su clasificación y se reconoce como origen exclusivamente americano” (p.6).

Tabla 1.1

Clasificación taxonómica de frijol

CLASIFICACIÓN	TAXA
Reino	: Plantae
División	: Fanerógamas
Sub División	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Rosales
Familia	: Leguminosae
Sub Familia	: Papilionoidae
Tribu	: Phaseolae
Sub Tribu	: Phaseolinae
Género	: <i>Phaseolus</i>
Especie	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Nombre común	: Frijol, Pava, poroto, etc.

Fuente: Debouck & Hidalgo, (1984).

1.4. Valor nutricional del frijol

El frijol es un alimento muy completo, ya que satisface el apetito y tiene poca cantidad de calorías, convirtiéndolo en un alimento muy saludable. La composición nutritiva de los frijoles tiene un alto contenido en proteínas y fibra, siendo así mismo una fuente excelente de minerales.

Tabla 1.2*Valor nutricional del frijol por cada 100 gr(crudo)*

COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	332
Fibra	4.3 g
Grasa	1.8 g
Proteínas	19.2 g
Carbohidratos	61.5 g
LÍPIDOS	
Grasas totales	1.8 g
Colesterol	0
Saturados totales	0.12 g
Monoinsaturados	0.06 g
Poliinsaturados	0.18 g
MINERALES	
Calcio	228 mg
Fosforo	407 mg
Hierro	5.5 mg
Magnesio	140 mg
Sodio	24 mg
Potasio	1406 mg
Zinc	2.79 mg
VITAMINAS	
Retinol	1.0 µg
Ácido ascórbico levógiro	0
Tiamina	0.62 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	1.7 mg
Piridoxina	0.4 mg
Ácido fólico	394 µg

Fuente: Obtenido de Paz (2017).

1.5. Importancia del frijol negro

Se conoce muy bien la importancia del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la dieta habitual de Guatemala, en donde el consumo per cápita es de 70g al día. Además del aporte energético, los frijoles constituyen la principal fuente de proteína en la dieta y

contienen un alto porcentaje de carbohidratos glicémicos de digestión lenta y carbohidratos no glicémicos fermentables en el intestino grueso (Serrano & Goñi,2004).

Es importantes porque aporta proteínas, fibras y minerales, mejora la nutrición, enriquece el suelo con nitrógeno y favorece la seguridad alimentaria.

1.6. Descripción morfológica del frijol

La descripción morfológica del frijol se hará en el siguiente orden: raíz, tallo y ramas, hojas, flor, fruto y semilla.

1.6.1. Raíz

En la primera etapa de desarrollo el sistema radicular está formado por la radícula del embrión la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria es decir la primera identificable y a los pocos días de la emergencia radicular es posible ver las raíces secundarias que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal (Debouck & Hidalgo, 1984, p. 9).

La radícula se estura buscando firmeza y alineamiento, a medida que avanza va formando la raíz principal que se vuelve columna o soporte de la planta, con el tiempo formándose los pelos absorbentes gracias a ello la planta logra captar humedad y nutrientes, en las raíces del frijol aparecen nódulos que transforman el nitrógeno atmosférico en alimento para la planta.

1.6.2. Tallo y ramas

Es delgado, flexible y verde, sostiene hojas y flores de él salen ramas laterales que ayudan a formar vainas y captar mejor la luz.

El tallo principal corresponde al eje central de la planta y se compone de una secuencia de nudos y entrenudos. Según el tipo de crecimiento característico de cada variedad, la región apical puede presentar un desarrollo de tipo determinado o indeterminado (Cabana, 2021, p. 2).

Tabla 1.3

Tipos de crecimiento del frijol de acuerdo al Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 1987.

TIPOS	DESCRIPCIÓN	SUBDIVISIONES
Tipo I: Habito determinado	El tallo principal y las ramificaciones concluyen en una inflorescencia, lo que marca el inicio de la etapa reproductiva y provoca la detención completa del crecimiento vegetativo; es decir, la planta deja de generar nuevos nudos y entrenudos. La ramificación es limitada, característica que favorece el uso de densidades de siembra elevadas. Además, la floración se desarrolla en un periodo breve y la maduración de las vainas se da de forma prácticamente sincronizada, ocurriendo en un intervalo de tiempo similar para la mayoría de ellas.	Ia: Tallo y ramas fuertes/ erectos. Ib: Tallo y ramas débiles.
Tipo II: Habito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas erectas.	Tallo erecto, con termino en guía corta, con pocas ramas, pero en número superando el tipo I y por lo general cortas, estas continúan creciendo en la época de floración.	IIa: Sin guías IIb: Con guías y habilidad para trepar
Tipo III: Habito arbustivo indeterminado, con tallo y ramas débiles y rastreros.	El desarrollo del tallo y el nivel de ramificación generan diferencias en la estructura de las plantas del tipo III. Mientras algunas adoptan un porte rastrero desde las fases iniciales del desarrollo vegetativo, otras presentan forma de arbusto hasta el inicio de la floración, momento en el que también se vuelven rastreras. En ciertos casos, estas variantes pueden mostrar capacidad para trepar.	IIIa: Guías cortas sin habilidad para trepar IIIb: Guías largas con capacidad para trepar.
Tipo IV: Habito de crecimiento voluble, con tallos y ramas débiles, largos y torcidos.	Son el típico frijol trepador, se caracterizan porque desde las primeras hojas trifoliadas el tallo desarrolla la capacidad de torsión doble es decir tienen buena habilidad trepadora, tienden a tener ramas muy poco desarrolladas y el tallo puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar más de 2 metros de altura y su etapa de floración es larga.	IVa: Vainas distribuidas por toda la planta IVb: Vainas concentradas en la parte superior de la planta

Fuente: (Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, 1987)

1.6.3. Hojas

Las hojas del frijol se clasifican en simples y compuestas, y se ubican en los nudos del tallo principal y de las ramas laterales a través de los pecíolos. Las hojas primarias, que son de tipo simple, emergen en el segundo nudo del tallo principal y presentan una disposición opuesta; además, tienen forma de corazón, están formadas por un solo folíolo, poseen aurículas, son acuminadas y terminan en ápice puntiagudo. También cuentan con estípulas divididas en dos segmentos. A partir del tercer nudo del tallo principal y en las ramas laterales se desarrollan las hojas compuestas, que son trifoliadas y están conformadas por tres folíolos, un pecíolo, un raquis y un raquis central (raquis propiamente dicho) que funciona como eje de unión de los folíolos (Toledo, 2003).

1.6.4. Flor

En el desarrollo de la floración del frijol se reconocen dos etapas principales: el botón floral y la flor en plena antesis. Esta flor es característica de las papilionáceas, con simetría bilateral. A lo largo de su formación, es posible diferenciar claramente ambas fases del proceso reproductivo. (Debouck & Hidalgo, 1984, p. 27).

1.6.5. Fruto

El fruto del frijol corresponde a una vaina constituida por dos valvas, originadas a partir del desarrollo del ovario comprimido, razón por la cual la especie se clasifica dentro del grupo de las leguminosas. De acuerdo con la FAO (2018), el fruto es el ovario que evoluciona en forma de vaina y presenta dos suturas que mantienen unidas ambas valvas: la dorsal o placentar y la ventral. Las semillas se disponen de manera alternada y se fijan a las valvas a lo largo de la sutura placentar.

1.6.6. Semilla

La semilla del frijol carece de albumen, de modo que los nutrientes de reserva se almacenan principalmente en los cotiledones. Proviene del desarrollo de un óvulo de tipo campilótropo, es decir, curvado. Presenta una considerable diversidad en coloración (como blanco, rojo, crema, negro, marrón o tonalidades mixtas), en forma (cilíndrica, arriñonada o esférica) y en el grado de brillo de su superficie. Además, está envuelta por una testa o cubierta externa de protección, que deriva de la secundina del óvulo y es conocida como epispermo. (Lopez et al, 2010, p.13).

1.7. Características generales de desarrollo del frijol

El desarrollo de la planta del frijol comprende de manera general dos fases sucesivas:

Tabla 1.4

Fases del desarrollo de la planta del frijol

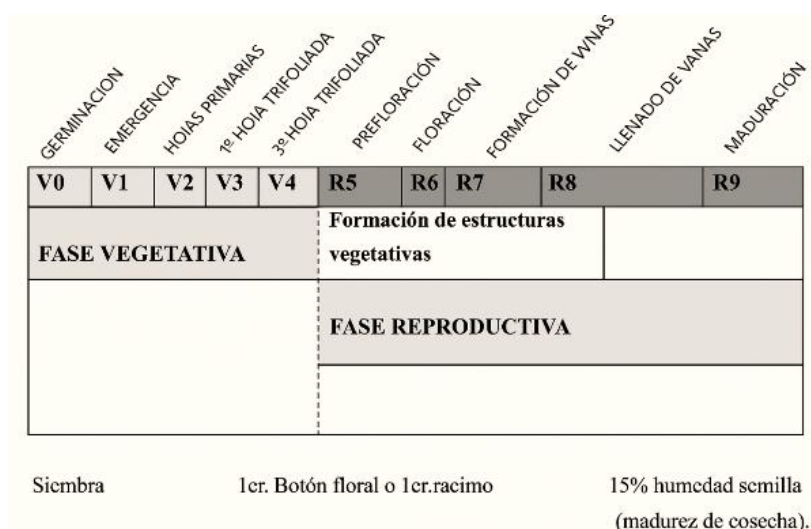
LA FASE VEGETATIVA	LA FASE REPRODUCTIVA
Inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción.	Inicia con la aparición de los primeros botones florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas.
Etapas	Etapas
<ul style="list-style-type: none"> • V0: Germinación • V1: Emergencia • V2: Hojas primarias • V3: Primera hoja trifoliada • V4: Tercera hija trifoliada 	<ul style="list-style-type: none"> • R5: Prefloración • R6: Floración • R7: Formación de vainas • R8: Llenado de vainas • R9: Maduración

Fuente: (Fernandez et al. , 1986)

A lo largo de las fases vegetativa y reproductiva se han identificado 10 etapas bien definidas de desarrollo, las cuales conforman la escala. Como se observa en la Figura 1.1:

Figura 1.1

Etapas de desarrollo de una planta de frijol



Fuente: (Fernandez et al., 1986)

1.8. Etapas de la fase vegetativa

1.8.1. Etapa VO: Germinación

La germinación se inicia cuando la semilla plantada incorpora agua y aumenta de volumen. En consecuencia, si la siembra se realiza en un terreno sin humedad, debe tomarse como fecha real de siembra el día en que se efectúa el primer riego. Cuando la semilla cuenta con las condiciones hídricas necesarias, la radícula es la primera en salir y extenderse hasta formar la raíz principal. A partir de esta, y en zonas próximas a la superficie del suelo, se desarrollan más adelante raíces de segundo y tercer orden. Después, el hipocótilo continúa su elongación y los cotiledones iniciales emergen hacia el exterior, haciéndose visibles sobre el suelo. (Fernandez et al., 1986, p. 66).

1.8.2. Etapa VI: Emergencia

Se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas del cultivo aparecen al nivel del suelo. Después de la emergencia, el hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos Órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo (Acosta-Díaz et al., 2004).

1.8.3. Etapa V2: Aparición de hojas primarias

Esta etapa se inicia cuando están desplegadas las hojas primarias del 50% de las plantas del cultivo. Las hojas primarias son simples, unifoliadas y opuestas, ambas colocadas en el mismo nudo, el segundo del tallo principal; cuando están completamente desplegadas, se colocan generalmente en posición horizontal. Al comienzo de esta etapa, la yema terminal del tallo principal se puede distinguir entre las dos hojas primarias (Fernandez et al., 1986).

1.8.4. Etapa V3: Primera hoja trifoliada

Esta etapa se inicia al desplegarse la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo. En la Etapa V3, tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el pecíolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de ella, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído. Al final, se

empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada (Gepts, 1986).

1.8.5. Etapa V4: Tercera hoja trifoliada

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada, la Etapa V4 se considera iniciada; en ese momento, dicha hoja se encuentra todavía debajo de la segunda (hoja) trifoliada. En la axila de cada hoja (incluso de las primarias y de los cotiledones) se encuentra una tríada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. El tipo de ramificación, principalmente el número y la longitud de las ramas, depende de factores como el genotipo y las condiciones de cultivo, entre otros.

Según Toledo (2003), la primera ramificación de la planta produce su primer nudo y muestra su hoja trifoliada totalmente extendida cuando el tallo principal presenta, en promedio, entre tres y cuatro hojas trifoliadas ya abiertas. Debido a que el estadio V4 es el de mayor duración dentro de la fase vegetativa, es útil fraccionarlo en subniveles que permitan identificar con más precisión el instante en que se realiza una evaluación. Con ese fin, pueden emplearse subetapas como V4.4, V4.5, V4.6 y sucesivas, que representan, en ese mismo orden, los puntos en los que la cuarta, quinta, sexta hoja trifoliada (y así en adelante) están completamente desarrolladas en el tallo principal de al menos el 50% de las plantas del cultivo.

1.9. Etapas de la fase reproductiva

1.9.1. Etapa R5: Prefloración

La fase reproductiva da inicio en el estadio R5, que comienza cuando la mitad del cultivo (50% de las plantas) muestra los primeros primordios florales, ya sea en forma de botones o de racimos, dependiendo del patrón de crecimiento que presente la planta.

Los primeros racimos florales en las variedades de tipos II, III y IV, aparecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el fotoperíodo, y otros. Al concluir

la etapa previa a la floración, los pedúnculos que sostienen los racimos comienzan a elongarse y la corola se hace visible entre las bractéolas. En ese momento, muestra la coloración propia del cultivar, expresando el tono distintivo de la variedad (Reyes-Matamoros et al., 2014).

1.9.2. Etapa R6: Floración

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6. Según Fernandez et al., (1986). La primera flor que se abre proviene del primer botón que se generó. Así, en los cultivares de Tipo I (crecimiento determinado), la floración se inicia en el nudo superior o apical del tallo principal y progresa hacia abajo. En cambio, en los Tipos II, III y IV (crecimiento indeterminado), el proceso floral comienza en los sectores inferiores de la planta y avanza hacia arriba. Las ramificaciones replican el mismo patrón del tallo central: descendente en el Tipo I y ascendente en los Tipos II, III y IV. Además, en cada racimo, la apertura floral empieza en el punto de inserción basal y continúa de manera secuencial en las inserciones posteriores.

1.9.3. Etapa R7: Formación de las vainas

Tras la fecundación, la corola se seca y el fruto tipo vaina comienza a desarrollarse. El estadio R7 se establece como iniciado cuando el 50% de las plantas del cultivo presenta su primera vaina visible; en esta fase, la corola puede haberse caído o permanecer adherida, suspendida en la base de las vainas. La etapa R7 concluye una vez que las vainas alcanzan su longitud máxima, marcando el punto a partir del cual se inicia el llenado y crecimiento de los granos, correspondiente al estadio R8.

1.9.4. Etapa R8: Llenado de las vainas

El estadio R8 se considera iniciado cuando, en al menos la mitad (50%) de las plantas del cultivo, la primera vaina deja de aumentar en longitud y comienza a engrosar por el desarrollo de las semillas en su interior. Este cambio puede verificarse observando la zona de las suturas de la vaina, donde se aprecian protuberancias que evidencian el crecimiento progresivo de las semillas. (Debouck & Hidalgo, 1984).

1.9.5. Etapa R9: Maduración

Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen. Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha (Fernandez et al.1986).

1.10. Características fisiológicas

1.10.1. Fotosíntesis

El anabolismo autótrofo se produce a través de la fotosíntesis. Es la base de la nutrición de todas las cadenas tróficas y no solo la forma de nutrición del reino vegetal. Existe una fase luminosa y otra oscura. En estas se realizan no solo la conversión de materia inorgánica en orgánica, sino también la conversión de energía luminosa en energía química de enlace (Ocampo, 2014).

El primer producto de la fotosíntesis de las plantas C3, como el frijol, tiene tres carbonos. Como resultado de este mecanismo, la fijación de dióxido de carbono depende de una serie de reacciones que conducen a la pérdida de carbono y energía; esta técnica se conoce como fotorrespiración. Los compuestos de cuatro carbonos se producen tanto con C4 como con maíz y emplean mecanismos que bloquean dióxido de carbono y evitan la fotorrespiración (CIAT, 1987).

1.10.2. Respiración

Asimismo, White (1985) menciona que es conveniente dividir la respiración en dos componentes, uno de mantenimiento y uno de crecimiento. La separación es artificial en términos bioquímicos, pero ayuda mucho en nuestra concepción del crecimiento del frijol. El componente de mantenimiento corresponde a todas las actividades necesarias para mantener la planta, sin considerar ni crecimiento ni degradación de tejidos. Se supone que esto representa la respiración resultante de los procesos necesarios para mantener membranas y renovar enzimas, y es comparable al metabolismo basal de fisiología animal. La tasa de respiración para mantenimiento varía según el tipo de tejido y es muy sensible a la temperatura.

1.11. Condiciones edafoclimáticas del cultivo frijol negro

1.11.1. Temperatura

La planta de frijol prospera a temperaturas promedio de 15 a 27 °C, pero es importante tener en cuenta que las variedades de frijol tienen un amplio rango de tolerancia. En general, las temperaturas bajas retrasan el crecimiento, mientras que las altas aceleran; Sin embargo, es importante tener en cuenta que las temperaturas extremas pueden causar problemas adicionales, como la falta de flujo de orina o los problemas de esterilidad. Una planta puede soportar temperaturas extremas (5°C o 40°C) por breves períodos, pero si se mantiene allí por mucho tiempo, sufrirá daños irreparables (White, 1985).

1.11.2. Humedad relativa

Toledo (2003), indica que el desarrollo adecuado de las vainas ocurre cuando la humedad relativa se mantiene en un rango de 65% a 75%, condición clave sobre todo en los periodos de floración y cuajado de vainas. Por el contrario, ambientes con temperaturas elevadas y baja humedad pueden alterar estas fases, provocando una floración más rápida y disminuyendo tanto la cantidad de flores como el número de vainas producidas.

1.11.3. Luz

White (1985), menciona que el papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero la luz también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperíodo y elongación (etiología), y a intensidades altas puede afectar la temperatura de la planta. La radiación que viene del sol tiene ondas de 290 nm (1 nm = 10⁻⁹ m) hasta 3000 nm de largo, pero los pigmentos de clorofila solamente captan ondas de 380 nm a 740 nm, lo cual corresponde solamente al 50% de la energía total que recibe la planta.

1.11.4. Agua

White (1985), indica que el agua es tan importante para el crecimiento de cualquier planta, que no sorprende que el crecimiento y rendimiento final de un cultivo de frijol dependan mucho de la disponibilidad de agua.

1.11.5. Suelo

Las vainas de frijol presentan un crecimiento óptimo en suelos de textura franca arenosa y franca arcillosa. La especie es susceptible a la salinidad, y su rendimiento disminuye cuando la conductividad eléctrica del suelo excede los 2 dS/m. El cultivo se desarrolla adecuadamente en un intervalo de pH entre 6,0 y 7,5. Los suelos con tendencia alcalina no son convenientes, ya que generan vainas más gruesas y con atributos de calidad inferiores. (Carrillo, 2018).

1.12. Manejo agronómico

1.12.1. Pre siembra

a) Terreno adecuado

Se utiliza suelos sueltos y con buen drenaje, por lo general suelos francos, que tengan buena retención de agua con pH de 5. A 6.5 y con una profundidad mayor a 30 cm evitando así terrenos áridos, suelos arcillosos que se compactan fácilmente o que formen costras cuando se secan (Jara & Navarro-Racines , 2021).

b) Preparación de tierra

La siembra del frijol comprende una serie ordenada de tareas orientadas a generar un entorno propicio para el desarrollo adecuado del cultivo, lo que incluye facilitar la germinación, favorecer la expansión del sistema radicular y el crecimiento de la planta, así como, en la mayoría de los casos, permitir una correcta formación de las vainas. Asimismo, el acondicionamiento del suelo debe asegurar un terreno sin terrones ni presencia de malezas, además de contar con el nivel de humedad apropiado al iniciar la siembra. (Vázquez et al., 2023)

1.12.2. Siembra

a) Época de siembra

La siembra se debe realizar en la época donde el cultivo tenga óptimas condiciones, ya que está influenciada por varios factores como las condiciones climáticas hasta la mano de obra, resaltando también de manera importante que la cosecha no esté ligada con las épocas de lluvias con la finalidad de cuidar las cosechas de la temporada. (Vázquez et al., 2023), también se toma en cuenta la ubicación del terreno y las condiciones con que esta cuenta, como la accesibilidad y lo más importante si es que cuenta con agua para el riego, si este no fuera el caso se hace un estudio climático lo cual, por lo general

la gente de las zonas ya sabe las épocas en la que llueve, por ende, tomando esas consideraciones se realiza la siembra en esas épocas para contar con las lluvias como medio de riego.

b) Selección de semilla

La semilla es una de los principales factores de una buena producción y rendimiento, por ende, la selección de semillas es el inicio para obtener un buen rendimiento, tiene que ser maduro de buen color y sin rastro de enfermedades o plagas. (Vázquez et al., 2023), mencionan que, en la agricultura moderna, especialmente cuando se trabaja con un nivel tecnológico medio - alto, es fundamental utilizar semillas de buena calidad, lo que implica recurrir a semillas con certificación oficial.

c) Desinfección de semilla

El tratamiento de las semillas se realiza para resguardarlas del daño ocasionado por plagas y enfermedades durante el periodo previo a la germinación.

En primer lugar, se debe tratar la semilla, por conveniente antes de la siembra, con la finalidad de obtener una y mayor germinación; para lo cual es necesario utilizar una mezcla de dos productos, un fungicida y un insecticida (Vitavax + Vencetho), la proporción es 5 gramos de cada producto para 1 kg de semilla, esto se realiza para contrarrestar daños por hongos y gusanos de tierra (Valladolid, 1993).

d) Densidad de siembra

La cantidad de plantas por unidad de superficie está condicionada por la variedad cultivada, el método de siembra, el vigor y procedencia de la semilla, las características del suelo y el clima predominante desde el momento de la implantación. En sistemas de cultivo único, el espaciamiento entre hileras suele ubicarse entre 0.30 y 0.60 m, mientras que la separación entre puntos de siembra oscila de 0.20 a 0.25 m, lo que resulta en poblaciones aproximadas de 200 mil a 800 mil plantas por hectárea. (Henríquez, et al., 1992)

e) Sistema de siembra

Los métodos de siembra del frijol se eligen, por lo general, en función de las variedades cultivadas y su hábito de crecimiento, considerando que existen cuatro tipos

de desarrollo de la planta. Entre los principales sistemas se encuentra la siembra en monocultivo, que implica el establecimiento de una sola variedad en extensas superficies; la siembra asociada, donde se implantan dos o más especies en áreas contiguas, generando niveles de competencia entre ellas; y la siembra en relevo, que se basa en la instalación de dos o más cultivos de manera secuencial, introduciendo el siguiente antes de completar la cosecha del cultivo inicial.

1.12.3. Manejo del cultivo

a) Fertilización

Una fertilización adecuada teniendo en cuenta la fertilidad de los suelos, los requerimientos del cultivo y las fases fenológicas proporciona los nutrientes necesarios para obtener un buen crecimiento, desarrollo y producción. El momento óptimo para la aplicación de fertilizantes está en función al patrón de absorción de nutrientes del cultivo, al tipo de suelo y las condiciones ambientales de la zona en donde se está propagando. Se recomienda 40-60-40 de NPK por hectárea, está en dos partes, primera fertilización se debe dar en los primeros días después de la siembra y la segunda a los días 30 a 45 días después de la siembra. (Vázquez et al., 2023)

b) Riego

Normalmente, el frijol se cultiva durante las temporadas de lluvia. La irrigación posibilita obtener altas producciones y una calidad superior del grano. Para el cultivo de frijol, se necesitan entre 300 y 350 mm de agua distribuidos durante el periodo de cultivo. La adsorción diaria más elevada se produce durante el llenado de las vainas, alcanzando hasta 8 mm diarios. En áreas con altas temperaturas y gran viento, el uso de agua se incrementa (Rosas, 2003). Igualmente, es crucial tener en cuenta el sistema de riego y los elementos de riego, que incluyen el tiempo, ciclo y frecuencia de riego (Valladolid, 1993).

c) Manejo integrado de malezas

Las malezas compiten con el frijol por recursos como superficie de crecimiento, radiación solar, humedad y elementos nutritivos. Asimismo, pueden actuar como fuente de inóculo, favorecer el aumento de plagas, dificultar las labores agronómicas y la cosecha, y finalmente reducir el rendimiento del cultivo. Por ello, es fundamental conservar el campo sin malezas, especialmente durante los primeros 45 días posteriores

a la siembra, etapa crítica para evitar pérdidas significativas en la producción. (Vázquez et al., 2023).

1.12.4. Manejo integrado de plagas

El frijol puede ser víctima de un gran número de organismos perjudiciales, pero este número se reduce si tomamos en cuenta que no todos provocan perjuicios al cultivo. Por lo tanto, el MIP se enfoca en las plagas esenciales de un cultivo, que surgen con regularidad, usualmente en cada estación, y si no se les maneja, provocan pérdidas de relevancia. Los adversarios naturales el clima y otros elementos de regulación natural a menudo los superan, permanecen por debajo de los niveles de perjuicio (Hansen, 1990).

a) gusano de tierra (*Agrotis ipsilon*, *Feltia experta*, *Feltia malefida*, *Euxoa bilitura*, *Spodoptera eridania*, *Copitarsia turbata*)

Los gusanos de tierra representan una de las plagas más dañinas en la agricultura peruana, debido tanto a la gran diversidad de especies existentes como a la amplia gama de cultivos que pueden afectar. Se trata de insectos de distribución global y con presencia extendida en el país, donde se encuentran ampliamente repartidos en las regiones de la costa, sierra y selva. Su alta capacidad de adaptación les permite desarrollarse bajo condiciones ambientales muy distintas. (Vázquez et al., 2023)

Daños: produce la muerte de las plantas, por ende, se llega a la necesidad de una resiembra, causa lesión en los tallos y raíces.

Medidas de control:

- **Control cultural:** Se sugiere efectuar labores de arado profundas y bien ejecutadas para eliminar larvas y pupas, o bien dejarlas expuestas para que sean afectadas por sus controladores naturales.
- **Control biológico:** Consiste en la liberación de organismos como insectos parasitoides, depredadores u otros agentes benéficos en el área de cultivo.
- **Control etológico:** Implica el uso de trampas, como las luminosas, las de tipo negro o aquellas elaboradas con melaza para atraer y capturar insectos.
- **Control químico:** Comprende la aplicación de cebos con sustancias tóxicas, el tratamiento o desinfección de semillas y el empleo puntual o dirigido de insecticidas.

b) Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

La mosca minadora en estado adulto presenta actividad durante el día y realizan vuelos frecuentes en los momentos de mayor radiación solar, periodo en el que se concentra el apareamiento. La unión sexual suele producirse dentro de las 6 a 24 horas luego de que el adulto emerge. (Vázquez et al., 2023).

Daños: ocasionadas en su mayoría por larvas, hacen minas en forma de gusanos en las hojas la cual reduce la capacidad fotosintética de la planta.

Medidas de control:

- **Control cultural y mecánico:** Se aconseja retirar completamente los restos de cultivos previos que hayan servido como hospedantes, preparar el suelo de forma adecuada, suprimir las malezas que actúan como hospederas, alternar cultivos especialmente con gramíneas y utilizar coberturas plásticas o mantas de polietileno.
- **Control biológico:** Consiste en la liberación de insectos parasitoides, principalmente del orden Hymenoptera, en las áreas de cultivo.
- **Control etológico:** Se basa en la instalación de trampas de color amarillo para la captura de insectos.
- **Control químico:** Incluye la aplicación de ciromazina en concentraciones que oscilan entre 0.0035% y 0.04%, abamectina al 0.1%, cartap al 0.4% y cipermetrina (250 g/L), esta última empleada a una dosis aproximada de 1 L por hectárea.

c) Escarabajo de hoja (*Diabrotica decolor*, *Diabrotica venalis*, *Ceratoma fascialis*, *Cryptocephalus* sp.)

Por lo general, esta plaga o condición impacta principalmente a las plantas jóvenes en crecimiento, generando daños significativos, sobre todo cuando su presencia es elevada y el cultivo tiene altas densidades de plantas.

Daño: las larvas se alimentan de las raíces, pero el daño mayor lo ocasionan los adultos ya que se alimentan de las hojas quedando perforaciones y por ende debilita la planta en general y afecta a la fotosíntesis.

Medidas de control:

- **Control cultural:** buena preparación del terreno para eliminar estados inmaduros de estos insectos y eliminación de malezas.
- **Control químico:** está dirigido a los adultos y se hace necesariamente con productos de contacto, como cipermetrina (250 g/L) a dosis de 1 L/ha.

d) Barrenador de las vainas (*Laspeyresia leguminis*)

Es una plaga que se alimentan de los granos, para lo cual perforan las vainas verdes, por otro lado, estas generan el ingreso para la mosca *Silba sp*, lo cual genera daños al grano ocasionando pudrición. Así mismo afecta al grano seco, para poder controlar se debe aplicar Carbaryl. Se recomienda realizar cosechas oportunas (Valladolid, 1993).

1.12.5. Manejo integrado de enfermedades**a) Roya**

El hongo causante de esta enfermedad es *Uromyces phaseoli*, se encuentra ampliamente distribuida en las regiones frijoleras del mundo ocasionando pérdidas económicas muy grandes las cuales varían según la variedad y condiciones ambientales, El patógeno que causa la roya del frijol es un parásito obligado que es autoico, o sea que sólo necesita de un hospedero para completar todo su ciclo de vida y macrocíclico, es decir que posee varios tipos de esporas, uno de los controles es tener una buena época de siembra, evitando climas favorables para la reproducción del hongo (Pastor-Corrales , 1985).

b) Antracnosis

El hongo causante de esta enfermedad es *Colletotrichum lindemuthianum*, La antracnosis es una de las principales enfermedades del frijol que más pérdidas económicas causa en todo el mundo. Se han registrado severos ataques en Brasil, México, Guatemala, Cuba, Colombia, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Uganda y recientemente en Argentina. Las pérdidas difieren según el grado de resistencia de las variedades, pero pueden ser hasta de 100% si las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad. (Pastor-Corrales , 1985)

c) Virus del mosaico común (BCMV)

El virus se transmite mecánicamente por semilla y a través de las plagas como los áfidos, generan enanismo, hojas deformes, enrolladas hacia abajo, muestra colores típicos, verde claro y verde oscuro entre las nervaduras. Un buen control, siendo las más económica es utilizando variedades resistentes para obtener buenos rendimientos (Valladolid, 1993).

d) Tizón común

La enfermedad es provocada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, la cual puede infectar hojas, vainas, tallos y semillas. En el follaje, los síntomas comienzan como manchas diminutas de apariencia húmeda o acuosa que luego se tornan oscuras, se expanden y se fusionan, generando un aspecto similar a una quemadura con un halo amarillo pálido en los márgenes. En las vainas, las lesiones aparecen inicialmente como puntos pequeños y húmedos que con el tiempo adquieren tonalidad marrón oscuro y desarrollan un contorno rojizo. (Vázquez et al., 2023).

1.12.6. Cosecha

La cosecha del frijol se realiza cuando el 90 % de las vainas alcanza su estado de madurez, el cual se determina de forma visual identificando el cambio de color de las vainas; las hojas se vuelven amarillas al envejecer o se han caído en su mayoría. El método más usado es el manual, cosechando de manera selectiva, es decir, recolectando solo las vainas maduras y secas o extrayendo todas las plantas, dejándolas secar por 3 a 4 días; posteriormente se realiza la trilla, haciendo uso de un azote o de una máquina estacionaria (Vázquez et al., 2023).

1.12.7. Almacenamiento

El almacenamiento es fundamental para los agricultores que necesitan conservar su producto con diferentes finalidades (semilla, autoconsumo o venta). En el caso de las semillas les permite conservarlas para el próximo ciclo agrícola. Entre las prácticas para el almacenamiento, la mayoría almacenan la semilla del frijol trillada (53.2 %); esto sucede generalmente con la variedad de Xcolibu'ul que es la más sembrada en la comunidad. Sin embargo, también es frecuente el almacenamiento de frijol sin trillar (46.8 %), sobre todo con variedades de vainas largas como el Tsamá o el Xpelon (Latourneire, et al, 2005)

1.13. ¿Qué son los microorganismos?

El microorganismo, también llamado microbio u organismo pequeño, es un ser vivo que solo se puede observar mediante un microscopio y la ciencia que lo estudia es la microbiología.

Al respecto, Sánchez et al .(2017) indicaron que los microorganismos se “Clasificaron en dos categorías: procariontes y eucariontes. También son clasificados según variaciones: forma y tamaño celular, morfología, tipo de reproducción o división celular, y su capacidad metabólica y de adaptación. Cuatro grupos de microorganismos: bacterias, hongos, virus y parásitos”(p.1).

1.13.1. Importancia de los microorganismos en la promoción del crecimiento vegetal

Entre los factores considerados fundamentales para el desarrollo vegetal, el nitrógeno constituye, después del agua, el principal elemento que limita la productividad de las plantas. La incorporación de este nutriente al suelo puede ocurrir mediante la descomposición de la materia orgánica, las descargas eléctricas, la aplicación de fertilizantes o a través de la fijación biológica de nitrógeno (FBN). De estas alternativas, el uso de fertilizantes sintéticos es la práctica más extendida para reponer el nitrógeno en sistemas agrícolas; sin embargo, su elevado costo incrementa los gastos de producción. A ello se suma que una fracción significativa de estos fertilizantes se pierde por procesos de lixiviación o se vuelve insoluble debido a la interacción con cationes de intercambio, lo que disminuye la eficiencia del modelo convencional de cultivo (Pardo et al., 2009).

1.13.2. Microorganismos asociados a las plantas

Desempeñan roles fundamentales en la nutrición, el desarrollo, la protección de las plantas y el mantenimiento de la calidad del suelo. Entre ellos se incluyen bacterias, hongos, actinomicetos, levaduras y protozoos; sin embargo, en el ámbito agronómico, los más relevantes son las bacterias y los hongos.

Tabla 1.5

Microorganismos beneficiosos y patógenos asociados a las plantas.

MICROORGANISMOS BENÉFICOS ASOCIADOS A PLANTAS				
Fijadores de nitrógeno (FBN)	Solubilizadores y movilizadores de nutrientes	Promotores del crecimiento vegetal (PGPR)	Micorrizas (Hongos simbiotes)	Antagonistas o biocontroladores de patógenos
Ayudan a la planta incorporando nitrógeno atmosférico al suelo o directamente a los tejidos vegetales.	Incrementan la disponibilidad de fósforo, potasio, hierro, zinc, etc.	Estimulan el crecimiento mediante hormonas o protección biológica.	Forman asociaciones con raíces y aumentan la absorción de agua y nutrientes.	Protegen a la planta de hongos, bacterias o nematodos dañinos.
1. Simbióticos (forman nódulos) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Rhizobium</i> • <i>Bradyrhizobium</i> • <i>Sinorhizobium</i> • <i>Azorhizobium</i> • <i>Mesorhizobium</i> 2. De vida libre o asociativos (sin necesidad de nódulos) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Azotobacter</i> • <i>Azospirillum</i> • <i>Beijerinckia</i> • <i>Clostridium</i> (algunas especies) 	1. Solubilizadores de fósforo <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus spp.</i> • <i>Pseudomonas spp.</i> • <i>Aspergillus spp.</i> (hongo) • <i>Penicillium spp.</i> (hongo) 2. Movilizadores de potasio <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus mucilaginosus</i> • <i>Frateuria aurantia</i> 3. Productores de sideróforos (movilizan hierro) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudomonas fluorescens</i> • <i>Azospirillum brasilense</i> • <i>Bacillus subtilis</i> 	Incluyen bacterias como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus spp.</i> • <i>Pseudomonas spp.</i> • <i>Azospirillum spp.</i> • <i>Enterobacter spp.</i> Funciones: <ul style="list-style-type: none"> • Producción de auxinas, giberelinas y citoquininas • Reducción de etileno (vía ACC desaminasa) • Estimulación del desarrollo radicular 	1. Micorrizas arbusculares (MA) <ul style="list-style-type: none"> • <i>Glomus</i> • <i>Rhizophagus</i> • <i>Acaulospora</i> • <i>Funneliformis</i> 2. Micorrizas ectomicorrízicas <ul style="list-style-type: none"> • <i>Amanita</i> • <i>Boletus</i> • <i>Pisolithus</i> *Asociadas a árboles forestales	1. Hongos antagonistas <ul style="list-style-type: none"> • <i>Trichoderma harzianum</i> • <i>Trichoderma viride</i> • <i>Gliocladium</i> 2. Bacterias antagonistas <ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus subtilis</i> • <i>Pseudomonas fluorescens</i>
MICROORGANISMOS PATÓGENOS				
No son benéficos, pero también actúan en plantas.				
A. Hongos fitopatógenos	B. Bacterias fitopatógenas	C. Virus (transmitidos por insectos o contacto)		
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fusarium</i> • <i>Rhizoctonia</i> • <i>Phytophthora</i> • <i>Botrytis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudomonas syringae</i> • <i>Xanthomonas spp.</i> • <i>Erwinia spp.</i> 	TMV, CMV, Begomovirus, etc.		

Fuente: Recopilación de información de: Sánchez et al. (2017) y Pardo et al. (2009).

1.14. Rhizobium en frijol

Las bacterias de dicho género inducen a las raíces de las leguminosas a la creación de nódulos donde el nitrógeno atmosférico es muy estable e inerte reduciéndose a amonio, lo cual como se sabe que es la forma aceptable en que la utiliza la planta en general. La combinación Rhizobium-leguminosa se considera un proceso de alta eficiencia en fijación biológica del nitrógeno atmosférico (FBN); se estima que la fijación de nitrógeno

varía de 24 hasta 584 kg. ha⁻¹ y tiene la capacidad de abastecer hasta 90 % de las necesidades de la planta (Angeles-Núñez & Cruz-Acosta, 2015).

1.15. Microorganismos de Montaña (MM)

El Dr. Teruo Higa, un japonés, desarrolló la tecnología de microorganismos para la agricultura en los años 80, y ganó popularidad gracias a los productos comerciales creados en laboratorios y conocidos como EM (Microorganismos efectivos). Por otro lado, se creó tecnología para reproducir los organismos microscópicos que existen naturalmente en nuestros bosques. Estos microorganismos se conocen como "microorganismos de montaña". MM. Muchos de estos MM ayudan en los procesos biológicos de los suelo y ecosistemas agropecuarios, y se encuentran en la capa superficial y orgánico en todo el suelo de un ecosistema natural sin intervención depredadora humana. (Rodríguez-Calampa & Tafur-Torres, 2014)

1.16. Formas de aplicación (*Rhizobium*)

Inoculación directa a la semilla, El inoculante en polvo se mezcla con un adhesivo (por ejemplo, melaza o una solución azucarada) y se recubren las semillas antes de sembrar. Inoculación en el surco o línea de siembra, Se coloca la semilla en el surco y luego se espolvorea *Rhizobium* en polvo en el mismo nivel del suelo, sin mezclar necesariamente con la semilla (Huasasquiche et al., 2025).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Lugar del experimento

El presente trabajo de investigación se condujo en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga.

2.1.1. Ubicación política

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 13° 10'06.09'' Sur
Longitud : 74° 12'17.96'' Oeste.
Altitud : 2750 msnm
Región natural : Región Quechua

2.1.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Río Cachi
Sub cuenca : Río Muyurina
Microcuenca : Río Alameda

2.1.4. Ubicación ecológica

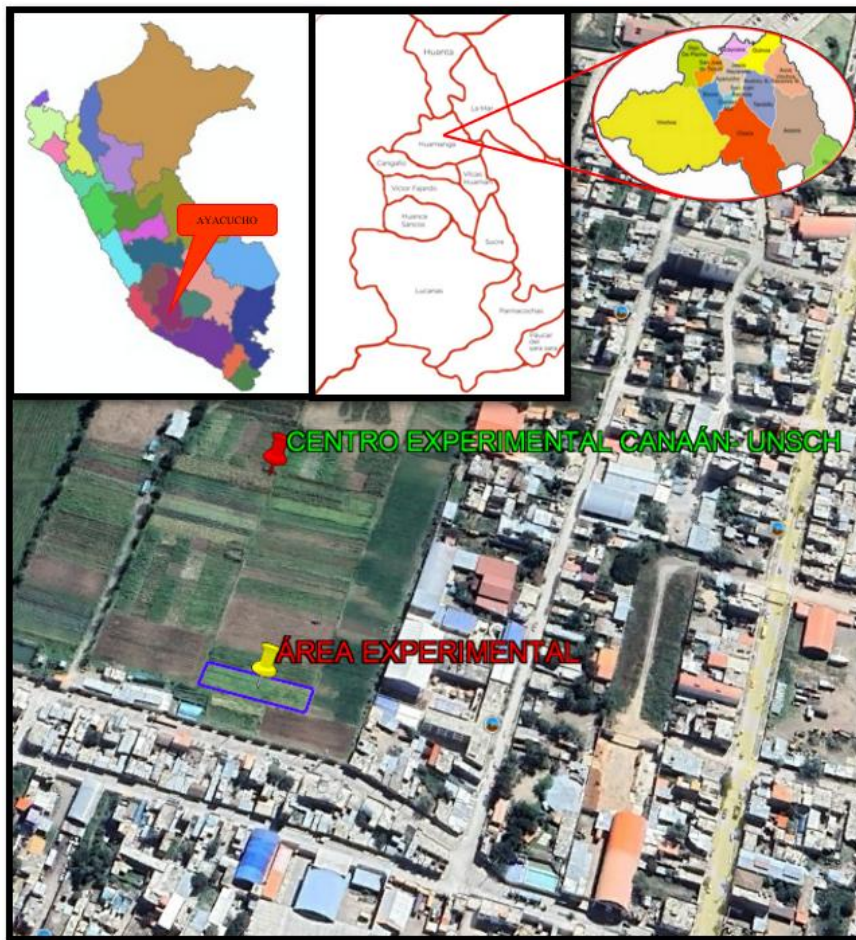
Pertenece al Bosque Seco - Montano Bajo Subtropical (bs -MBS) (ONERN, 1986).

2.2. Historial del terreno

Durante el ciclo agrícola previo, el terreno se destinó al cultivo de diversas hortalizas orientadas a la producción para venta. El suelo presenta una profundidad inferior a 0.40 m y un relieve predominantemente llano, con una inclinación menor al 2%. Debido a estas condiciones, el sistema de riego empleado fue el de goteo.

Figura 2.1

Mapa de ubicación geográfica del lugar del experimento en Centro Experimental Canaán-UNSCH



Nota: obtenido de Google Earth Pro

2.3. Características del edáficas

Con el fin de evaluar las características del suelo en la zona experimental, se llevó a cabo un muestreo utilizando el método en zigzag, a 20 cm de profundidad, lo que permitió obtener una muestra representativa. Esta fue remitida al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Pastos y Ganadería para su análisis correspondiente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.1.

De acuerdo a los resultados de la tabla 2.1, y los requerimientos de la planta, se calculó la fórmula de abonamiento de 220-190-150 N-P₂O₅-K₂O, empleándolo para la forma de abonamiento A4 de NPK optimo, empleándose como los siguientes abonos: urea, fosfato di amónico y cloruro de potasio, en el caso de la urea en dos partes, la primera mitad en la siembra y la segunda en el aporque.

Tabla 2.1

Características física y químicas del suelo de Canaán, 2750msnm – Ayacucho.

Características	Unidad	Valor	Método	Interpretación
Análisis físico				
Arena	%	46.2	Hidrómetro	
Limo	%	18.9		
Arcilla	%	34.9		Franco arena
Clase textural		Fr-Ar-Ao	Triangulo textural	arcilloso
Análisis químico				
pH 1:2:5	-	8.22	Potenciómetro	Moderadamente alcalino
CE 1:1	dS/m	0.64		Muy ligeramente salino
CaCO₃	%	1.0		Medio
Materia orgánica	%	2.14	Walkey Black	Medio
N total	%	0.11	Kjeldahl	Medio
P disponible	Ppm	28.6	Bray-Kurtz	Alto
K disponible	Ppm	59.6	Turbidimétrico	Bajo
CIC	Cmol(+)/kg	18.3	Acetato de amonio	Alto

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería

2.4. Condiciones climáticas

Los registros climáticos fueron suministrados por la Estación Meteorológica ubicada en la Estación Experimental de Canaán del INIA, localizada a 2750 m s. n. m. Con esta información se elaboró el balance hídrico siguiendo el procedimiento planteado por la (ONERN). Los resultados del análisis se consignan en la tabla 2.2 y en la figura 2.2. Durante el periodo de evaluación del estudio (diciembre de 2023 a abril de 2024) se registraron los mayores niveles de precipitación. Según los valores de la tabla 2.2 y la figura 2.2, las temperaturas promedio máxima, mínima y media alcanzaron 25.6 °C, 10.4

°C y 18 °C, respectivamente, y la precipitación acumulada anual fue de 635.3 mm. El balance hídrico evidenció un déficit de humedad entre mayo y noviembre de 2023, mientras que de diciembre de 2023 a marzo de 2024 se presentó un excedente hídrico en el suelo.

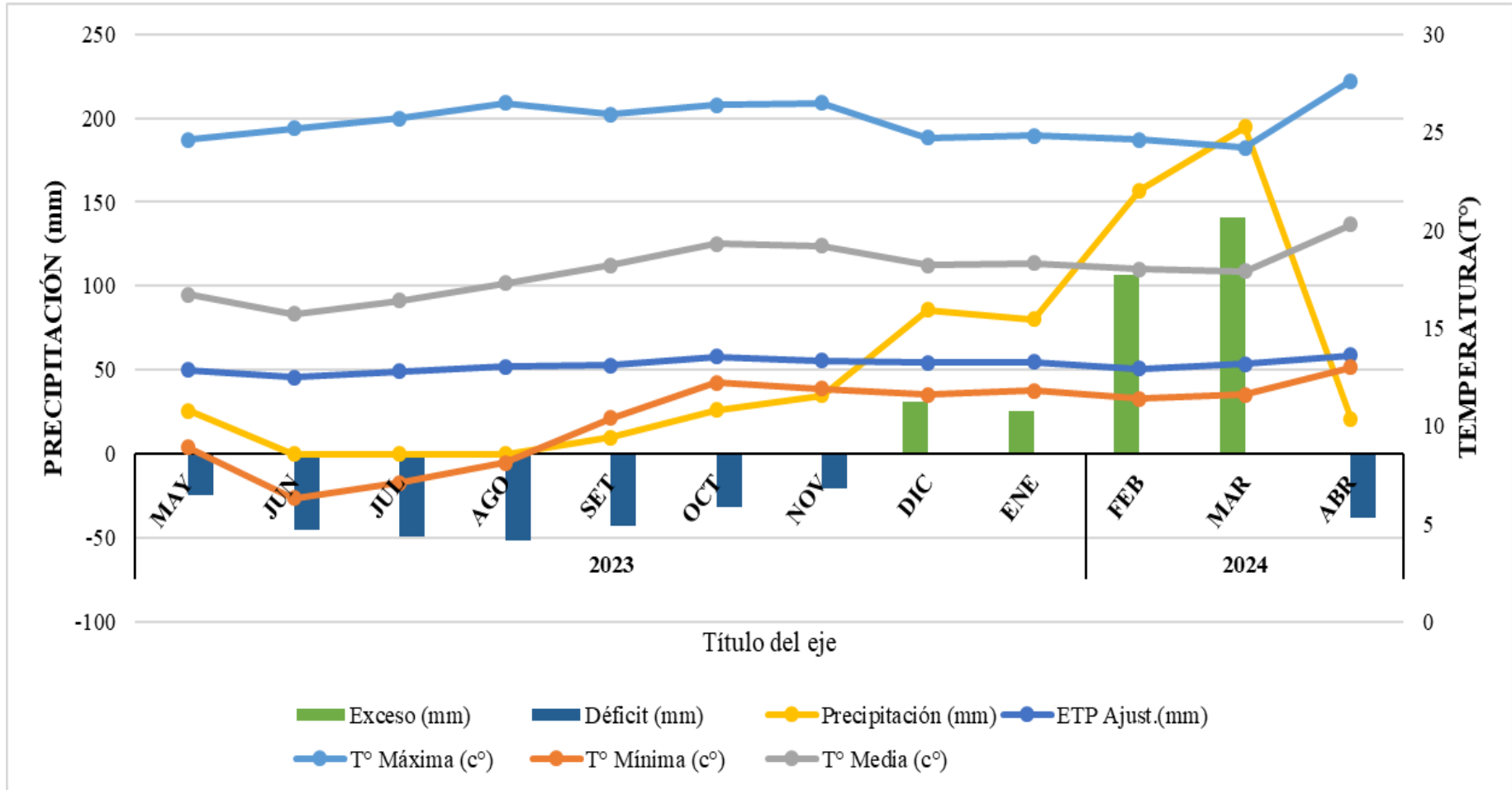
Tabla 2.2

Datos meteorológicos T°(máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024, en el crecimiento de 3 variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris. L*), Canaán- Ayacucho.

AÑO MESES	2023							2024					TOTAL	PROM
	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR		
T° Máxima (c°)	24.6	25.2	25.7	26.5	25.9	26.4	26.5	24.7	24.8	24.6	24.2	27.6	25.6	
T° Mínima (c°)	8.9	6.3	7.1	8.1	10.4	12.2	11.9	11.6	11.8	11.4	11.6	13.0	10.4	
T° Media (c°)	16.7	15.7	16.4	17.3	18.2	19.3	19.2	18.2	18.3	18.0	17.9	20.3	18.0	
Factor	5.0	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9	4.6	4.9	4.8		
ETP (mm)	82.9	75.4	81.5	85.9	87.2	95.9	92.2	90.1	90.6	83.7	88.9	97.4	1051.7	0.6
Precipitación (mm)	25.8	0.0	0.0	0.0	9.9	26.0	35.0	85.8	80.1	157.1	194.6	21.0	635.3	
ETP Ajust.(mm)	50.1	45.5	49.2	51.9	52.7	57.9	55.7	54.4	54.7	50.6	53.7	58.8		
H del suelo (mm)	-24.3	-45.5	-49.2	-51.9	-42.8	-31.9	-20.7	31.4	25.4	106.5	140.9	-37.8		
Exeso (mm)								31.4	25.4	106.5	140.9			
Déficit (mm)	-24.3	-45.5	-49.2	-51.9	-42.8	-31.9	-20.7					-37.8		

Figura 2.2

Datos meteorológicos (máxima, mínima y media), precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024, en el crecimiento de 3 variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*. L.), Canaán- Ayacucho.



A lo largo del cultivo de frijol negro se trabajó con una T° Media en promedio de 18 °C, una T° Máxima de 25.6 °C, y una T° Mínima de 10.4°C, que corresponden a los meses que se realizó el ensayo.

Durante el ciclo del cultivo, la temperatura mínima registrada fue de 11.4 °C en febrero, mientras que la máxima alcanzó 24.8 °C en enero. Los promedios térmicos mensuales y la precipitación acumulada anual corresponden al intervalo comprendido entre mayo de 2023 y abril de 2024. En ese lapso, las lluvias sumaron un total de 635.3 mm. El ensayo se llevó a cabo de diciembre de 2023 a abril de 2024, periodo que coincidió con condiciones de alta humedad en el suelo, asociadas a las precipitaciones predominantes en esos meses.

2.5. Material vegetal

Se emplearon 3 variedades de frijol negro: Ucayali, Liberteña y Menita, proporcionados por la Estación Experimental de Canaán – INIA.

La variedad Ucayali, el nombre proviene directamente del área de cultivo, departamento y cuenca del Rio Ucayali donde es la más cultivada por los agricultores.

2.6. Factores en estudio

2.6.1. Variedades de frijol

- V1: Ucayali
- V2: Liberteña
- V3: Menita

2.6.2. Formas de abonamiento

- A1: Microorganismos de montaña (MM) +Guano de isla (GI)
- A2: Rhizobium (Rh)+Guano de isla (GI)
- A3: Microorganismos de montaña (MM)+Rhizobium (Rh)+ (GI)
- A4: NPK
- A5: Testigo

2.6.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos evaluados se originan a partir de la interacción combinada de los factores analizados, los cuales se describen en la tabla 2.3.

Tabla 2.3

Tratamientos de estudio

N°	Variedad	Tratamientos
1	V1	T1 : A1*V1(MM+GI x Ucayali)
2		T2 : A2*V1(Rh)+GI x Ucayali)
3		T3 : A3*V1(MM+Rh+GI x Ucayali)
4		T4 : A4*V1(NPK x Ucayali)
5		T5 : A5*V1(Testigo x Ucayali)
1	V2	T6 : A1*V2(MM+GI x Liberteña)
2		T7 : A2*V2((Rh)+GI x Liberteña)
3		T8 : A3*V2(MM+Rh+GI x Liberteña)
4		T9 : A4*V2(NPK x Liberteña)
5		T10 : A5*V2(Testigo x Liberteña)
1	V3	T11 : A1*V3(MM+GI x Menita)
2		T12 : A2*V3((Rh)+GI x Menita)
3		T13 : A3*V3(MM+Rh+GI x Menita)
4		T14 : A4*V3(NPK x Menita)
5		T15 : A5*V3(Testigo x Menita)

2.7. Del diseño estadístico

Se aplicó el Diseño de Parcelas Divididas (DPD), asignando las parcelas principales a las variedades de frijol negro y las subparcelas a los distintos métodos de fertilización. El ensayo contó con tres repeticiones, lo que generó un total de 45 unidades experimentales. Bajo este esquema, el Modelo Aditivo Lineal (MAL) utilizado fue el que se presenta a continuación.:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Observación cualquiera de la i-ésimo variedad de frijol, en la j-ésimo forma de abonamiento, en el k-ésimo bloque

μ : Promedio general

α_i : Efecto de la i-ésima variedad de frijol

- β_j : Efecto de la j-ésimo forma de abonamiento
- θ_{ij} : Efecto de la interacción de la i-esima variedad de frijol en la j-ésima forma de abonamiento.
- ε_{ijk} : Error experimental
 i varia de 1, 2, 3, ..., t
 j varia de 1, 2, 3, ..., b
 t es el número de tratamientos
 r es el número de bloques o repeticiones

2.8. Descripción del campo experimental

a) Bloques

- Número de bloques del experimento : 3
- Largo del bloque : 60 m
- Ancho del bloque : 3.20 m
- Área del bloque : 192 m²

b) Unidad experimental

- Número de parcelas/bloque : 15 unidades
- Número total de parcelas : 45 unidades
- Largo de la parcela : 4 m
- Ancho de la parcela : 3.2 m
- Área de la parcela : 12.8 m²

d) Área total del experimento

- Área total de bloques : 192 m²
- Área total del ensayo : 600 m²

Figura 2.3

Croquis de los tratamientos en el campo experimental

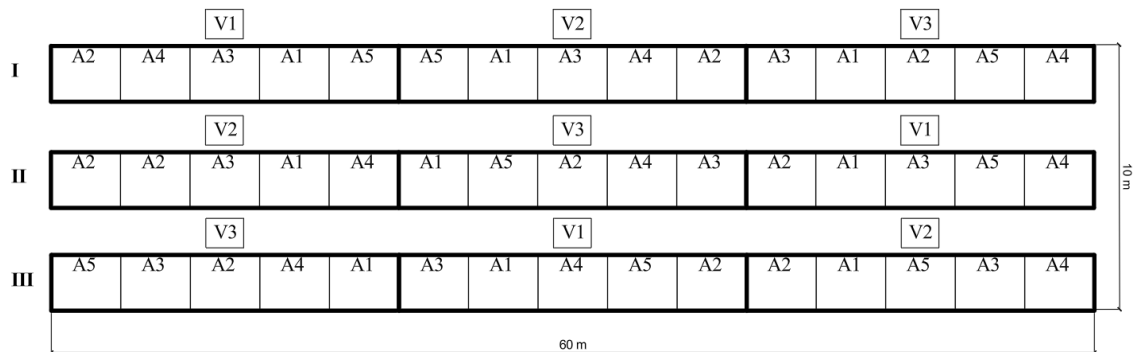
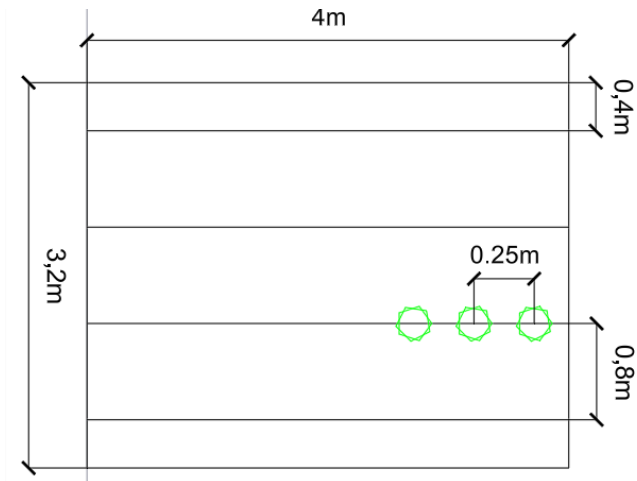


Figura 2.4

Croquis de la unidad experimental



2.8.1. Datos y características de la instalación

- Fecha de siembra : 20 de diciembre del 2023
- Localidad : Canaán-UNSCH
- Rotación : Lechuga y Beterraga
- Número de surcos/parcelas : 4 surcos
- Distancia entre surcos : 0.80 m
- Distancia entre golpes : 0.25 m

2.8.2. Número y fechas de aplicaciones de Rhizobium (Rh)

La inoculación del frijol con el Rhizobium (Rh) se realizó horas antes de la siembra, el día 20 de diciembre del 2023. Se humedeció la semilla con agua y un poco de glucosa (Azúcar) y el inoculante (Rh) en polvo, cubriendo bien las semillas con la mezcla uniformemente para su respectiva siembra según el tratamiento correspondiente.

2.8.3. *Número y fechas de aplicaciones de microorganismos de montaña (MM)*

La dosis que se utilizó para la aplicación de MM recomendada es de 20 ml de MM disuelto en 1L de agua o de 2L de MM disuelto en 100 L de agua.

Teniendo en cuenta la fecha de siembra (20 de diciembre), la primera aplicación de MM se realizó 15 días después de la siembra, cuando se tenía más del 50% de emergencia en el campo a partir de las 5:00 pm, el resto de las aplicaciones (que en total fueron 8) se realizaron a un intervalo de 15 días, como se observa en la tabla 2.4.

Tabla 2.4

Fechas de aplicaciones de los MM en los diferentes tratamientos durante la campaña del cultivo de 3 variedades de frijol negro.

Numero de aplicación	Fecha de aplicación	Vía de aplicación
1	4 de enero del 2024	Vía foliar
2	19 de enero del 2024	Vía foliar
3	3 de febrero del 2024	Vía foliar
4	18 de febrero del 2024	Vía foliar
6	4 de marzo del 2024	Vía foliar
7	19 de marzo del 2024	Vía foliar
8	3 de abril del 2024	Vía foliar

2.9. **Materiales, equipos, insumos y material biológico**

- **Materiales:** Herramientas de trabajo (Tractor agrícola, azadón, rastrillo, etc.), Herramientas para para la delimitación y demarcación de las parcelas (Wincha de 25 m, estacas, cordeles, Etc.), Libreta de campo y lapiceros.
- **Equipos:** Balanza, laptop, cámara, etc.
- **Insumos:** Semillas de frijol (Ucayali, Liberteña, Menita), abonos orgánicos (Guano de Isla), etc.
- **Material biológico:** microorganismos de montaña (MM), Rhizobium (Rh)

2.10. **Instalación y conducción del cultivo**

El ensayo se desarrolló considerando las principales prácticas de manejo agronómico, enfocadas en la preparación del suelo, la siembra, el riego, el control de malezas, el aporque, y el manejo de plagas y enfermedades, hasta llegar a la cosecha. Asimismo, se realizaron las evaluaciones pertinentes en los momentos adecuados del proceso experimental.

2.10.1. Actividades preliminares

Las labores iniciales comprendieron el despeje y limpieza de la zona seleccionada para la investigación, eliminando residuos de cultivos previos que pudieran interferir con el trazado y el acondicionamiento del área experimental.

2.10.2. Roturación y rastrado

Después de la limpieza se procedió con la roturación, rastrado y nivelación de campo con maquinaria agrícola, previa a la preparación, se realizó el muestreo de suelo del campo experimental, para su respectivo análisis de fertilidad y caracterización del suelo.

2.10.3. Demarcación de campo experimental

La delimitación del área experimental se efectuó con el apoyo de una cinta métrica, cuerdas, estacas y trazos de yeso, siguiendo las especificaciones del diseño estadístico empleado (DPD), lo que permitió definir los bloques, las parcelas y los pasillos de separación.

2.10.4. Preparación del terreno

Se realizó previo a la siembra, con la ayuda de las herramientas de labranza y de un tractor agrícola, se habilitaron surcos según los tipos de labranza en estudio. En cada unidad experimental se dispuso de cuatro surcos de 4.0 metros de largo con un distanciamiento de 0.80 m entre ellos.

2.10.5. Inoculación de semilla

La inoculación se realizó mediante la elaboración de una solución azucarada al 10% (100 g de azúcar por cada litro de agua), a la cual se incorporó el inoculante a base de *Rhizobium* en una proporción de 10 g/L, con el objetivo de generar una mezcla homogénea. Luego de obtener la suspensión, se agregaron las semillas de frijol y se procedió a mezclar manualmente hasta recubrir por completo su superficie. Finalmente, las semillas tratadas se dejaron expuestas al aire, en un lugar sombreado, antes de la siembra, tal como se evidencia en la fotografía 3 del anexo.

2.10.6. Abonamiento

Se realizó el 20 de diciembre del 2023, al momento de la siembra de acuerdo a los resultados del análisis de suelo, teniendo como fórmula de abonamiento 220-190-150 kg. ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O para un rendimiento aproximado de 3 tn. ha⁻¹. El primer abonamiento se realizó en día de la siembra y el segundo en el aporque el 09 de febrero del 2024 con el 50% de urea restante para la UE (A4).

En la preparación de terreno, como parte del factor de estudio también puso como abono base el guano de isla (GI) en las UE (A1, A2 Y A3), teniendo como fórmula de abonamiento 12-12-2 N-P₂O₅-K₂O.

2.10.7. Siembra

La siembra se realizó el 20 de diciembre del 2023, consistió en depositar las semillas en el suelo previamente preparado, luego de haber realizado la selección y el desinfectado de dichas semillas, será colocada tres semillas por golpe; luego se procederá con el abonado y tapado de las semillas.

2.10.8. Riego

El desarrollo de la a investigación se llevó a cabo en condiciones de secano, aprovechando la época de lluvia, sin embargo, de acuerdo a las necesidades hídricas se aplicó riego complementario por goteo.

2.10.9. Control de malezas

El deshierbe, se llevó a cabo el día 07 de enero del 2024 en la primera escarda, el 21 de enero del 2024 en la segunda escarda y por último el 09 de febrero del 2024 en el aporque, se realizó de forma manual de acuerdo a la presencia de las malezas en el ensayo.

2.10.10. Aporque

Se realizó el 09 de febrero del 2024 utilizando herramientas como el azadón, así mismo se realizó el segundo abonamiento con la segunda dosis de urea.

2.10.11. Control fitosanitario

El control fitosanitario consistió en actividades de prevenir, controlar y erradicar el ataque de plagas y enfermedades; cuyas medidas preventivas y de control se llevó a

cabo de acuerdo a la presencia de los patógenos, en lo general fue no dar el espacio adecuado para la presencia de los agentes, mantener limpio el cultivo.

2.10.12. Cosecha y recolección de datos

La cosecha se efectuó el día 07 de abril del 2024 la variedad Menita, seguida de la variedad Ucayali el 13 de abril de 2024 y Libertaña el 16 de abril del 2024, se realizó en base a la madurez de cosecha de las vainas, llevándose a cabo manualmente, a partir del cual se obtuvieron los datos necesarios de acuerdo a los parámetros en estudio.

2.11. Criterios de evaluación

2.11.1. Caracteres de precocidad

Se evaluó el ciclo de las variedades en estudio desde el momento de emergencia hasta la madurez de cosecha en cada uno de las unidades experimentales.

a) Días a la emergencia

Se conto el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de plantas hayan emergido a la superficie del suelo.

b) Días a la floración

Se conto el número de días transcurridos desde la siembra hasta que se haya observado flores en el 50 % de plantas por parcela.

c) Días a la formación de vainas

Se evaluó la cantidad de días transcurridos desde el día de siembra hasta que se haya observado la formación de vainas en el 50 % de plantas por parcela.

d) Días a la madurez fisiológica

Se evaluó la cantidad de días transcurridos desde el día de siembra hasta la madurez fisiológica, lo cual fue cuando el 50 % de vainas cambien de un color verde característico a un color amarillo pajizo.

e) Días a la madurez de cosecha

Se evaluó la cantidad de días transcurridos desde el día de siembra hasta que el 50 % de vainas sean aptas para la cosecha (cuando las vainas pierdan su pigmentación al secarse).

2.11.2. Caracteres de rendimiento

A la cosecha, se seleccionaron 10 plantas al azar por cada unidad experimental, en las cuales se realizaron las diferentes evaluaciones programadas durante el proceso de investigación.

a) Altura de la planta (cm)

Se realizó cuando las plantas empezaron a secar, cuando hubo un cambio de color de verde a un color pajizo, seleccionando 10 plantas al azar en las cuales, usando una cinta métrica, se tomó la altura desde el cuello al ápice de la planta, los resultados fueron expresados en centímetros (cm).

b) Número de vainas por planta

Se registró al momento de la cosecha en cada una de las U.E., tomando 10 plantas elegidas al azar, en las cuales se contó el número de vainas, para luego obtener el promedio.

c) Longitud de vaina (cm)

Se registró al momento a la cosecha en 10 vainas elegidas al azar, utilizando una regla graduada, para luego obtener el promedio.

d) Número de granos por vaina

Se contó al momento de la cosecha 10 vainas elegidas al azar de cada UE.

e) Peso de 1000 semillas (gramos)

Para obtener el peso de 1000 semillas se utilizó una balanza de precisión, seleccionando 100 semillas por U.E., luego se determinó el promedio e inferir al peso de 1000 semillas.

f) Rendimiento de granos por hectárea (kg/ha)

Para obtener el rendimiento del frijol, se cosechó el grano de todas las unidades experimentales, obteniendo el peso de granos por parcelas, cuyo valor fue inferido a kg. ha⁻¹.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de precocidad

3.1.1. *Días de emergencia*

El tiempo transcurrido a la emergencia de las plantas, varió de 7.1 a 9.7 días en promedio, que corresponden a las variedades Ucayali A3(MM+Rh+GI) y Liberteña con A2(Rh+GI), respectivamente.

Se evidenció que la variedad Ucayali registró una germinación más precoz, alcanzando un promedio de 7.38 días. En contraste, la variedad Liberteña tuvo un proceso más lento, con una media de 9.40 días, tal como se detalla en el anexo 01.

En consecuencia, es relevante precisar que el tiempo desde la siembra hasta la emergencia resultó levemente más temprano que lo reportado por Huaranca (2023), quien registró un rango promedio de 8 a 10 días posteriores a la siembra en las variedades Ucayali, Lara y Menita. La menor cantidad de días observada podría estar influenciada por las condiciones climáticas de esa investigación, caracterizadas por fluctuaciones en temperatura y presencia de precipitaciones. De igual manera, Palomino (2014) menciona que la emergencia se dio entre los 8 y 9 días tras la siembra en las variedades Caraota, Castilla y Red King, señalando que la homogeneidad del proceso está principalmente asociada a la adecuada preparación del terreno y a la humedad ambiental existente.

3.1.2. *Días de floración*

La floración de la planta de frijol negro, se dio entre los días 48.2 y 59.5 días después de la siembra, que corresponden a las variedades Menita con A2(Rh+GI) y Liberteña con A1(MM+GI), respectivamente, en promedio se observa que la variedad Menita fue más precoz a la floración que las variedades Ucayali y Liberteña, que llegaron

a la floración 48.4,56.3 y 59.5 días después de la siembra, respectivamente, como se observa en el anexo 02.

El periodo promedio desde la siembra hasta la floración fue ligeramente más temprano en comparación con lo señalado por Villar (2025), quien registró entre 50 y 65 días en las variedades Ucayali y Pampas, evaluadas a una altitud de 2750 m s. n. m., bajo temperaturas máximas que oscilaron entre 20 y 25 °C.

3.1.3. Días de formación de vainas

La formación de vainas se desarrolló, entre los días 61.25 y 71.5 días después de la siembra, que corresponden a las variedades Menita con A3(MM+Rh+GI) y Liberteña con A1(MM+GI); en promedio se observa que la variedad Menita fue más precoz a la formación de vainas que las variedades Ucayali y Liberteña, con 61.44,67.42 y 71.41 días después de la siembra, respectivamente, como se observa en el anexo 03.

3.1.4. Días de madurez fisiológica

La maduración fisiológica de la panta de frijol negro, se dio entre los días 97.29 y 106.7 días después de la siembra, que corresponden a las variedades Menita con A1(MM+GI) y Ucayali con 5(Testigo); en promedio se observa que la variedad Menita fue más precoz a la madurez fisiológica que las variedades Ucayali y Liberteña, que llegaron a la formación de vainas 97.44,106.52 y 103.49 días después de la siembra, respectivamente, como se observa en la tabla 3.4.

Los días transcurridos desde la siembra a la madurez fisiológica coincide con los resultados de Huaranca (2023) al realizar la prueba con 3 variedades de frijol negro a una altura de 2750 msnm en Ayacucho se observa poca diferencia en promedio de días de madurez fisiológica con un promedio de 90 a 120 días en las variedades Ucayali, Lara y Menita.

3.1.5. Días de madurez de cosecha

La maduración de cosecha de la panta de frijol negro, se dio entre los días 110.2 y 123.69 días después de la siembra, que corresponden a las variedades Menita con A2(Rh+GI) y Ucayali con A1(MM+GI); en promedio se observa que la variedad Menita fue más precoz a la madurez de cosecha que las variedades Ucayali y Liberteña, que

llegaron a la formación de vainas 110.39, 123.48 y 118.57 días después de la siembra, respectivamente, como se observa en el anexo 05.

Los valores obtenidos en la madurez de cosecha son similares a los resultados de Huaranca (2023), que obtuvo la etapa final del cultivo a un intervalo de 115 a 122 días después de la siembra, con las variedades Ucayali, Lara y Menita con entornos y condiciones climáticas similares.

3.2. Variables de rendimiento

3.2.1. Altura de planta

La altura de planta registrados en el presente trabajo, varían de 66.97 a 100.53 cm en promedio, que corresponden a las variedades Ucayali con A4(NPK) y a la variedad Menita con A3(MM+Rh+GI). Así mismo, la variedad Liberteña alcanzó la máxima altura de planta con un promedio de 85.3cm, seguido de la Variedad Menita con una altura promedio de 84.92 cm; y la menor altura de planta en promedio fue de la variedad Ucayali, con 76.67 cm de altura, como se puede ver en el anexo 06.

En la tabla 3.1 se muestra el ANVA correspondiente a la altura de planta de tres cultivares de frijol negro bajo cinco tratamientos de fertilización. Los resultados evidenciaron diferencias altamente significativas únicamente entre los métodos de abonamiento. El coeficiente de variación fue de 10.81%, valor que se considera adecuado y se mantiene dentro del rango aceptable para investigaciones de esta naturaleza.

Tabla 3.1

Análisis de variancia de la altura de planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	64.60	32.30	0.24	0.7993 ns
Variedad (V)	2	713.18	356.59	2.62	0.1877 ns
Error (a)	4	545.14	136.28		
Abonamiento (F)	4	3059.60	764.90	9.67	0.001 **
Inter (VxF)	8	351.20	43.90	0.55	0.8034 ns
Error (b)	24	1898.56	79.11		
Total	44	6632.28			

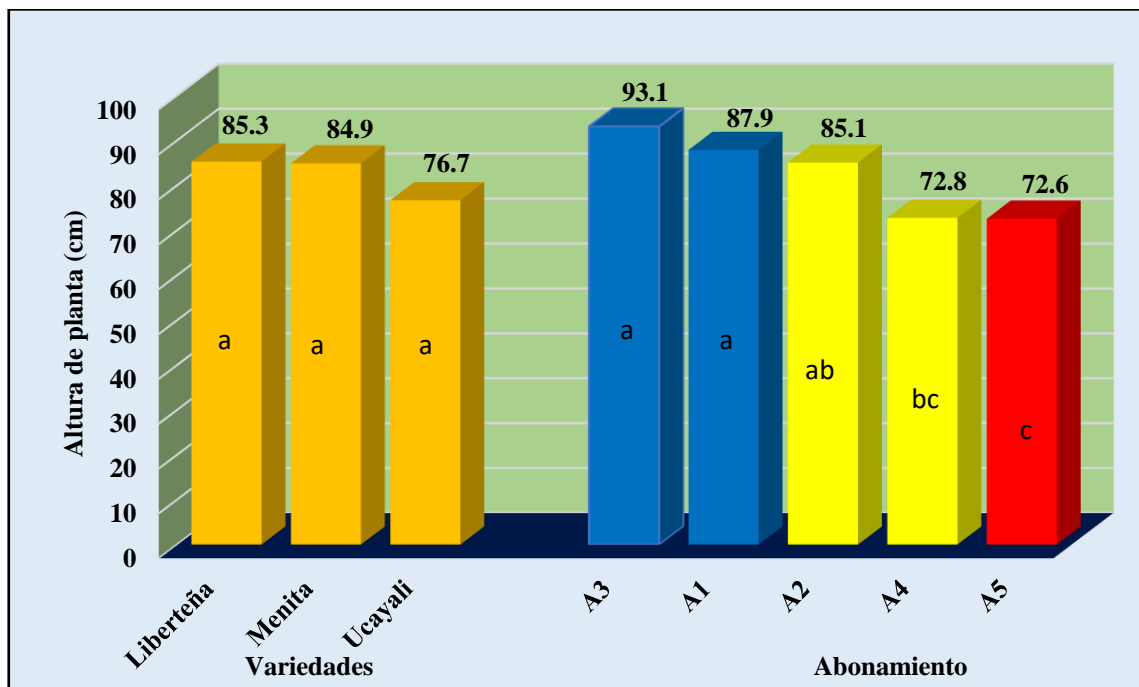
C.V. = 10.81 %

Tras aplicar la prueba de Tukey para evaluar el efecto de los cinco tratamientos de abonamiento en las tres variedades de frijol negro (figura 3.1), se aprecia que la variedad Liberteña alcanzó la mayor altura, con 85.3 cm, seguida de Menita, con 84.9 cm, y Ucayali, con 76.7 cm. No obstante, las tres variedades no presentaron diferencias estadísticamente significativas en este parámetro.

La figura 3.1 también muestra el efecto de las formas de abonamiento, en la que se observa que la mayor altura de planta se alcanzó con el abonamiento A3(MM+Rh+GI), con 93.1 cm, seguido del abonamiento A1(MM+GI) y A2(Rh+GI) de las que no se diferencia estadísticamente. La menor altura de planta se obtuvo con el abonamiento A5 (testigo), que alcanzó 72.6 cm de altura.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta de tres variedades de frijol negro y cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm



Villalobos et al.(2016) menciona que la altura de planta es una característica genética propia de cada variedad de frijol y la interacción con el medio ambiente, indica además que son variables muy importantes debido a la competencia del cultivo, esto hace que las plantas elonguen sus tallos para facilitar la captación de la radiación solar; la altura en variedades de frijol negro oscilan entre 60 a 70 cm, característico de

estas variedades por su hábito de crecimiento, la variedad que tuvo mayor altura fue el Cabaiguán con 67.4 cm y la variedad de frijol negro con menor altura fue la CUT-53 con 62.8 cm.

3.2.2. *Número de vainas por planta*

El número de vainas por planta obtenidos en el presente trabajo fue de 28.0 y 78.7 vainas por planta en promedio, que corresponden en ambos a la variedad Ucayali con el abonamiento A4(NPK) y A2(Rh+GI), respectivamente, en general la variedad Ucayali obtuvo la mayor cantidad de vainas por planta en promedio, con 43.97 vainas, como se observa en el anexo 07.

En la tabla 3.2 se muestra el ANVA del número de vainas por planta en tres cultivares de frijol negro sometidos a distintos métodos de fertilización. Se evidenciaron diferencias altamente significativas tanto entre las variedades, como entre las formas de abonamiento, así como en la interacción entre ambos factores. El coeficiente de variación fue de 3.18%, valor que se considera adecuado y garantiza la fiabilidad de los datos obtenidos en el estudio.

Tabla 3.2

Análisis de variancia del número de vainas por planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.18	0.09	0.03	0.9750 ns
Variedad (V)	2	208.84	104.42	29.93	0.0039 **
Error (a)	4	13.96	1.49		
Abonamiento (F)	4	3075.24	768.81	420.63	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	2490.49	311.31	170.32	<0.0001 **
Error (b)	24	43.87	1.83		
Total	44	5832.58			

C.V. = 3.18 %

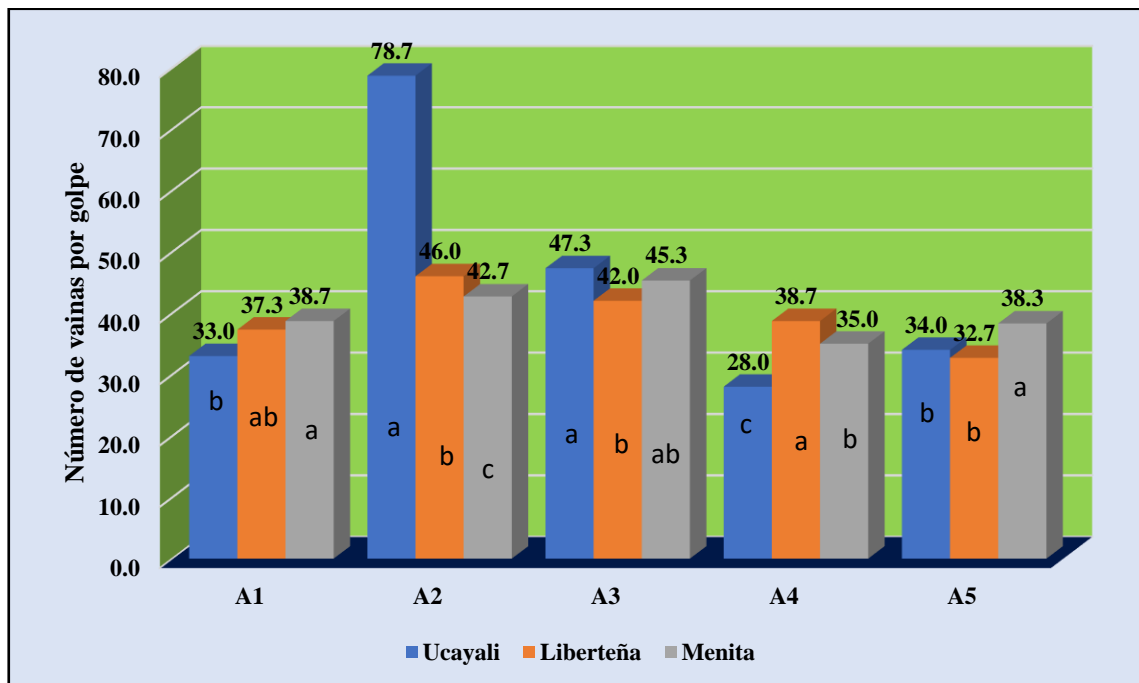
En la figura 3.2, se muestran los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento de vainas por planta de tres variedades de frijol negro con diferentes formas de abonamiento, en la que se observa que la variedad Ucayali presenta el mayor número de vainas por planta con el abonamiento A2(Rh+GI) y A3(MM+Rh+GI), con 78.7 y 47.3

vainas por planta, respectivamente, diferenciándose estadísticamente de la variedad Liberteña y Menita.

El número de vainas por planta depende principalmente de los rasgos genéticos propios de cada variedad de frijol y de cómo estos interactúan con las condiciones climáticas, factores que en conjunto determinan el comportamiento productivo de la planta.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos simples del número de vainas por planta en las variedades y formas de abonamiento en el frejol de grano negro. Canaán 2750 msnm



En relación al número de vainas por planta, los resultados obtenidos en el trabajo (78.7 a 28 vaina por planta), son superiores a los reportados por Villalobos et al. (2016), quienes lograron a un promedio de 13 a 20 vainas por planta de frijol negro de los cultivares P-456 y Selección de Palma, respectivamente en condiciones similares a trabajo de investigación. Los reportes de García et al. (1999) muestran resultados de 10.40 a 15 vainas por planta, así como Ponce et al. (2003) que reporta valores de 4.12 a 12.1; Rodríguez (2006), quien reporta valores entre 5.75 y 15.7 vainas por planta y Rodríguez et al (2014) que realizó su investigación en diferentes fechas de siembra de frijol, obtuvo un promedio de 11.84 vainas por planta; podemos notar que los resultados obtenidos por

los anteriores autores difieren cuantitativamente, debido posiblemente al lugar y al tipo de investigación con el frijol negro. Los resultados alcanzados en esta investigación muestran un rendimiento más alto que el reportado en los estudios de los autores mencionados previamente.

3.2.3. Longitud de la vaina

La longitud de vaina obtenidos en el presente trabajo varía de 8.92 a 11.06 cm, que hace referencia a las variedades Menita con el abonamiento A1(MM+GI) y Libertaña con el abonamiento A2(Rh+GI), respectivamente. Las variedades Libertaña, Menita y Ucayali presentaron en promedio 10.5, 9.53 y 9.50 cm de longitud de vaina, respectivamente.

Con el abonamiento A3(MM+Rh+GI) se obtuvo en promedio la mayor longitud de vainas, con 10.21 cm y con el testigo (A5) se obtuvo la menor longitud de vaina, con 9.53 cm, como se puede apreciar en el anexo 08.

El análisis de varianza mostrado en la tabla 3.3 para el parámetro de longitud de vainas evidencia diferencias entre las variedades evaluadas, así como una interacción altamente significativa entre el tipo de variedad y el método de fertilización aplicado. El coeficiente de variabilidad fue de 5.59%, lo que nos muestra buena precisión del ensayo.

Tabla 3.3

Análisis de variancia de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho

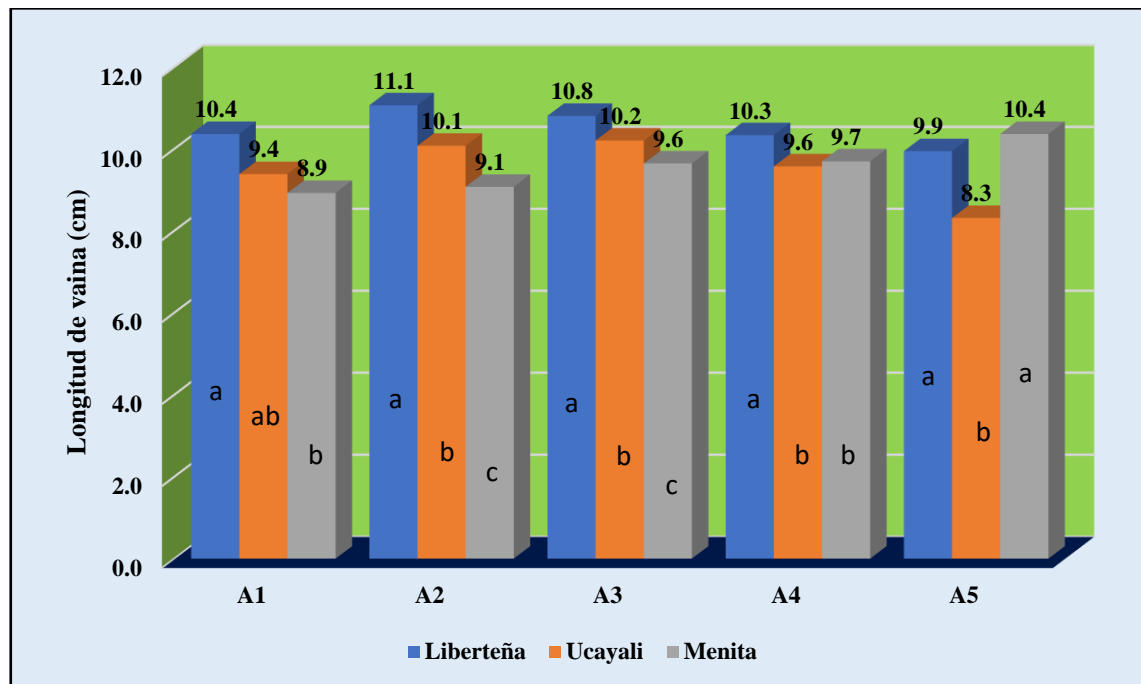
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.40	0.20	0.59	0.5940 ns
Variedad (V)	2	9.57	4.78	14.09	0.0155 *
Error (a)	4	1.56	0.34		
Abonamiento (F)	4	3.30	0.82	2.72	0.0534 ns
Inter (VxF)	8	9.75	1.22	4.02	0.0038 **
Error (b)	24	7.27	0.30		
Total	44	31.65			

C.V. = 5.59 %

En la Prueba de Tukey, que se presenta en la figura 3.3 se observa que la variedad Liberteña presenta la mayor longitud de vaina en las cinco formas de abonamiento, siendo mayor con el abonamiento A2(Rh+GI), con 11.1 cm, seguida de la variedad Ucayali, a excepción de la fertilización A4 (NPK) y el A5(testigo); observando en todos los casos la influencia de la fertilización orgánica en la longitud de vaina.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos simples de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho



Las diferencias estadísticas de los resultados obtenidos podrían ser debido a diferentes factores, principalmente de las diferencias genéticas entre las variedades, así como de las formas de abonamiento realizadas a cada una de las variedades.

Romero (2015) obtuvo resultados similares en el cultivo de frijol negro, que varían de 9.8 a 11.3 cm de longitud, superando al valor máximo que se obtuvo, que es de 11.1 cm; Rosabal et al. (2013) muestra resultados que varían de 9.31 a 10.7 cm, resultados relativamente menores al que se obtuvo en el presente trabajo ya que se trata de la influencia de la aspersión foliar con BB-16.

3.2.4. Número de granos por vaina

El número de granos por vaina obtenidos en el presente trabajo, varían de 5.4 a 6.6 granos, que hace referencia a las variedades Ucayali con A4(NPK Optimo) y Menita con A5(Testigo) respectivamente y en promedio de las tres variedades, tenemos 5.8, 6.1 y 6.2 granos por vainas para las variedades Ucayali, Liberteña y Menita, respectivamente. Así como los promedios de las formas de abonamiento A1(5.8 granos) a A5(6.2 granos), como se observa en el anexo 09.

La tabla 3.4 muestra el análisis de varianza del número de granos por vaina en tres variedades de frijol negro sometidas a cinco tratamientos de abonamiento, donde se observa que no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variación fue de 6.55%, lo que indica una alta precisión en el ensayo realizado.

Tabla 3.4

Análisis de variancia del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho.

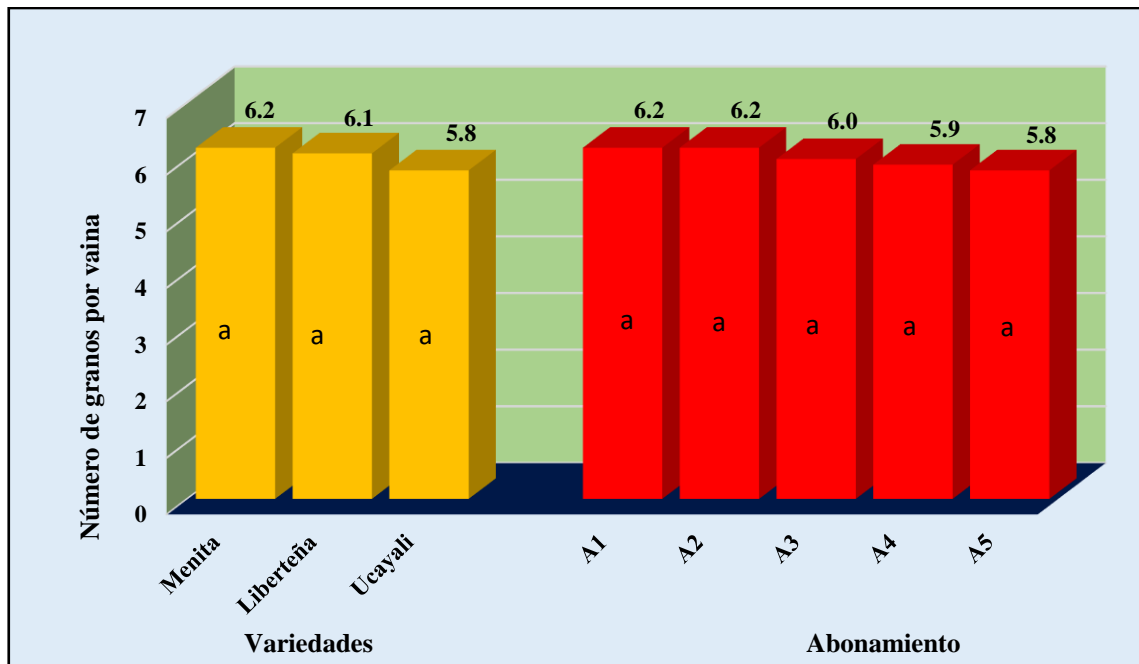
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.04	0.02	0.10	0.9070 ns
Variedades (V)	2	1.24	0.62	2.80	0.1736 ns
Error (a)	4	0.89	0.22		
Abonamiento (F)	4	1.42	0.36	2.29	0.0896 ns
Inter (VxF)	8	1.64	0.21	1.32	0.2803 ns
Error (b)	24	3.73	0.16		
Total	44	8.98			

C.V. = 6.55 %

A manera de ilustración se presenta la Prueba de Tukey (figura 3.4) del número de granos por vaina, en la que podemos ver que no existen diferencias entre las variedades en estudio y las formas de abonamiento, lo que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos, resaltando que esta característica está ampliamente relacionado al factor genético de cada una de las variedades de frijol de grano negro.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho



López et al. (2008) en su trabajo sobre el rendimiento y tolerancia del frijol negro a la sequía, reporta un valor de 5.95 semillas por vaina con riego y en sequia obtuvo 5.45 semillas por vaina; Villalobos et al. (2016) menciona haber obtenido en promedio de 5 a 6 semillas por vainas, mientras que Arias (2011) obtuvo resultados entre 3.4 a 6.1 granos por vaina.

3.2.5. Peso de 1000 semillas

El peso registrado para 1000 semillas de cada variedad varía de rango de 208.99 a 275.87 gramos, como se muestra en el anexo 10, que corresponden a las variedades Ucayali con A5(Testigo) y Menita con A1(MM), respectivamente y en promedios para las variedades tenemos 210.45, 250.09 y 271.81 gramos para las variedades Ucayali, Liberteña y Menita, respectivamente.

El promedio del peso de mil semillas de las diferentes formas de abonamiento fue de 247.16 g para el abonamiento A1(MM + GI), 243.92 g para la A2(Rh + GI) y 248.46 g para el abonamiento A3(MM + Rh + GI), que presenta el mayor peso de mil semillas. El tratamiento Testigo (A5) presenta el menor peso de 1000 semillas, como se observa en el anexo 10.

La tabla 3.5 ilustra que el análisis de varianza del peso de mil semillas de tres variedades de frijol negro las cinco formas de abonamiento en la que se observa alta diferencia estadística para variedades, formas de abonamiento y en la interacción de estas dos fuentes, con un coeficiente de variabilidad de 0.86%, lo cual se encuentra entre los valores aceptables y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 3.5

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	49.47	24.73	3.57	0.1289 ns
Variedades (V)	2	29326.68	14663.34	2116.92	<0.0001 **
Error (a)	4	27.71	6.93		
Abonamiento (F)	4	637.37	159.34	36.08	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	188.65	23.59	5.34	0.0006 **
Error (b)	24	105.99	4.42		
Total	44	30335.91			

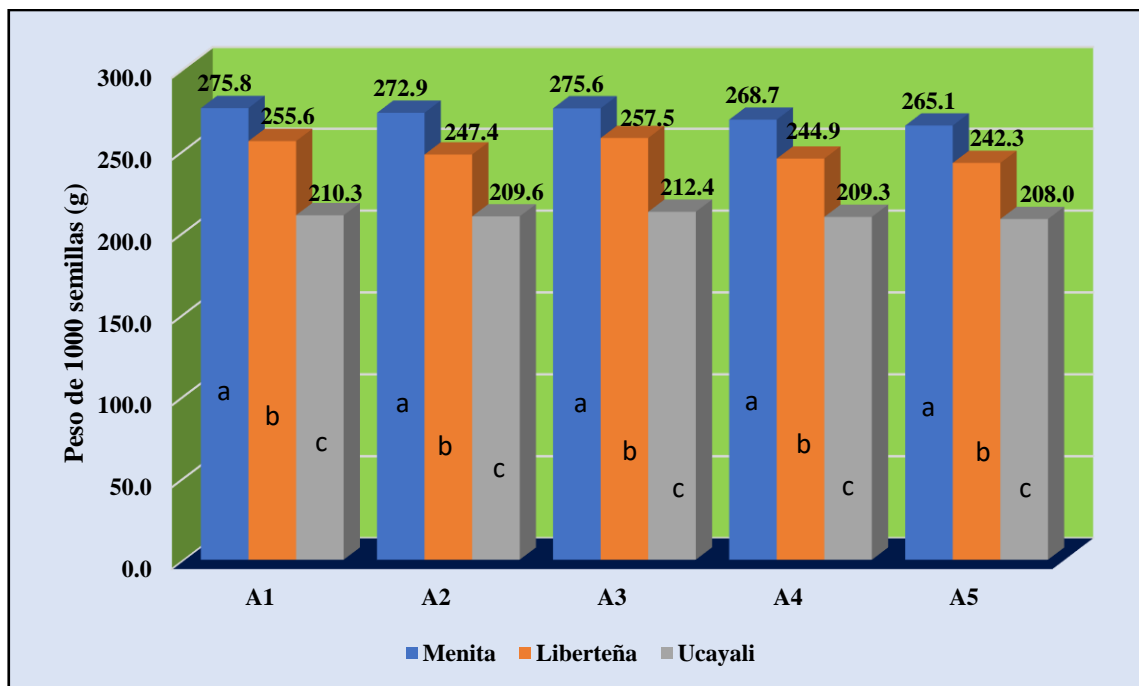
C.V. = 0.86 %

La figura 3.5 de la Prueba de Tukey para el peso de 1000 semillas, se observa que la variedad Menita supera estadísticamente a las variedades Liberteña y Ucayali en las cinco formas de abonamiento, con valores de 275.8, 272.9, 275.6, 268.7 y 265.1 g para los abonamientos A1, A2, A3, A4 y A5, respectivamente.

En todos los casos se observa que el abonamiento orgánico influye positivamente en el peso de 1000 semillas, considerando además que esta característica está bastante relacionado al factor genético.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos simples del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.



El peso de mil semillas hallados por Rosabal (2013) fluctúan de 197.7 a 206.3 gramos, que son inferiores a los obtenidos en el presente experimento; Maqueira et al. (2017) reporta un peso de mil semillas que varían de 116 a 172.2 gramos en frijol negro, los mismos que dependen de la época o fecha de siembra, resultados que son relativamente más bajos a los obtenidos.

3.2.6. Rendimiento de grano por hectárea

El rendimiento de grano de las variedades de frijol negro utilizados en el presente trabajo fue de 3275.8 a 5527.7 kg. ha⁻¹, que corresponden a las variedades Liberteña con A5(Testigo) y Menita con forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI), respectivamente. Así mismo, en promedio, la variedad Ucayali llegó a producir 4587.8 kg. ha⁻¹ de grano, que corresponde al rendimiento más bajo de las tres variedades; la variedad Liberteña llegó a rendir en promedio 4647.9 kg. ha⁻¹ y la variedad Menita llegó a rendir en promedio 4985.5 kg. ha⁻¹, que es el rendimiento más alto de las tres variedades, tal como se aprecia en el anexo 11.

Al realizar el análisis de variancia del rendimiento del frijol negro, que se presenta en la tabla 3.6, se encontró alta diferencia estadística entre variedades, formas de abonamiento y en la interacción de estas dos fuentes (VxF). El coeficiente de variabilidad (4.97%) indica que está dentro de los valores aceptables, mostrando confianza en los resultados.

Tabla 3.6

Análisis de variancia del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm - Ayacucho.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	73571.59	36785.79	1.15	0.4026 ns
Variedades (V)	2	1378981.87	689490.93	21.59	0.0072 **
Error (a)	4	127737.50	31934.37		
Abonamiento (F)	4	12294522.63	3073630.66	55.37	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	2242269.81	280283.73	5.05	0.0009 **
Error (b)	24	1332351.56	55514.65		
Total	44	17449474.94			

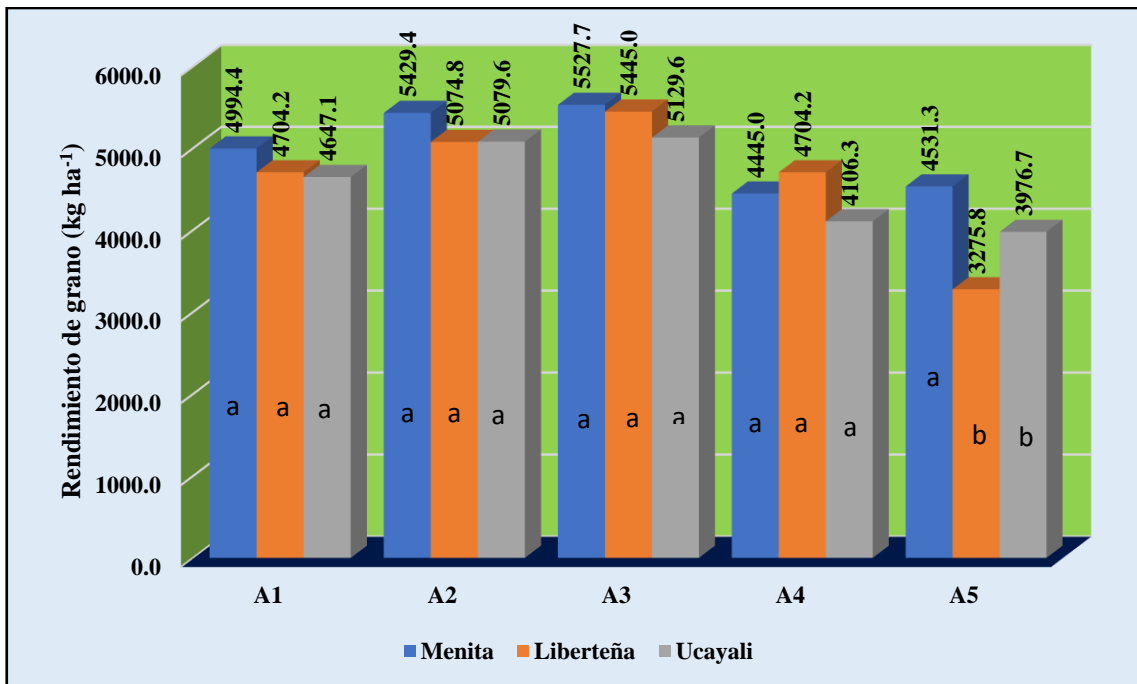
C.V. = 4.97 %

En la figura 3.6 se muestra la prueba de Tukey para el rendimiento de grano del frijol negro y formas de abonamiento, en la que se observa que la variedad Menita obtuvo el mayor rendimiento con todas las formas de abonamiento, con 5527.7 kg. ha⁻¹ con la forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI), 5429.4kg. ha⁻¹, con el abonamiento A2(Rh+GI) y 4994.4 kg. ha⁻¹ con el abonamiento A1(MM+GI); a excepción de la fertilización química, en la que la variedad Liberteña alcanzó el mayor rendimiento, con 4704.2 kg. ha⁻¹ de grano. Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo en las tres variedades, con 4531.3, 3275.8 y 3976.7 kg. ha⁻¹, para las variedades Menita, Liberteña y Ucayali, respectivamente, con lo que se puede afirmar la influencia de los microorganismos de montaña, el Rhizobium y el guano de isla en el rendimiento del frijol negro, siendo aún superior cuando se utiliza la combinación de las tres formas de abonamiento es decir MM+Rh+GI.

El rendimiento en grano está asociada al número de vainas por planta, longitud de vainas y al peso de 1000 semillas, en la que la variedad Menita presenta los valores más significativos.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos simples del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm - Ayacucho.

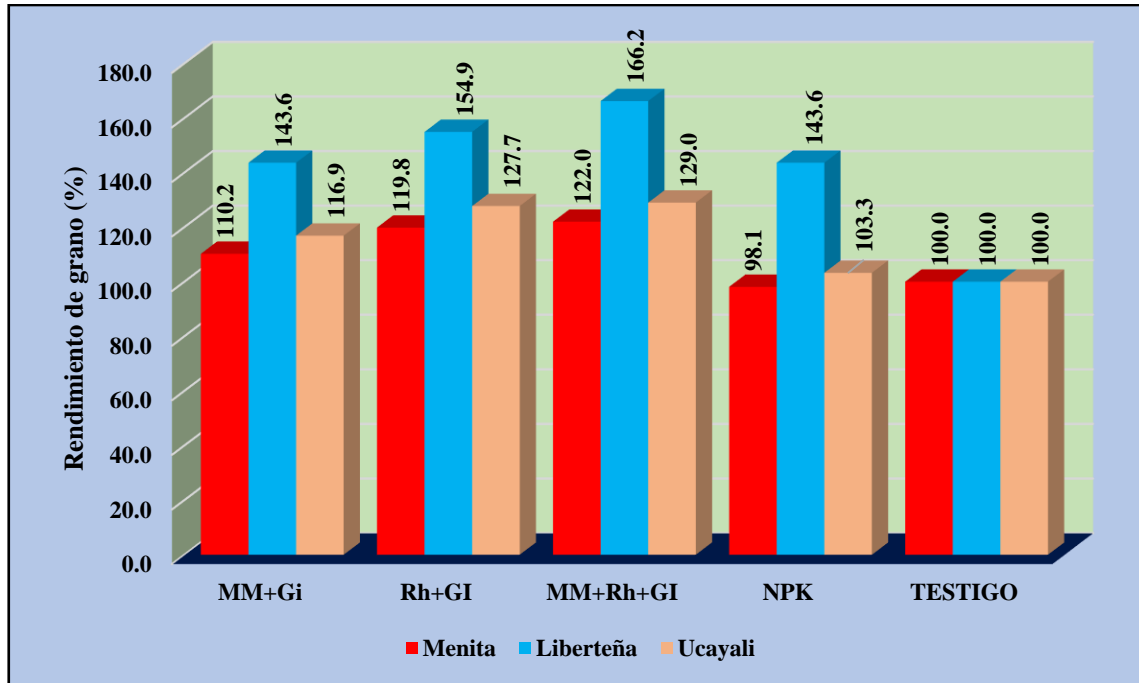


Rodríguez et al. (2014), obtuvo rendimientos entre 1085.8 a 1976.6 kg. ha⁻¹, bajo condiciones de fechas de siembra diferentes en los años 2012 y 2013, dichos resultados son mucho menores con los reportados en el presente trabajo. Villalobos et al. (2016) en el estudio de diferentes variedades de frijol negro obtuvo rendimientos de 900 a 2800 kg. ha⁻¹, teniendo en cuenta que el experimento se realizó en condiciones diferentes.

El mayor rendimiento obtenido con la variedad Menita está relacionada a su capacidad de rendimiento, el mismo que está gobernado genéticamente.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos simples del rendimiento de grano en (%) de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.



En la comparación de las formas de abonamiento con el testigo, se observa en la figura 3.7 que se obtuvieron mayores resultados con la forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI) con la variedad Liberteña con un rendimiento de 66.2% más que el testigo, seguido de la variedad Ucayali con la misma forma de abonamiento con un rendimiento de 29.0% más que el testigo, por último, la variedad Menita con la misma forma de abonamiento en un rendimiento de 22.0% más que el testigo.

El uso de microorganismos promotores del crecimiento (PGPM) ayuda a aumentar los rendimientos de los cultivos además de la protección convencional de las plantas (Calero-Hurtado et al., 2019), por lo que los bioproductos superaron al tratamiento control, con medias productivas superiores para la utilización asociada de ME + FE, con respecto a la aplicación de ME y FE individual y producir 1,09 y 0,66 ton.ha⁻¹, lo que significó incrementos de 25,32% en la época intermedia y 58,63% en la tardía, en relación al tratamiento sin aplicación.

CONCLUSIONES

1. Con las variedades Menita, Liberteña y Ucayali se obtuvieron los mejores rendimientos al aplicar la forma de abonamiento A3 (MM+Rh+GI), con 5527.7 kg.ha⁻¹, 5445.0 kg.ha⁻¹ y 5129.6 kg.ha⁻¹, respectivamente.
2. En general, la variedad Menita alcanzó el mayor rendimiento, con 4985.5 kg.ha⁻¹, seguida de la variedad Liberteña, con 4647.9 kg. ha⁻¹; siendo la variedad Ucayali la que obtuvo el menor rendimiento, con 4587.5 kg.ha⁻¹.
3. En relación a la precocidad, la variedad Menita se comportó como la más precoz, llegando a la madurez de cosecha a los 110.39 días después de la siembra, seguida de las variedades Liberteña y Ucayali, con 118.57 y 123.58 días después de la siembra, respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Repetir el ensayo considerando otras variedades de frijol negro.
- Fomentar el cultivo de frijol negro de la variedad Menita, por su valor nutricional, su fácil adaptación y mayor rendimiento.
- Incentivar al consumo de variedades de frijol de grano negro, por su alto valor nutricional.
- Se recomienda que la aplicación de MM en horas donde no haya alta radiación solar, ya sea por la mañana o por la noche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeles-Nuñez, J. G., & Cruz-Acosta, T. (2015). *Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol* (Vol. 6). Revista mexicana de ciencias agrícolas.
- ARIAS , M. (2011). *Evaluación de variedades de frijol rojo (Phaseolus vulgaris. L) en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo Típico del Municipio Primero de Enero.*
- Calero-Hurtado, A. Q.-R.-D.-V.-C.-H.-H.-R.-D.-V.-C.-H. (2019). *Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo de frijol* . Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Carrillo, B. (2018). *Efecto de la mezcla de abonos sintéticos y guano de isla en el rendimiento del cultivo de vainita en condiciones del centro Allpa Rumi de Marcará, 2017.*
- Cayetano Terrel, P. P. (2022). Estudio de Vigilancia Tecnológica en el cultivo de frijol. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - INIA.*
- Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. (1987). *Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol.* Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mpgIE_jDedMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=CIAT+1987&ots=COj7GOy9XM&sig=1cj-3NXNjnjG3-EI-qhMi8fqzT0#v=onepage&q=CIAT%201987&f=false
- Debouck, D., & Hidalgo, R. (1984). *Morfología de la planta de fríjol común (phaseolus vulgaris L.)*. Cali: Centro internacional de agricultuta tropical CIAT. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AtOLF2NhJogC&oi=fnd&pg=PA9&dq=morfologia+del+frijol&ots=f33IKzbFyZ&sig=wPedv7P4rOfTOk_6Auj4uF61qr8#v=onepage&q&f=false
- Estrada Gutierrez, M., & Peralta Castillo , J. (2004). Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común variedad dor-364, postera 2001. *Universidad Nacional Agraria* .
- FAO. (1997). Alimentación de cuyes y conejos, Cartilla tecnológica N°41.
- Fernandez , F., Gepts, P., & López , M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. doi:https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69566/66284_Etapas_de_desarrollo_de_la_planta_de_frijol_com%C3%BAAn_Phaseolus_vulgaris_L..pdf?squence=1

- Frascarelli, G., Galiese, T., D'Agostino, N., Cafasso², D., Cozzolino², S., Sparvoli⁴, F., . . . Papa¹, R. (2025). La historia evolutiva del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) revelada. *Check for updates*, 12.
- García, J., Hernandez, M., Rene, G., Delgado, A., & Pino, R. (1999). Comparación de dos cultivares de frijol común para siembra en varias épocas con dos multilíneas de frijol en las condiciones ecológicas de Pinar del Río. *Centro agrícola*, 19, 63-66.
- Gepts, P. (1986). *Phaseolus vulgaris* L. En *El cultivo del frijol común en América tropical (manual técnico)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Hansen, M. (1990). *Escape del círculo vicioso de los plaguicidas: El reemplazo de los plaguicidas en los países en vías de desarrollo*. Consumer Policy Institute.
- Henríquez, G. R., Prophete, E., & Orellana, C. L. (1992). *Manejo agronomico del cultivo del frijol* (5 ed.). Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2015/SB_327_U5_Vol.5.pdf
- Huaranca Aliaga, D. G. (2023). Rendimiento de tres variedades de frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con tutor y sin tutor. Canaán 2735 msnm. *Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga*.
- Itzá-Kantún, G., Castillo-Caamal, J., Escalante-Euán, J., & Santos-Flores, J. (2008). Efecto de microorganismos de monte y abonos en el suelo y el rendimiento de Maíz en Yucatán. *Bioagrobiencias*.
- Jara, C., & Navarro-Racines, C. E. (2021). *Guía de manejo agronómico de frijol arbustivo para pequeños agricultores*. Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria-CCAFS.
- Latourneire Moreno, L., Yupit Moo, E., Tuxill, J., Mendoza Elos, M., Arias Reyes, L., Castañon Najera, G., & Chávez Servia, J. (2005). Sistema tradicional de almacenamiento de semilla de frijol y calabaza en Yaxcaba, Yucatan. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 51. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028107.pdf>
- López Salinas, E., Toquy Valle, Ó. H., Ugalde Acosta, F. J., & Acosta Gallegos, J. A. (2008). Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Rev.fitotec.Mex*, 31.
- Lucero Huasasquiche Sarmiento, L. D. (2025). *Manual para la inoculación de rizobios en leguminosas*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Maqueira Lopez, L. A., Rojan Herrera, O., Pérez mesa, S. A., & Torres de la Noval, W. (2017). Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de los palacios. *INCA*, 38, 60-61.

- Ocampo, N. (2014). *fotosíntesis*.
- Palomino Bendezú, A. (2014). *Rendimiento de tres cultivares de frijol, en condiciones de ceja de selva-Ayacucho*. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga .
- Pardo, G., Cavero, J., Aibar, J., & Zaragoza, C. (2009). Nutrient evolution in soil and cereal yield under different fertilization type in dryland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*.
- Pastor-Corrales , M. (1985). *Enfermedades del frijol causadas por hongos*.
- Paz, L. (2017). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/346604468/Tabla-Del-Valor-Nutricional-Del-Frijol>
- PONCE, M., ORTIZ, C., MARTÍNEZ, A., CARBONELL, A., MARTÍN , A., ACOSTA , S., & MIRANDA, C. (2003). Caracterización de una amplia colección de frijol y resultados de la selección campesina. *Cultivos Tropicales*, 24.
- Rodríguez Rodríguez, J. R., López-Salinas, E., & Tosquy-Valle, O. H. (2014). Componentes del rendimiento de frijol negro en diferentes fechas de siembra durante ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz, México. *Biológico Agropecuario Tuxpan*, 88-89.
- Rodríguez, Y. (2006). Evaluación de 15 cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa.
- Rodríguez-Calampa, N., & Tafur-Torres, Z. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. *Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental, Peru*, 1-1.
- Romao Souza, L. F., Cámara de Souza Junior, N., Carlos Fernandes, G., Nishimoto Ito, W. C., Barbosa, M. C., Bernardes Freitas , L., . . . do Nascimento , V. (2024). Respuesta de *Phaseolus vulgaris* al uso de microorganismos promotores del crecimiento asociados a la reducción de la fertilización NPK en suelos tropicales: Oxisol arcilloso y Ultisol arenoso. *MDPI*.
- Romero Muñoz , K. (2015). *Evaluación de 2 analogos de brasinoesteroides a nivel de invernadero en una variedad de frijol negro (Phaseolus vulgaris)*. Puebla. Recuperado el 28 de Abril de 2025, de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/2b2331b3-9a7f-4d17-9279-d6758cc85921/content>
- Rosabal Ayan, L., Martínez Gonzáles , L., Reyes Guerrero, Y., & Núñez Vázquez, M. (2013). Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 34. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000300011&script=sci_arttext&tlng=en

- Sánchez Contreras, M., Gonzáles Flores , T., Ayora Talavera , T., Evangelista Martínez, Z., & Pacheco López, N. A. (2017). ¿Qué son los microbios? *Ciencia* , 17.
- Serrano, J. &. (2004). papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *archivos latinoamericanos de nutrición* .
- Shener, C. (2021). *INOCULACIÓN CON Rhizobium phaseoli En tres genotipos de Phaseolus vulgaris L. bajo dos densidades de población*. Universidad Autónoma De Nuevo León.
- Singh, S., Debouck, D., & Gepts, P. (1988). *Razas de frijol común Phaseolus vulgaris L.*
- Toledo, J. (2003). *cultivo y morfología*.
- Valladolid, A. (1993). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L .) en la costa del Perú INIA*.
- Vázquez García, J., Vila Valqui, N. C., & Malqui Ramos, R. F. (2023). *Manual de manejo agronómico de frijol en regiones andinas*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/>
- Vásquez Lozano, Danny Jarlis; Ureta Sierra, Cledy; Campos Ruiz, José; Ramírez Maguiña, Héctor Andrés; Chávez-Collantes, Azucena; Velarde-Apaza, Leslie Diana; Solórzano, Richard; Cadenillas Martínez, Attilio Israel;. (2025). La inoculación con *Rhizobium* mantiene rendimientos óptimos en el frijol común nativo (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo fertilización deficiente en nitrógeno. *MDPI*.
- Villalobos Olivera , A., Gonzáles Morales, A., Santiago Batista, F., Iglesias Alfonso , A., Martínez Rodrigues , J., & Martpinez Rodrigues , M. (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*. L) en la finca «Las María» del municipio Primero de Enero. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/316033436_COMportamiento_agroproductivo_de_diferentes_variedades_de_frijol_negro_phaseolus_vulgaris_l_en_la_finca_las_maria_del_municipio_Primerode_Enero
- Villar Bendezu, N. I. (2025). *Rendimiento del frejol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm - Ayacucho 2023*. UNSCH.
- White, J. (1985). *Conceptos basicos de fisiologia del frijol* .

ANEXOS

Anexo 1.

Días a la emergencia de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico, Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA					
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
I	7.02	7.84	7.05	7.98	7.04	9.11	9.45	9.12	9.32	9.5	7.2	7.65	7.25	7.12	7.71	
II	7.18	7.65	7.21	7.85	7.5	9.55	9.74	9.54	9.74	9.14	7.5	7.44	7.65	7.22	7.45	
III	7.74	7.33	7.12	7.11	7.1	9.02	9.84	9.2	9.65	9.14	7.45	7.78	7.08	7.65	7.74	
Σ	21.94	22.82	21.38	22.94	21.64	27.68	29.03	27.86	28.71	27.78	22.15	22.87	21.98	21.99	22.9	
\bar{X}	7.31	7.61	7.1	7.65	7.21	9.23	9.7	9.29	9.57	9.26	7.38	7.62	7.33	7.33	7.63	
\bar{X}. Var.	7.38					9.40					7.46					
\bar{X}. Abon.	A1	A2			A3		A4		A5							
	8.30	7.91			8.18		8.04		8.30							

Anexo 2.

Días a la floración de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn-Ayacucho

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA					
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	
I	56.2	56.3	56.01	56.25	56.32	59.51	59.2	59.32	59.45	59.12	48.32	48.12	48.039	48.78	48.45	
II	56.2	56.3	56.01	56.25	56.32	59.41	59.87	59.12	59.65	59.1	48.98	48.45	48.32	48.12	48.5	
III	56.37	56.6	56.9	56.45	56.44	59.81	59.4	59.65	59.47	59.8	48.2	48.01	48.35	48.54	48.78	
Σ	168.77	169.2	168.92	168.95	169.08	178.73	178.47	178.09	178.57	178.02	145.5	144.58	144.709	145.44	145.73	
\bar{X}	56.26	56.40	56.31	56.32	56.36	59.6	59.49	59.36	59.52	59.34	48.50	48.2	48.2	48.48	48.58	
\bar{X}. Var.	56.33					59.46					48.40					
\bar{X}. Abon.	A1	A2			A3		A4		A5							
	54.78	54.69			54.64		54.77		54.76							

Anexo 3.

Días a la formación de vaina de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	67.5	67.6	67.2	67.12	67.21	71.32	71.12	71.22	71.021	71.18	61.22	61.8	61.1	61.78	61.08
II	67.7	67.12	67.5	67.02	67.98	71.32	71.5	71.3	71.78	71.5	61.9	61.12	61.11	61.54	61.68
III	67.87	67.21	67.34	67.33	67.65	71.74	71.65	71.7	71.2	71.6	61.78	61.1	61.54	61.77	61.14
Σ	203.07	201.93	202.04	201.47	202.84	214.38	214.27	214.22	214.001	214.28	184.9	184.02	183.75	185.09	183.9
\bar{X}	67.69	67.31	67.35	67.16	67.61	71.5	71.42	71.41	71.33	71.43	61.63	61.34	61.25	61.70	61.30
\bar{X}. Var.	67.42					71.41					61.44				
\bar{X}. Abon.	A1		A2			A3			A4		A5				
	66.93		66.69			66.67			66.73		66.78				

Anexo 4.

Días a la madurez fisiológica de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	106.01	106.8	106.61	106.2	106.8	103.21	103.84	103.21	103.07	103.9	97.2	97.66	97.45	97.22	97.32
II	106.45	106.12	106.45	106.12	106.7	103.87	103.33	103.12	103.54	103.087	97.23	97.54	97.71	97.54	97.6
III	106.9	106.91	106.85	106.23	106.7	103.65	103.8	103.8	103.07	103.9	97.45	97.45	97.4	97.2	97.65
Σ	319.36	319.83	319.91	318.55	320.2	310.73	310.97	310.13	309.68	310.887	291.88	292.65	292.56	291.96	292.57
\bar{X}	106.45	106.61	106.64	106.18	106.7	103.58	103.66	103.38	103.23	103.63	97.29	97.55	97.52	97.32	97.52
\bar{X}. Var.	106.52					103.49					97.44				
\bar{X}. Abon.	A1		A2			A3			A4		A5				
	102.44		102.61			102.51			102.24		102.63				

Anexo 5.

Días a la madurez de cosecha de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	123.8	123.5	123.65	123.25	123.32	118.25	118.84	118.9	118.57	118.12	110.66	110.12	110.1	110.35	110.81
II	123.4	123.65	123.44	123.2	123.21	118.87	118.6	118.4	118.84	118.54	110.5	110.2	110.125	110.35	110.8
III	123.88	123.52	123.45	123.5	123.4	118.6	118.85	118.25	118.65	118.2	110.4	110.3	110.82	110.22	110.12
Σ	371.08	370.67	370.54	369.95	369.93	355.72	356.29	355.55	356.06	354.86	331.56	330.62	331.045	330.92	331.73
\bar{X}	123.69	123.56	123.51	123.32	123.31	118.57	118.76	118.52	118.69	118.29	110.52	110.2	110.35	110.31	110.58
\bar{X}. Var.	123.48					118.57					110.39				
\bar{X}. Abon.	A1		A2			A3			A4		A5				
	117.60		117.51			117.46			117.44		117.39				

Anexo 6.

Altura de planta (cm) de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	80.42	66.92	70.58	64.83	77.67	81.17	97.92	104.17	74.83	66.42	101.67	88.50	116.17	86.08	67.58
II	90.58	81.50	95.33	68.00	71.92	92.33	86.08	90.00	73.25	88.25	97.33	85.58	97.58	64.50	66.92
III	73.67	86.67	86.58	68.08	67.25	93.17	87.83	89.17	87.50	67.25	80.92	85.17	87.83	68.08	79.92
Σ	244.67	235.08	252.50	200.92	216.83	266.67	271.83	283.33	235.58	221.92	279.92	259.25	301.58	218.67	214.42
\bar{X}	81.56	78.36	84.17	66.97	72.28	88.89	90.61	94.44	78.53	73.97	93.31	86.42	100.53	72.89	71.47
\bar{X}. Var.	76.67					85.29					84.92				
\bar{X}. Abon.	A1		A2			A3			A4		A5				
	87.92		85.13			93.05			72.80		72.57				

Anexo 7.

Numero de vainas por planta de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico . Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	31	80	47	28	34	37	48	41	41	34	37	42	43	36	38
II	33	79	47	27	34	38	46	43	38	32	38	43	47	35	39
III	35	77	48	29	34	37	44	42	37	32	41	43	46	34	38
Σ	98.47	234.77	141.60	83.10	101.68	112.26	137.8	124.97	116.08	97.62	115.88	126.80	135.97	105.98	114.64
\bar{X}	32.82	78.7	47.20	28.00	33.89	37.42	45.94	41.66	38.69	32.54	38.63	42.27	45.32	35.33	38.21
\bar{X} . Var.	43.97					39.25					39.95				
	A1		A2			A3			A4		A5				
\bar{X} . Abon.	36.29		55.49			44.73			33.91		34.88				

Anexo 8.

Longitud de vaina de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	10.13	10.03	9.97	9.35	8.88	10.43	11.23	10.90	10.46	10.58	8.25	9.00	9.36	9.60	10.18
II	9.80	10.05	10.50	9.70	8.32	10.55	11.23	10.95	10.06	9.25	8.35	9.00	9.68	10.19	11.38
III	8.20	10.13	10.13	9.65	7.72	10.11	10.72	10.55	10.46	9.99	10.15	9.20	9.89	9.29	9.53
Σ	28.12	30.20	30.60	28.70	24.91	31.08	33.17	32.40	30.97	29.81	26.75	27.20	28.92	29.08	31.08
\bar{X}	9.37	10.07	10.20	9.57	8.30	10.36	11.06	10.80	10.32	9.94	8.92	9.07	9.64	9.69	10.36
\bar{X} . Var.	9.50					10.50					9.53				
	A1		A2			A3			A4		A5				
\bar{X} . Abon.	9.55		10.06			10.21			9.86		9.53				

Anexo 9.

Numero de granos por vaina de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	6	6	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6
II	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	7	6	6	7
III	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Σ	16.7	17.6	18.8	16.3	18.3	18.4	18.9	17.8	18.2	18.1	17.6	18.3	16.9	18.3	19.8
\bar{X}	5.6	5.9	6.3	5.4	6.1	6.1	6.3	5.9	6.1	6.0	5.9	6.1	5.6	6.1	6.6
\bar{X} . Var.	5.8					6.1					6.2				
	A1					A2					A3				
\bar{X} . Abon.	5.8					6.1					5.9				
	A4					A5									
	5.8					6.1					5.9				
	6.2										6.2				

Anexo 10.

Peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msmn – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	210.03	209.89	212.21	209.32	208.91	256.52	242.23	258.32	242.21	240.25	275.12	272.25	271.26	266.94	260.60
II	211.03	209.12	213.90	210.10	209.02	254.10	252.21	255.28	248.12	246.23	276.24	274.12	278.01	270.18	266.92
III	211.03	209.12	213.90	210.10	209.02	254.10	252.21	255.28	248.12	246.23	276.24	274.12	278.01	270.18	266.92
Σ	632.08	628.14	640.01	629.52	626.96	764.72	746.65	768.88	738.45	732.71	827.60	820.49	827.28	807.29	794.44
\bar{X}	210.69	209.38	213.34	209.84	208.99	254.91	248.88	256.29	246.15	244.24	275.87	273.50	275.76	269.10	264.81
\bar{X} . Var.	210.45					250.09					271.81				
	A1					A2					A3				
\bar{X} . Abon.	247.16					243.92					248.46				
	A4					A5									
	247.16					243.92					241.70				
	248.46										239.35				

Anexo 11.

Rendimiento de grano por hectárea(kg/ha) de tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) con microorganismos y abono organico. Canaan 2750 msnm – Ayacucho.

BLOQUES	Var. UCAYALI					Var. LIBERTEÑA					Var. MENITA				
	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
I	4463.8	5211.9	5093.8	3843.8	3802.5	4750.0	5070.0	5552.5	4550.0	3182.5	4893.1	5621.9	5602.5	4440.0	4398.8
II	4463.8	4950.6	5281.3	4387.5	4302.5	4537.5	5013.8	5443.8	4781.3	3262.5	4493.8	5507.5	5415.6	4443.8	4631.3
III	5013.8	5076.3	5013.8	4087.5	3825.0	4931.3	5140.6	5338.8	4781.3	3382.5	5596.3	5158.8	5565.0	4451.3	4563.8
Σ	13941.3	15238.8	15388.8	12318.8	11930.0	14218.8	15224.4	16335.0	14112.5	9827.5	14983.1	16288.1	16583.1	13335.0	13593.8
\bar{X}	4647.1	5079.6	5129.6	4106.3	3976.7	4739.6	5074.8	5445.0	4704.2	3275.8	4994.4	5429.4	5527.7	4445.0	4531.3
\bar{X} . Var.	4587.8					4647.9					4985.5				
	A1		A2			A3			A4		A5				
\bar{X} . Abon.	4793.7		5194.6			5367.4			4418.5		3927.9				

Anexo 12.

Análisis de caracterización del suelo experimental, Canaán 2750 msnm. Ayacucho 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
 LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Región : Ayacucho HR: 00416
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray
 Localidad : C. E. Canaán - UNSCH
 Proyecto : Tesis: “Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán 2735msnm, Ayacucho, 2023”
 Solicitante : Srta. Jessica Najarro Torre

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O)	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺	
01	46.2	18.9	34.9	Fr-Ar-Ao	8.22	0.64	1.0	2.14	0.11	28.6	59.6	9.36	2.16	0.31	0.48	0.0	0.0	18.3

Ayacucho, 18 de Diciembre del 2023.

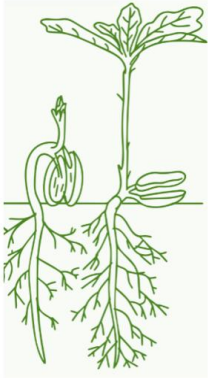




LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

 Juan B. Giron Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso






Anexo 13.

Precocidad de la variedad Ucayali

PRECOCIDAD DEL FRIJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA VARIEDAD UCAYALI				
				
Emergencia	Floración	Formación de vainas	Madurez fisiológica	Madurez de cosecha
7.38	56.33	67.42	106.52	123.48
DÍAS				






Anexo 14.

Precocidad de la variedad Liberteña

PRECOCIDAD DEL FRIJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA VARIEDAD LIBERTEÑA				
				
Emergencia	Floración	Formación de vainas	Madurez fisiológica	Madurez de cosecha
9.40	59.46	71.41	103.49	118.57
DÍAS				

Anexo 15.

Precocidad de la variedad Menita

PRECOCIDAD DEL FRIJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA VARIEDAD MENITA				
				
Emergencia	Floración	Formación de vainas	Madurez fisiológica	Madurez de cosecha
7.46	48.4	61.44	97.44	110.39
DÍAS				

Anexo 16.

Panel fotográfico

Foto 1. Prueba de germinación de semillas de las variedades Ucayali, Libertea y Menita



Foto 2. Preparación de terreno, seguido de la delimitación y marcación del campo experimental.



Foto 3. Preparación de la semilla de frijol negro de las variedades Ucayali, Liberteña y Menita con el Rhizobium (Rh).



Foto 4. Siembra de los cultivares de Ucayali, Menita y Liberteña



Foto 5. Riego por goteo del campo experimental del cultivo de frijol negro.



Foto 6. Problemas de hongos a las primeras semanas después de la siembra



Foto 7. El cultivo de frijol negro en las primeras semanas variedad Ucayali y Liberteña respectivamente.



Foto 8. Abonamiento de las unidades experimentales T4, T9 y T14 con NPK optimo en las 3 repeticiones.



Foto 9. El cultivo de frijol negro después de su primer deshierbo



Foto 10. Primeros botones florales del frijol negro



Foto 11. Riego por goteo



Foto 12. Evaluación de plagas o enfermedades del cultivo de frijol negro de los cultivares Ucayali, Libertena y Menita.



Foto 13. Aparición de primeras vinas en el campo experimental, específicamente en la variedad Menita.



Foto 14. Vista de la floración en los ápices de las plantas de frijol negro en la Variedad Menita y Liberteña respectivamente.



Foto 15. Vista del campo experimental a la novena semana después de la siembra.



Foto 16. Evaluación de altura de planta del frijol negro variedad Ucayali, Libertena y Menita



Foto 17. Formación de las últimas vainas del cultivar de frijol negro



Foto 18. Preparación de microorganismos de montaña (MM) para su respectiva aplicación a las unidades experimentales T1, T3.T6, T8, T10 Y T13



Foto 19. Aplicación de (MM) en las parcelas de estudio, cada 15 días en las unidades experimentales T1, T3.T6, T8, T10 Y T13.



Foto 20. Madurez fisiológica del cultivo de frijol negro.



Foto 21. Cosecha del frijol negro en 20/03/2024.



Foto 22. Selección de plantas para la evaluación



Foto 23. Evaluación por planta del cultivo de frijol negro.



Foto 24. Trilla manual del cultivo de frijol negro



Foto 25. Campo experimental del proyecto “Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023”





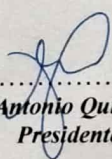
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JESSICA NAJARRO TORRE
R.D. N° 476-2025-UNSCH-FCA-D

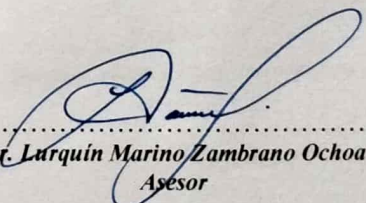
En la ciudad de Ayacucho a los diecinueve días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las diez horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa como asesor, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo y el Ing. Juan Benjamín Girón Molina; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma, presentado por la Bachiller **JESSICA NAJARRO TORRE**.

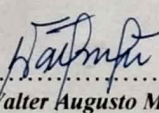
El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

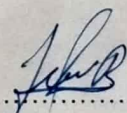
Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	16	16	16
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	16	15	16	16
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	15	14	15	15
Ing. Juan Benjamín Girón Molina	16	15	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

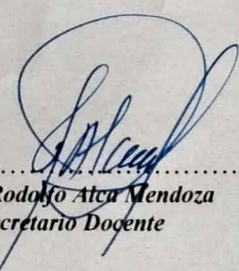
Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Presidente


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Asesor


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Jurado


.....
Ing. Juan Benjamín Girón Molina
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por la R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado:

Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023

Autor : Jessica NAJARRO TORRE
Asesor : Lurquín Marino ZAMBRANO OCHOA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de veintiuno por ciento **(21%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2853591223

Ayacucho, 07 de enero de 2026

.....
Angela J. Requis Quintanilla

M.Sc. en Fitopatología
E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023

por Jessica NAJARRO TORRE

Fecha de entrega: 07-ene-2026 09:59a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2853591223

Nombre del archivo: TESIS_CORREGIDO.pdf (3.81M)

Total de palabras: 22176

Total de caracteres: 118202

Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	1%
6	ciat-library.ciat.cgiar.org Fuente de Internet	1%
7	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	1%

9	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1 %
11	www.fao.org Fuente de Internet	1 %
12	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	1 %
13	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
14	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
15	cict.umcc.cu Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
19	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %

repositorio.uaaan.mx:8080

20	Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	pdfs.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1 %
23	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
24	pdf.usaid.gov Fuente de Internet	<1 %
25	pdffox.com Fuente de Internet	<1 %
26	revistas.unica.cu Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo

Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023

Jessica Najarro Torre¹, jessica.najarro.01@unsch.edu.pe
Lurquín Marino Zambrano Ochoa² lurquin.zambrano@unsch.edu.pe
Áreas de investigación : Medio Ambiente
Línea de investigación : Desarrollo sostenible

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y región Ayacucho; con el objetivo de determinar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). Se utilizó el diseño de parcelas divididas (DPD), correspondiendo las parcelas a las variedades de frijol negro y subparcelas al abonamiento con microorganismos y abonos orgánicos, con 3 repeticiones, haciendo un total de 45 unidades experimentales. Se evaluaron la precocidad y el rendimiento de las variedades de frijol en estudio: Ucayali, Libertena y Menita. Se determinó que la variedad Menita fue la más precoz a la madurez fisiológica, con un promedio de 97.4 dds, mientras que la variedad Ucayali se comportó como tardía con 106.5 dds. La variedad Libertena presentó mayor altura de planta, alcanzando 85.29 cm., sin diferencia de las demás variedades; con la aplicación de abonamiento A3(MM+Rh+GI) se alcanzó una altura de planta de 93.1 cm. El número de vainas por planta, la variedad Ucayali presentó mayor número (43.97); con el abonamiento A2 (Rh+GI) y A3(MM+Rh+GI) se obtuvo el mayor número de vainas por planta, con valores de 78.7 y 47.3 vainas, respectivamente. El peso de 1000 semillas varía de 210.45 a 271.81 gramos, que corresponden a las variedades Ucayali y Menita, respectivamente; la variedad Menita obtuvo el mayor peso de 1000 semillas en las cinco formas de abonamiento. El mayor rendimiento en grano se consiguió con la variedad Menita, que alcanzó 4985.5 kg.ha⁻¹, mientras que la variedad Ucayali tuvo el menor rendimiento, con 4587.8 kg.ha⁻¹; con la forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI) se obtuvo 5527.7 kg.ha⁻¹ de frijol con la misma variedad. Así como 5429.4 kg.ha⁻¹ con el abonamiento A2(Rh+GI).

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L, rendimiento, precocidad, variedad, microorganismos.

Microorganisms and organic fertilizers in the yield of three varieties of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 masl, Ayacucho, 2023

Jessica Najarro Torre¹, jessica.najarro.01@unsch.edu.pe
Lurquín Marino Zambrano Ochoa² lurquin.zambrano@unsch.edu.pe
Research áreas : Environment
Research line : Sustainable development

ABSTRACT

The work was carried out at the Canaán Experimental Center of the National University of San Cristóbal de Huamanga, located in the district of Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, province of Huamanga, and region of Ayacucho. The objective was to determine the influence of applying microorganisms and organic fertilizers on the yield of three varieties of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.). A split-plot design was used, with the main plots corresponding to the black bean varieties and subplots to the fertilization with microorganisms and organic fertilizers. Three replications were used, for a total of 45 experimental units. The earliness and yield of the bean varieties under study Ucayali, Libertena, and Menita were evaluated. The Menita variety was determined to be the earliest to reach physiological maturity, with an average of 97.4 days after sowing (DAS), while the Ucayali variety was late-maturing at 106.5 DAS. The Libertena variety exhibited the greatest plant height, reaching 85.29 cm, with no significant difference among the other varieties. With the application of fertilizer A3 (MM+Rh+GI), a plant height of 93.1 cm was achieved. The number of pods per plant, the Ucayali variety had the highest number (43.97). The highest number of pods per plant was obtained with fertilizers A2 (Rh+GI) and A3 (MM+Rh+GI), with values of 78.7 and 47.3 pods, respectively. The weight of 1000 seeds varied from 210.45 to 271.81 grams, corresponding to the Ucayali and Menita varieties, respectively. The Menita variety obtained the highest weight of 1000 seeds across all five fertilization methods. The highest grain yield was achieved with the Menita variety, reaching 4985.5 kg.ha⁻¹, while the Ucayali variety had the lowest yield, at 4587.8 kg.ha⁻¹. With fertilization method A3 (MM+Rh+GI), 5527.7 kg.ha⁻¹ of beans were obtained with the same variety, and 5429.4 kg.ha⁻¹ with fertilization method A2 (Rh+GI).

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L, yield, earliness, variety, microorganisms

I. INTRODUCCIÓN

El frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) se originó en Mesoamérica, región que abarca desde el sur de México hasta Centroamérica, estos frijoles fueron domesticados hace más de 7000 años por civilizaciones como Los Mayas y Aztecas que los cultivaban junto al maíz y calabaza, en general el frijol negro es una de las tantas variedades que provienen del frijol común.

El frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas más importantes, se adapta bien a diferentes tipos de suelos y climas del Perú, también tiene importancia nutricional tanto para el hombre como para los animales, actúa como nitrificante del suelo, debido a la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico, también que forma parte de los cultivos tradicionales por su valor nutritivo y económico (Cayetano, 2022)

En la actualidad, las necesidades de nuevas prácticas agrícolas, que permitan una mejor utilización del suelo y conlleve a una producción sostenible se ha incrementado en los últimos años, porque la producción no llega a los rendimientos requeridos por los agricultores, ya que mencionan que el uso de fertilizantes químicos es caro, son conscientes en la necesidad de fertilizar los suelos para optimizar la producción y conseguir mayores rendimientos (Estrada & Peralta , 2004).

En Perú se hace cada día más común la utilización de abonos orgánicos por varios factores: el costo de fertilizantes y la dependencia de ellos, mayor contaminación de recursos naturales como el suelo, por ello se busca alternativas sostenibles como es el caso de los abonos orgánicos y los diferentes tipos de microorganismos, de esta manera llegar a un buen rendimiento y calidad por hectárea en el caso del frijol negro.

Por todo ello, en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y el Centro Experimental Canaán-UNSCH, se realizan diversas Investigaciones de Innovación Agraria, con plantas de diferentes especies realizando estudios para maximizar el potencial agronómicos, entre ellos se encuentra las variedades de frijol negro (Ucayali, Liberteña y Menita)

Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo las condiciones de Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Ucayali.
2. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Libertena.
3. Evaluar la influencia de la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en la productividad de frijol negro variedad Menita.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

La investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, con una altitud de 2735 msnm, con una latitud sur de 13°10'09'' y longitud oeste de 74°12'18'', región quechua.

2.2. Análisis físico químico del suelo

Para determinar las propiedades del suelo, se realizó un muestreo empleando el método de Zig zag, a una profundidad de 20 cm, obteniendo una muestra representativa de 2kg, para su respectivo análisis la misma que fue derivado al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería.

A partir de los resultados del análisis químico y los requerimientos de la planta, se calculó la fórmula de abonamiento de 220-190-150 N-P₂O₅-K₂O para un rendimiento estimado de 3 toneladas por hectarea, para la forma de abonamiento A4 de NPK optimo, empleándose como los siguientes abonos: urea, fosfato di amónico y cloruro de potasio, en el caso de la urea en dos partes, la primera mitad en la siembra y la segunda en el aporque.

2.3. Materiales, equipos, insumos y material biológico

- **Materiales:** Herramientas de trabajo (Tractor agrícola, azadón, rastrillo, etc.), Herramientas para para la delimitación y demarcación de las parcelas (Wincha de 25 m, estacas, cordeles, Etc.), libreta de campo y lapiceros.
- **Equipos:** Balanza, laptop, cámara, etc.
- **Insumos:** Semillas de frijol (Ucayali, Libertena, Menita), abonos orgánicos (Guano de Isla).
- **Material biológico:** microorganismos de montaña (MM), Rhizobium (Rh)

2.4. Factores en estudio

2.4.1. Variedades de frijol

- V1: Ucayali
- V2: Liberteña
- V3: Menita

2.4.2. Formas de abonamiento

- A1: Microorganismos de montaña (MM) +Guano de isla (GI)
- A2: Rhizobium (Rh)+Guano de isla (GI)
- A3: Microorganismos de montaña (MM)+Rhizobium (Rh)+ (GI)
- A4: NPK
- A5: Testigo

2.5. Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño Estadístico de Parcelas Divididas (DPD), donde las parcelas corresponden a las variedades de frijol negro y las sub parcelas a las formas de abonamiento, con 3 repeticiones, haciendo un total de 45 unidades experimentales; siendo el Modelo Aditivo Lineal (MAL), el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \theta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Observación cualquiera de la i-ésimo variedad de frijol, en la j-ésimo forma de abonamiento, en el k-ésimo bloque

μ : Promedio general

α_i : Efecto de la i-ésimo variedad de frijol

β_j : Efecto de la j-ésimo forma de abonamiento

θ_{ij} : Efecto de la interacción de la i-esimo variedad de frijol en la j-ésimo forma de abonamiento

ε_{ijk} : Error experimental

2.6. Instalación y conducción del experimento

El experimento se condujo teniendo en cuenta las diversas labores agronómicas, principalmente basado en el acondicionamiento del terreno, siembra, riegos, control de malezas, aporque, control de plagas y enfermedades y cosecha; así también las evaluaciones oportunas y correspondientes.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables de rendimiento

3.1.1. Altura de planta

La altura de planta registrado varía de 66.97 a 100.53 cm en promedio, que corresponden a las variedades Ucayali con A4(NPK) y a la variedad Menita con A3(MM+Rh+GI). Así mismo, la variedad Liberteña alcanzó la máxima altura de planta con un promedio de 85.3cm, seguido de la Variedad Menita con una altura promedio de 84.92 cm; y la menor altura de planta en promedio fue de la variedad Ucayali, con 76.67 cm de altura.

En la tabla 1 se presenta el análisis de varianza de la altura de planta de tres variedades de frijol negro en cinco formas de abonamiento, en la que sólo se encontró alta significación estadística en las formas de abonamiento, siendo el coeficiente de variabilidad de 10.81%, lo que nos indica que se encuentra dentro de los valores aceptables para este tipo de trabajo.

Tabla 1

Análisis de variancia de la altura de planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	64.60	32.30	0.24	0.7993 ns
Variedad (V)	2	713.18	356.59	2.62	0.1877 ns
Error (a)	4	545.14	136.28		
Abonamiento (F)	4	3059.60	764.90	9.67	0.001 **
Inter (VxF)	8	351.20	43.90	0.55	0.8034 ns
Error (b)	24	1898.56	79.11		
Total	44	6632.28			

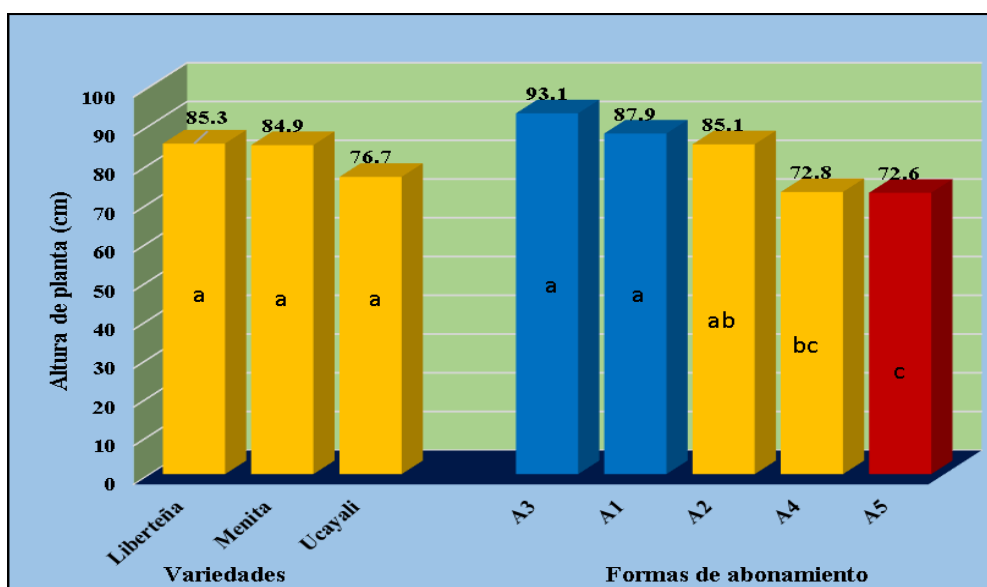
C.V. = 10.81 %

Al realizar la prueba de Tukey para determinar la influencia de las cinco formas de abonamiento en las tres variedades de frijol negro (figura 1), se observa que la mayor altura de planta se obtuvo en la variedad Liberteña, con 85.3 cm, seguida de la variedad Menita, con 84.9 cm y la variedad Ucayali con 76.7 cm, teniendo en cuenta que las 3 variedades no tuvieron diferencia significativa en la altura de planta.

La figura 1, también muestra el efecto de las formas de abonamiento, en la que se observa que la mayor altura de planta se alcanzó con el abonamiento A3(MM+Rh+GI), con 93.1 cm, seguido del abonamiento A1(MM+GI) y A2(Rh+GI) de las que no se diferencia estadísticamente. La menor altura de planta se obtuvo con el abonamiento A5 (testigo), que alcanzó 72.6 cm de altura.

Figura 1

Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta de tres variedades de frijol negro y cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm



Villalobos et al. (2016) menciona que la altura de planta es una característica genética propia de cada variedad de frijol y la interacción con el medio ambiente, indica además que son variables muy importantes debido a la competencia del cultivo, esto hace que las plantas elonguen sus tallos para facilitar la captación de la radiación solar; la altura en variedades de frijol negro oscilan entre 60 a 70 cm, característico de estas variedades por su hábito de crecimiento, la variedad que tubo mayor altura fue el Cabaiguán con 67.4 cm y la variedad de frijol negro con menor altura fue la CUT-53 con 62.8 cm.

3.1.2. Número de vainas por planta

El número de vainas por planta obtenidos en el presente trabajo fue de 28.0 y 78.7 vainas por planta en promedio, que corresponden en ambos a la variedad Ucayali con el abonamiento A4(NPK) y A2(Rh+GI), respectivamente, en general la variedad Ucayali obtuvo la mayor cantidad de vainas por planta en promedio, con 43.97 vainas.

En la tabla 2 se tiene el análisis de varianza del número de vainas por planta de 3 variedades de frijol negro, con diferentes formas de abonamiento en la que se encontró diferencias de alta significación entre las variedades de frijol, en las formas abonamiento y en la interacción de variedades por formas de abonamiento, siendo el coeficiente de variabilidad de 3.18%, lo cual se encuentra dentro de los valores aceptables que nos permite la confiabilidad en los resultados.

Tabla 2

Análisis de variancia del número de vainas por planta de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.18	0.09	0.03	0.9750 ns
Variedad (V)	2	208.84	104.42	29.93	0.0039 **
Error (a)	4	13.96	1.49		
Abonamiento (F)	4	3075.24	768.81	420.63	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	2490.49	311.31	170.32	<0.0001 **
Error (b)	24	43.87	1.83		
Total	44	5832.58			

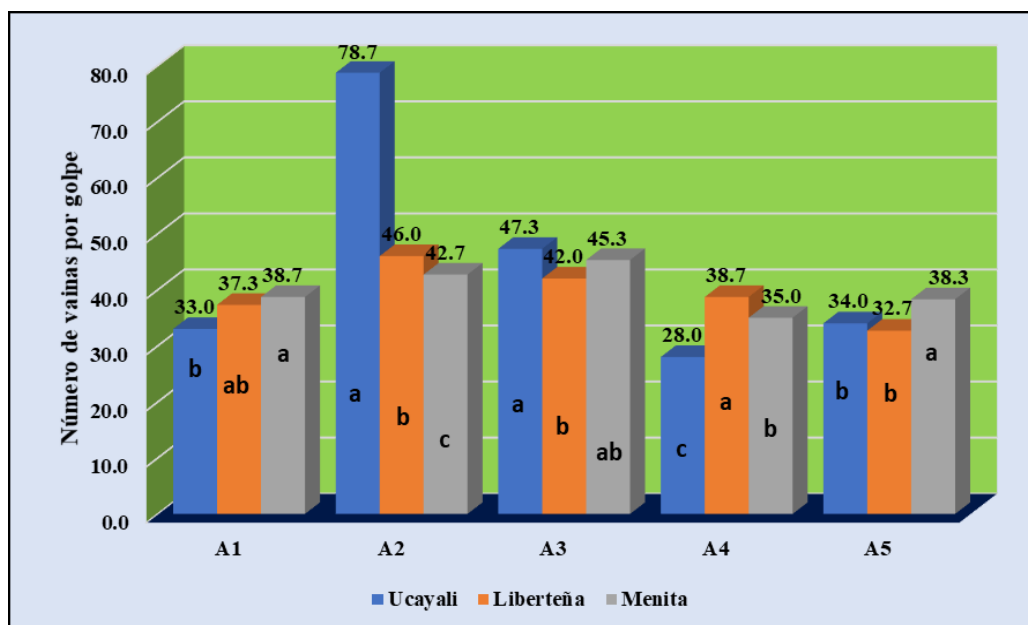
C.V. = 3.18 %

En la figura 2, se muestran los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento de vainas por planta de tres variedades de frijol negro con diferentes formas de abonamiento, en la que se observa que la variedad Ucayali presenta el mayor número de vainas por planta con el abonamiento A2(Rh+GI) y A3(MM+Rh+GI), con 78.7 y 47.3 vainas por planta, respectivamente, diferenciándose estadísticamente de la variedad Liberteña y Menita.

La cantidad de vainas por planta está influenciada por las características genotípicas de cada una de las variedades de la planta de frijol y su interacción con el factor climático y sobre todo por las características genotípicas que tiene.

Figura 2

Prueba de Tukey de los efectos simples del número de vainas por planta en las variedades y formas de abonamiento en el frejol de grano negro. Canaán 2750 msnm



En relación al número de vainas por planta, los resultados obtenidos en el trabajo (78.7 a 28 vaina por planta), son superiores a los reportados por Villalobos et al. (2016), quienes lograron a un promedio de 13 a 20 vainas por planta de frijol negro de los cultivares P-456 y Selección de Palma, respectivamente en condiciones similares a trabajo de investigación. Los reportes de García et al. (1999) muestran resultados de 10.40 a 15 vainas por planta, así como Ponce et al. (2003) que reporta valores de 4.12 a 12.1; Rodríguez (2006), quien reporta valores entre 5.75 y 15.7 vainas por planta y Rodríguez et al (2014) que realizó su investigación en diferentes fechas de siembra de frijol, obtuvo un promedio de 11.84 vainas por planta; podemos notar que los resultados obtenidos por los anteriores autores difieren cuantitativamente, debido posiblemente al lugar y al tipo de investigación con el frijol negro. Los valores obtenidos en el presente estudio son superiores en comparación a los autores señalados anteriormente

3.1.3. Longitud de la vaina

La longitud de vaina obtenidos en el presente trabajo varía de 8.92 a 11.06 cm, que hace referencia a las variedades Menita con el abonamiento A1(MM+GI) y Liberteña con el abonamiento A2(Rh+GI), respectivamente. Las variedades Liberteña, Menita y Ucayali presentaron en promedio 10.5,9.53 y 9.50 cm de longitud de vaina, respectivamente.

Con el abonamiento A3(MM+Rh+GI) se obtuvo en promedio la mayor longitud de vainas, con 10.21 cm y con el testigo (A5) se obtuvo la menor longitud de vaina, con 9.53 cm.

La tabla 3 del análisis de variancia de la longitud de vainas, indica que existe diferencias entre variedades y alta diferencia en la combinación de variedad x abonamiento. El coeficiente de variabilidad fue de 5.59%, lo que nos muestra buena precisión del ensayo.

Tabla 3

Análisis de variancia de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.40	0.20	0.59	0.5940 ns
Variedad (V)	2	9.57	4.78	14.09	0.0155 *
Error (a)	4	1.56	0.34		
Abonamiento (F)	4	3.30	0.82	2.72	0.0534 ns
Inter (VxF)	8	9.75	1.22	4.02	0.0038 **
Error (b)	24	7.27	0.30		
Total	44	31.65			

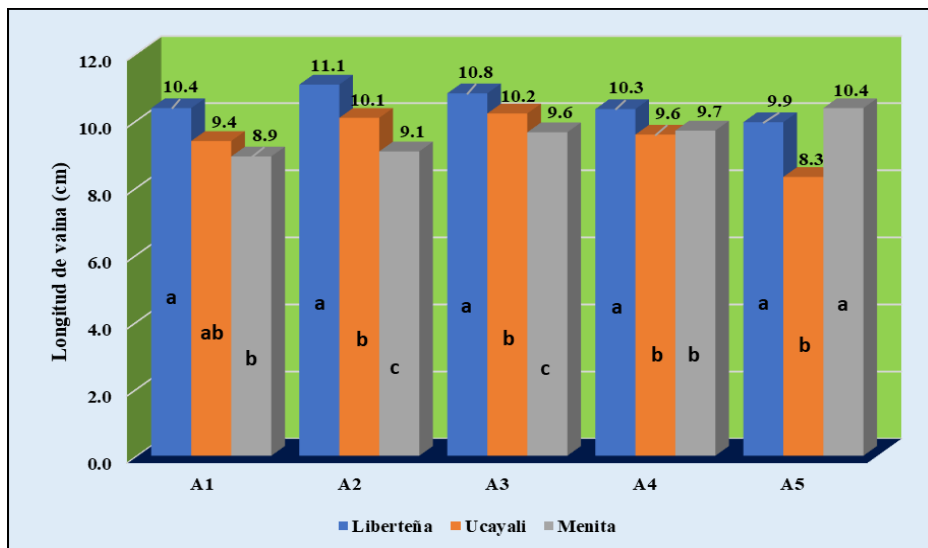
C.V. = 5.59 %

En la Prueba de Tukey, que se presenta en la figura 3 se observa que la variedad Liberteña presenta la mayor longitud de vaina en las cinco formas de abonamiento, siendo mayor con

el abonamiento A2(Rh+GI), con 11.1 cm, seguida de la variedad Ucayali, a excepción de la fertilización A4 (NPK) y el A5(testigo); observando en todos los casos la influencia de la fertilización orgánica en la longitud de vaina.

Figura 3

Prueba de Tukey de los efectos simples de la longitud de vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho



Las diferencias estadísticas de los resultados obtenidos podrían ser debido a diferentes factores, principalmente de las diferencias genéticas entre las variedades, así como de las formas de abonamiento realizadas a cada una de las variedades.

Romero (2015) obtuvo resultados similares en el cultivo de frijol negro, que varían de 9.8 a 11.3 cm de longitud, superando al valor máximo que se obtuvo, que es de 11.1cm; Rosabal et al. (2013) muestra resultados que varían de 9.31 a 10.7 cm, resultados relativamente menores al que se obtuvo en el presente trabajo ya que se trata de la influencia de la aspersión foliar con BB-16.

3.1.4. Número de granos por vaina

El número de granos por vaina obtenidos en el presente trabajo, varían de 5.4 a 6.6 granos, que hace referencia a las variedades Ucayali con A4(NPK Optimo) y Menita con A5(Testigo) respectivamente y en promedio de las tres variedades, tenemos 5.8, 6.1 y 6.2 granos por vainas para las variedades Ucayali, Liberteña y Menita, respectivamente. Así como los promedios de las formas de abonamiento A1(5.8 granos) a A5(6.2 granos).

En la tabla 4 se presenta el análisis de varianza del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento, en la que se observa que no se encontró diferencias en ninguna de las fuentes de variabilidad; el coeficiente de variabilidad fue de 6.55%, que resalta mayor precisión del ensayo realizado.

Tabla 4

Análisis de variancia del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho

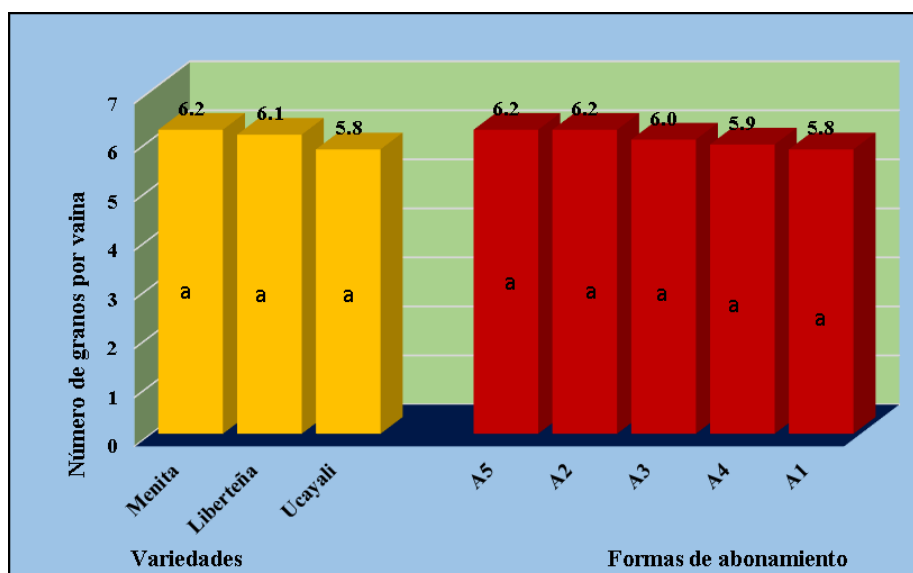
F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	0.04	0.02	0.10	0.9070 ns
Variedades (V)	2	1.24	0.62	2.80	0.1736 ns
Error (a)	4	0.89	0.22		
Abonamiento (F)	4	1.42	0.36	2.29	0.0896 ns
Inter (VxF)	8	1.64	0.21	1.32	0.2803 ns
Error (b)	24	3.73	0.16		
Total	44	8.98			

C.V. = 6.55 %

A manera de ilustración se presenta la Prueba de Tukey (figura 4) del número de granos por vaina, en la que podemos ver que no existen diferencias entre las variedades en estudio y las formas de abonamiento, lo que indica la confiabilidad de los resultados obtenidos, resaltando que esta característica está ampliamente relacionado al factor genético de cada una de las variedades de frijol de grano negro.

Figura 4

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho



López et al. (2008) en su trabajo sobre el rendimiento y tolerancia del frijol negro a la sequía, reporta un valor de 5.95 semillas por vaina con riego y en sequía obtuvo 5.45 semillas por vaina; Villalobos et al. (2016) menciona haber obtenido en promedio de 5 a 6 semillas por vainas, mientras que Arias (2011) obtuvo resultados entre 3.4 a 6.1 granos por vaina.

3.1.5. Peso de 1000 semillas

El peso registrado para 1000 semillas de cada variedad varía de rango de 208.99 a 275.87 gramos, que corresponden a las variedades Ucayali con A5(Testigo) y Menita con A1(MM), respectivamente y en promedios para las variedades tenemos 210.45, 250.09 y 271.81 gramos para las variedades Ucayali, Libertena y Menita, respectivamente.

El promedio del peso de mil semillas de las diferentes formas de abonamiento fue de 247.16 g para el abonamiento A1(MM + GI), 243.92 g para la A2(Rh + GI) y 248.46 g para el abonamiento A3(MM + Rh + GI), que presenta el mayor peso de mil semillas. El tratamiento Testigo (A5) presenta el menor peso de 1000 semillas.

La tabla 5 ilustra que el análisis de varianza del peso de mil semillas de tres variedades de frijol negro las cinco formas de abonamiento en la que se observa alta diferencia estadística para variedades, formas de abonamiento y en la interacción de estas dos fuentes, con un coeficiente de variabilidad de 0.86%, lo cual se encuentra entre los valores aceptables y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 5

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm-Ayacucho

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	49.47	24.73	3.57	0.1289 ns
Variedades (V)	2	29326.68	14663.34	2116.92	<0.0001 **
Error (a)	4	27.71	6.93		
Abonamiento (F)	4	637.37	159.34	36.08	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	188.65	23.59	5.34	0.0006 **
Error (b)	24	105.99	4.42		
Total	44	30335.91			

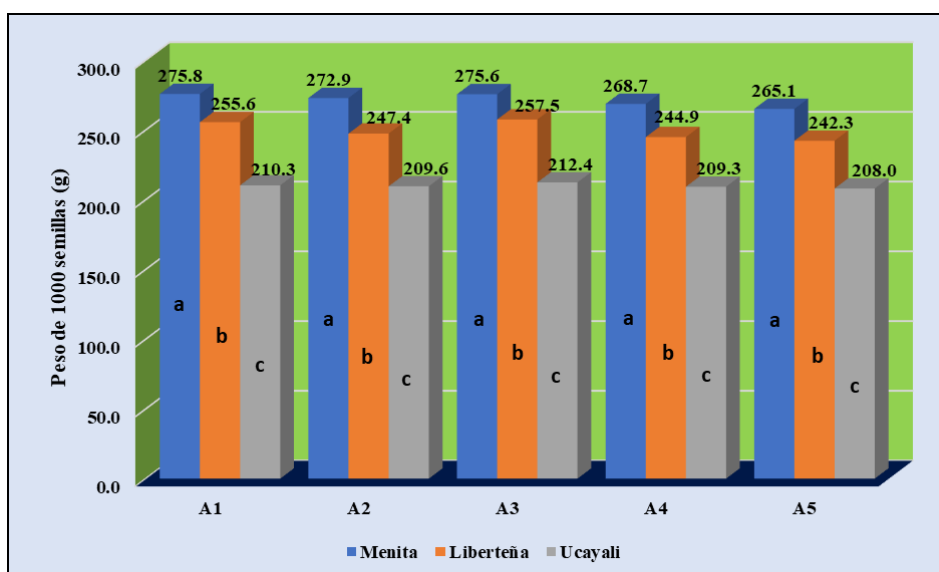
C.V. = 0.86 %

La figura 5 de la Prueba de Tukey para el peso de 1000 semillas, se observa que la variedad Menita supera estadísticamente a las variedades Libertena y Ucayali en las cinco formas de abonamiento, con valores de 275.8, 272.9, 275.6, 268.7 y 265.1 g para los abonamientos A1, A2, A3, A4 y A5, respectivamente.

En todos los casos se observa que el abonamiento orgánico influye positivamente en el peso de 1000 semillas, considerando además que esta característica está bastante relacionado al factor genético.

Figura 5

Prueba de Tukey de los efectos simples del peso de 1000 semillas de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho



El peso de mil semillas hallados por Rosabal (2013) fluctúan de 197.7 a 206.3 gramos, que son inferiores a los obtenidos en el presente experimento; Maqueira et al. (2017) reporta un peso de mil semillas que varían de 116 a 172.2 gramos en frijol negro, los mismos que dependen de la época o fecha de siembra, resultados que son relativamente más bajos a los obtenidos.

3.1.6. Rendimiento de grano por hectárea

El rendimiento de grano de las variedades de frijol negro utilizados en el presente trabajo fue de 3275.8 a 5527.7 kg. ha⁻¹, que corresponden a las variedades Liberteña con A5(Testigo) y Menita con forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI), respectivamente. Así mismo, en promedio, la variedad Ucayali llegó a producir 4587.8 kg. ha⁻¹ de grano, que corresponde al rendimiento más bajo de las tres variedades; la variedad Liberteña llegó a rendir en promedio 4647.9 kg. ha⁻¹ y la variedad Menita llegó a rendir en promedio 4985.5 kg. ha⁻¹, que es el rendimiento más alto de las tres variedades.

Al realizar el análisis de variancia del rendimiento del frijol negro, que se presenta en la tabla 6, se encontró alta diferencia estadística entre variedades, formas de abonamiento y en la interacción de estas dos fuentes (VxF). El coeficiente de variabilidad (4.97%) indica que está dentro de los valores aceptables, mostrando confianza en los resultados.

Tabla 6

Análisis de variancia del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>Fc
Bloque	2	73571.59	36785.79	1.15	0.4026 ns
Variedades (V)	2	1378981.87	689490.93	21.59	0.0072 **
Error (a)	4	127737.50	31934.37		
Abonamiento (F)	4	12294522.63	3073630.66	55.37	<0.0001 **
Inter (VxF)	8	2242269.81	280283.73	5.05	0.0009 **
Error (b)	24	1332351.56	55514.65		
Total	44	17449474.94			

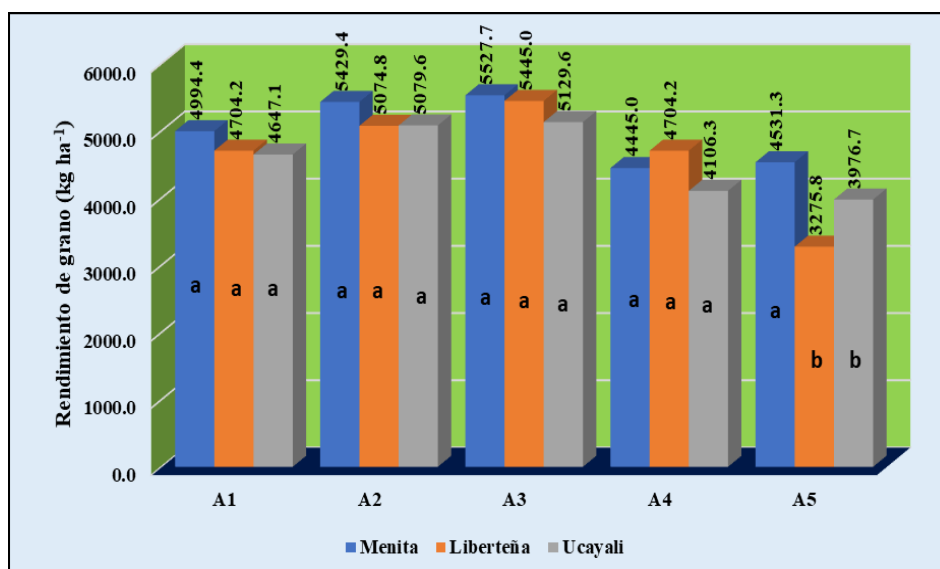
C.V. = 4.97 %

En la figura 6 se muestra la prueba de Tukey para el rendimiento de grano del frijol negro y formas de abonamiento, en la que se observa que la variedad Menita obtuvo el mayor rendimiento con todas las formas de abonamiento, con 5527.7 kg. ha⁻¹ con la forma de abonamiento A3(MM+Rh+GI), 5429.4 kg. ha⁻¹, con el abonamiento A2(Rh+GI) y 4994.4 kg. ha⁻¹ con el abonamiento A1(MM+GI); a excepción de la fertilización química, en la que la variedad Liberteña alcanzó el mayor rendimiento, con 4704.2 kg. ha⁻¹ de grano. Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo en las tres variedades, con 4531.3, 3275.8 y 3976.7 kg. ha⁻¹, para las variedades Menita, Liberteña y Ucayali, respectivamente, con lo que se puede afirmar la influencia de los microorganismos de montaña, el Rhizobium y el guano de isla en el rendimiento del frijol negro, siendo aún superior cuando se utiliza la combinación de las tres formas de abonamiento es decir MM+Rh+GI.

El rendimiento en grano está asociada al número de vainas por planta, longitud de vainas y al peso de 1000 semillas, en la que la variedad Menita presenta los valores más significativos.

Figura 6

Prueba de Tukey de los efectos simples del rendimiento de grano de tres variedades de frijol negro con cinco formas de abonamiento. Canaán 2750 msnm – Ayacucho



Rodríguez et al. (2014), obtuvo rendimientos entre 1085.8 a 1976.6 kg.ha⁻¹, bajo condiciones de fechas de siembra diferentes en los años 2012 y 2013, dichos resultados son mucho menores con los reportados en el presente trabajo. Villalobos et al. (2016) en el estudio de diferentes variedades de frijol negro obtuvo rendimientos de 900 a 2800 kg.ha⁻¹, teniendo en cuenta que el experimento se realizó en condiciones diferentes.

El mayor rendimiento obtenido con la variedad Menita está relacionada a su capacidad de rendimiento, el mismo que está gobernado genéticamente.

El uso de microorganismos promotores del crecimiento (PGPM) ayuda a aumentar los rendimientos de los cultivos además de la protección convencional de las plantas (Calero-Hurtado et al., 2019), por lo que los bioproductos superaron al tratamiento control, con medias productivas superiores para la utilización asociada de ME + FE, con respecto a la aplicación de ME y FE individual y producir 1,09 y 0,66 ton.ha⁻¹, lo que significó incrementos de 25,32% en la época intermedia y 58,63% en la tardía, en relación al tratamiento sin aplicación.

CONCLUSIONES

1. Con las variedades Menita, Liberteña y Ucayali se obtuvieron los mejores rendimientos al aplicar la forma de abonamiento A3 (MM+Rh+GI), con 5527.7 kg.ha⁻¹, 5445.0 kg.ha⁻¹ y 5129.6 kg.ha⁻¹, respectivamente.
2. En general, la variedad Menita alcanzó el mayor rendimiento, con 4985.5 kg.ha⁻¹, seguida de la variedad Liberteña, con 4647.9 kg.ha⁻¹; siendo la variedad Ucayali la que obtuvo el menor rendimiento, con 4587.5 kg.ha⁻¹.
3. En relación a la precocidad, la variedad Menita se comportó como la más precoz, llegando a la madurez de cosecha a los 110.39 días después de la siembra, seguida de las variedades Liberteña y Ucayali, con 118.57 y 123.58 días después de la siembra, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, M. (2011). *Evaluación de variedades de frijol rojo (Phaseolus vulgaris. L) en un suelo Fersialítico Pardo Rojizo Típico del Municipio Primero de Enero.*
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Pérez-Díaz, Y., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., Jiménez-Hernández, J. (2019). *Efecto entre microorganismos eficientes y*

- fitomas-e en el incremento agroproductivo de frijol* . Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Cayetano Terrel, P. P. (2022). Estudio de Vigilancia Tecnológica en el cultivo de frijol. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - INIA*.
- Estrada Gutierrez, M., & Peralta Castillo , J. (2004). Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza y estiércol vacuno) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común variedad dor-364, postera 2001. *Universidad Nacional Agraria* .
- García, J., Hernandez, M., Rene, G., Delgado , A., & Pino , R. (1999). Comparación de dos cultivares de frijol común para siembra en varias épocas con dos multilíneas de frijol en las condiciones ecológicas de Pinar del Río. Centro agrícola.
- López Salinas, E., Toquy Valle, Ó. H., Ugalde Acosta , F. J., & Acosta Gallegos , J. A. (2008). Rendimiento y tolerancia a sequía de genotipos de frijol negro en el estado de Veracruz. *Rev.fiotec.Mex*, 31.
- Maqueira Lopez, L. A., Rojan Herrera, O., Pérez mesa, S. A., & Torres de la Noval, W. (2017). Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad De Los Palacios. *INCA*.
- Ponce, M., Ortiz, C., Martínez, A., Carbonell, A., Martín , A., Acosta , S., & Miranda, C. (2003). Caracterización de una amplia colección de frijol y resultados de la selección campesina. *Cultivos Tropicales*, 24.
- Rodríguez, Y. (2006). Evaluación de 15 cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa.
- Rodríguez-Calampa, N., & Tafur-Torres, Z. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. *Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental, Peru*.
- Romero Muñoz , K. (2015). *Evaluación de 2 análogos de brasinoesteroides a nivel de invernadero en una variedad de frijol negro (Phaseolus vulgaris)*. Puebla. Recuperado el 28 de Abril de 2025, de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/2b2331b3-9a7f-4d17-9279-d6758cc85921/content>
- Rosabal Ayan, L., Martínez Gonzáles , L., Reyes Guerrero, Y., & Núñez Vázquez, M. (2013). Resultados preliminares del efecto de la aplicación de Biobras-16 en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 34. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000300011&script=sci_arttext&tlng=en

Villalobos Olivera , A., Gonzáles Morales, A., Santiago Batista, F., Iglesias Alfonso , A., Martinez Rodrigues , J., & Martpinez Rodrigues , M. (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*. L) en la finca "Las marías" del Municipio primero de enero. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/316033436_comportamiento_agroproductivo_de_diferentes_variedades_de_frijol_negro_phaseolus_vulgaris_L_en_la_finca_las_maria_del_municipio_primero_de_enero