

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.)
con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán
2735 msnm - Ayacucho 2023**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Nilo Idilio VILLAR BENDEZU

ASESOR:

Ing. Eduardo ROBLES GARCÍA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento e inspirado en culminar una de mis metas en la vida y guiarme en el proceso de mi formación académica.

Con mucho cariño y gratitud para mis padres; Idilio y Graciela por ser guía en todo momento de mi vida.

A mis hermanos; Yuly, Cristian y Mayli; por el apoyo constante y sus palabras de aliento de afrontar diversas adversidades en el camino y ser parte de mi formación profesional.

A mi compañera de vida Milyjean y mi hijo; Valentino quien me inspira cada día a que sea una persona valiente.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por brindarme la oportunidad de culminar el desafío profesional en la Ciencias Agrarias.

A los docentes de la prestigiosa Escuela Profesional de Agronomía, quien con sus enseñanzas han contribuido en mi formación profesional.

Al Centro Experimental de Canaán, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por sus instalaciones donde realice la presente tesis.

Mi gratitud y agradecimiento al Ing. Eduardo Robles García, asesor del presente trabajo y sus orientaciones de apoyo profesional durante la realización del trabajo.

A todas las personas y amigos que de una u otra manera contribuyeron en la culminación del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Origen y distribución.....	4
1.3. Taxonomía.....	4
1.4. Morfología del frijol.....	5
1.4.1. Raíz.....	5
1.4.2. Tallo.....	6
1.4.3. Ramas y complejos auxiliares	6
1.4.4. Hojas.....	6
1.4.5. Inflorescencia	7
1.4.6. Flor	7
1.4.7. Fruto o vaina	7
1.4.8. Semilla	8
1.5. Hábito de crecimiento del frejol	8
1.6. Etapas fenológicas del cultivo de frejol.....	9
1.7. Efecto de la fertilización nitrogenada – fosforada - potásica	10
1.7.1. Nitrógeno	10
1.7.2. Fósforo.....	12
1.7.3. Potasio	12
1.8. Bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Rhizobium</i>)	13
1.9. Variedades de frejol de grano negro.....	14
1.10. Ecotipos utilizadas.....	15
1.10.1. Ecotipo <i>Ucayali</i>	15

1.10.2. <i>Ecotipo Pampas</i>	15
1.11. Manejo agronómico.....	15
CAPÍTULO II	17
METODOLOGÍA	17
2.1. Ubicación del experimento.....	17
2.2. Organización del experimento.....	18
2.3. Características edáficas del terreno experimental	18
2.4. Características climáticas	19
2.5. Variables.....	22
2.5.1. <i>Variables independientes e indicadores</i>	22
2.5.2. <i>Variables dependiente e indicadores</i>	22
2.5.3. <i>Tratamientos</i>	24
<i>Características del campo experimental.</i>	24
2.6. Diseño experimental.....	26
2.7. Instalación y conducción del experimento	27
2.7.1. <i>Preparación del terreno</i>	27
2.7.2. <i>Surcado y demarcación del terreno</i>	27
2.7.3. <i>Siembra</i>	27
2.7.4. <i>Desahije</i>	27
2.7.5. <i>Riego</i>	27
2.7.6. <i>Control de malezas</i>	27
2.7.7. <i>Fertilización</i>	27
2.7.8. <i>Control fitosanitario</i>	28
2.7.9. <i>Cosecha</i>	28
CAPÍTULO III.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1. De las variables de precocidad	29
3.2. De las variables de rendimiento	30
3.2.1. <i>De la altura de planta</i>	30
3.2.2. <i>Del número de vainas por planta</i>	32
3.2.3. <i>Del peso de 1000 semillas</i>	33
3.2.4. <i>De la longitud de vaina</i>	35
3.2.5. <i>Del número de granos por vaina</i>	36
3.2.6. <i>Del rendimiento de grano</i>	38

3.2.7. Del índice de cosecha	40
3.3. Mérito económico.....	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1	<i>Hábito de crecimiento de frejol común</i>	8
Tabla 1.2	<i>Etapas fenológicas del cultivo de frejol</i>	9
Tabla 2.1	<i>Análisis físico químico la muestra de suelo del campo experimental de Canaán</i>	18
Tabla 2.2	<i>Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2022-2023. Estación Cannán INIA</i>	20
Tabla 2.3	<i>Características del campo experimental</i>	24
Tabla 3.1	<i>Análisis descriptivo de la fenología del cultivo de frejol de grano negro en número de días después de la siembra (dds) en los diferentes tratamientos. Canaán 2735 msnm</i>	29
Tabla 3.2	<i>Análisis de variancia de la altura de planta del frejol de grano negro en los diferentes fertilizantes y ecotipos. Canaán 2735 msnm</i>	30
Tabla 3.3	<i>Análisis de variancia del número de vainas por planta en el frejol negro. Canaán 2735 msnm</i>	32
Tabla 3.4	<i>Análisis de variancia del peso de 1000 semillas del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm</i>	33
Tabla 3.5	<i>Análisis de variancia de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm</i>	35
Tabla 3.6	<i>Análisis de variancia del número de granos por vaina del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm</i>	36
Tabla 3.7	<i>Análisis de variancia del rendimiento de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad. Canaán 2735 msnm</i>	38
Tabla 3.8	<i>Análisis de variancia del índice de cosecha de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha. Canaán 2735 msnm</i>	40
Tabla 3.9	<i>Costos de producción, rendimiento de grano, valor de venta, utilidad bruta e índice de rentabilidad de los tratamientos. Canaán 2735 msnm</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 <i>Fraccionamiento de la extracción de N por etapa fenológica.....</i>	12
Figura 1.2 <i>Desarrollo vegetativo del frejol grano negro</i>	14
Figura 1.3 <i>Dibujo esquemático del hábito de crecimiento III.....</i>	14
Figura 2.1 <i>Ubicación política del Centro Experimental Canaán de la UNSCH.....</i>	17
Figura 2.2 <i>Diagrama Ombrotérmico: T° vs Pp. y Balance hídrico.....</i>	21
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 mssnm.....</i>	31
Figura 3.2 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 mssnm.....</i>	32
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del peso de 1000 semillas en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 mssnm</i>	34
Figura 3.4 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm.....</i>	35
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm</i>	37
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del rendimiento de grano al 14 % en los abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm</i>	38
Figura 3.7 <i>Prueba de Tukey de los efectos principales del índice de cosecha del peso de grano al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm</i>	40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos ordenados del rendimiento de grano del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm.....</i>	50
Anexo 2. <i>Datos ordenados del índice de cosecha del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm.....</i>	50
Anexo 3. <i>Datos ordenados del peso de 1000 semillas del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm.....</i>	50
Anexo 4. <i>Datos del frejol de grano negro Número de vainas/planta, longitud de vaina, numero de granos por vaina y altura de planta. Canaán 2735 msnm</i>	51
Anexo 5. <i>Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 30-80-80 NPK. Canaán 2735 msnm.....</i>	52
Anexo 6. <i>Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 30-80-80 NPK+ inoculante. Canaán 2735 msnm</i>	53
Anexo 7. <i>Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 60-80-80 NPK. Canaán 2735 msnm.....</i>	54
Anexo 8. <i>Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 90-80-80 NPK. Canaán 2735 msnm.....</i>	55
Anexo 9. <i>Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 120-80-80 NPK. Canaán 2735 msnm.....</i>	56
Anexo 10. <i>Panel fotográfico.....</i>	57
Anexo 11. <i>Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán – UNSCH.....</i>	68

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue conducido en la campaña 2023, en el Centro Experimental Canaán, propiedad de la UNSCH. Ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. El trabajo se desarrolló a partir de 12 de agosto de 2023 al 30 de diciembre de 2023. Los objetivos del trabajo de investigación fueron: Evaluar el rendimiento y calidad de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro (Ucayali y Pampas), con la aplicación de nitrógeno e inoculante y la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio. El diseño estadístico utilizado fue el Completamente Randomizado con 4 repeticiones, con arreglo factorial de fertilizaciones nitrogenadas y un tratamiento utilizando inoculante de *Rhizobium*. Los resultados obtenidos fueron: Los ecotipos muestran precocidad en la madurez fisiológica entre los 95 a 105 dds, en la altura de planta se llega a 79.76 y 78.73 cm al aplicar 120 y 90 kg ha⁻¹ de N. El número de vainas por planta se alcanza con el mismo nivel de nitrógeno tomando valores de 32.8 y 31.9, el cultivar pampas muestra un mayor valor con 26.9 vainas por planta. En lo referente al rendimiento los de mayor valor con 3635.93 y 3501.60 kg ha⁻¹ de nitrógeno. El ecotipo Pampas supera estadísticamente al cultivar Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de fertilización rendimiento. El mayor mérito económico se obtiene con el ecotipo pampas con 90 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, con una rentabilidad de 4.2.

Palabras clave: Madurez fisiológica, Frejol, ecotipo, fertilización nitrogenada, inoculación, rendimiento, cultivar.

INTRODUCCIÓN

El frejol (*Phaseolus vulgaris L*), debido a su adaptabilidad a los diversos suelos y climas de nuestra nación, esta especie de leguminosa se encuentra entre las más importantes. También es uno de los cultivos que históricamente se cultivan solos o muy cerca de otros cultivos. Ayudan a los agricultores a ganar dinero y son una parte vital de las rotaciones y combinaciones de cultivos en muchas regiones (Díaz, 2013). A su vez es una parte esencial de la dieta porque es rica en proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas del complejo B como niacina, riboflavina, ácido fólico, tiamina y minerales como zinc, fósforo y potasio (Camarena et al, 2009). El colesterol no está presente en este producto dietético vital ya que es una proteína derivada de vegetales y no incluye grasas saturadas de animales (Reyes, 2009). Los frijoles se consumen principalmente en forma de granos secos, granos fisiológicamente maduros y vainas verdes.

Según Fira (2022) la producción de las legumbres (*Phaseolus vulgaris L*), estas aumentaron en un 1,6% entre 2003 y 2014 a nivel mundial y para el 2022 se obtuvo la producción de 25,1 millones de toneladas. Elar & Simón (2022) indican que en el caso de Perú la superficie cosechada en el 2022, fue de 70,946 hectáreas y la producción nacional está en 80,887 toneladas, Siendo Cajamarca, Arequipa y Huancavelica las regiones con mayor producción, llegando a un promedio de 1,320 kg/ha en el Perú.

Para Ravelo (1998) el frejol (*Phaseolus vulgaris L*), el Perú es el hogar de uno de los granos más cultivados del mundo. La deficiencia de nutrientes en el suelo y el impacto de ciertas variables bióticas y abióticas en su desarrollo son dos de sus limitaciones. Los largos períodos de sequía y los sistemas de riego limitados, junto con la acidez del suelo y los bajos niveles de fósforo y nitrógeno, reducen drásticamente el rendimiento de los cultivos y la calidad de los alimentos. Otras variables, como el tiempo, la saturación, el pH, etc., juegan un papel fundamental en este proceso, ya que la simbiosis puede no durar tanto como se anticipó si no se cumplen estos niveles.

Santillán et al. (2021), el autor concluye de su estudio que el nitrógeno (N) es el principal factor responsable de un mayor rendimiento de los cultivos. Esto se debe al hecho de que el N mejora la producción óptima de semillas al promover la expansión del dosel de la planta y la cantidad de flores. Por esta razón, la fertilización es un paso crucial en el crecimiento de cualquier cultivo. Pero demasiado nitrógeno en el suelo causa retraso en el crecimiento, desarrollo vegetativo irregular, floración reducida y madurez retrasada, lo que a su vez alarga el ciclo vegetativo del cultivo (Proyecto cooperativo, 1996)

Considerando esta problemática de los agricultores, este estudio se diseñó para brindarles legumbres con adecuada fertilización nitrogenada, que tengan alto potencial de rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, especialmente seleccionadas, menor costo de producción porque la mayoría de los agricultores tienen recursos limitados y el propósito es mitigar los problemas fitosanitarios y nutricionales que se pueden presentar en este sistema de producción en condiciones costeras y hacerlo con riego por goteo.

Con base en lo anterior, este estudio tiene los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar el rendimiento y calidad de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro, con la aplicación de nitrógeno e inoculante.

Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de aplicación de nitrógeno e inoculante en el rendimiento de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro.
2. Determinar los ecotipos del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro de mejor rendimiento.
3. Determinar el mérito económico de los tratamientos.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Shener (2021) en su investigación “Usando dos densidades de población diferentes, se inocularon tres genotipos diferentes de *Phaseolus vulgaris* L. con *Rhizobium phaseoli*”, tuvo como objetivos investigar cómo les fue a tres genotipos diferentes de frijol cuando se inocularon con *Rhizobium phaseoli* bajo dos densidades de población diferentes. Bloques completos fueron colocados al azar en parcelas subdivididas según su concepto. Estos fueron los factores: En una gran parcela, (con y sin *Rhizobium*). En una parcela mediana, hay tres genotipos de frijol (G1=Flor de Mayo, G2=Pinto Americano y G3=Pinto Saltillo). En una parcela pequeña, hay dos densidades (D1 = 250.000 pl ha⁻¹ y D2=125.000 pl ha⁻¹). Mientras que el genotipo Flor de Mayo destacó en términos de LG, NV pl-1, NG pl-1, NG V-1 y R (3,29 ton ha⁻¹), el genotipo Pinto Americano exhibió el mayor número promedio de nódulos por planta, con 34 nod pl-1, según los resultados del presente estudio. Con una densidad de 250.000 pl ha⁻¹, la producción máxima de grano fue de 3,41 toneladas ha-1. Los resultados muestran que los tratamientos de inoculación tuvieron un efecto favorable en los tres genotipos. Estadísticamente, la interacción más prometedora fue entre *Rhizobium phaseoli* y los genotipos Pinto Americano y Pinto Saltillo.

Flores & Avilés (2022) en su investigación titulado “Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Santa Cruz, Estelí” tuvo como objetivo: determinar si el bioestimulante microbiológico ROBUST® 9 WP influye o no en el desarrollo de raíces y hojas de frijol. Las unidades experimentales (UE) fueron 16, y todas formaron parte de un diseño de bloques completos aleatorizados (ACB) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones en función de la distribución del tratamiento. El porcentaje de germinación, diámetro del tallo, altura de la planta, longitud de la raíz, número de nódulos radicales y

rendimiento kg ha⁻¹ mejoraron con el uso de ROBUST® 9 WP en dosis de 600 g/100 kg de semilla, 800 g/100 kg de semilla y 1000 g/100 kg de semilla, respectivamente. Las plantas tratadas con 600, 800 y 1000 miligramos por cien kilogramos de semilla de Robust® 9 WP mostraron índices de delgadez mejorados. La aplicación de Robust® 9 WP mejora una variedad de métricas de desarrollo vegetativo, incluido el porcentaje de germinación, el diámetro del tallo, la altura, la longitud de la raíz y el número de nódulos.

1.2. Origen y distribución

Esta especie *Phaseolus vulgaris* L. es uno de los cultivos más antiguos y un importante producto alimenticio, ya que se cultiva desde tiempos prehistóricos y muchas especies ahora están ampliamente distribuidas en diferentes países del mundo (Sergovia et al, 2007). Las legumbres de este género se pueden encontrar en una amplia variedad de hábitats y son una parte vital de muchas dietas en todo el mundo: desde 52° LN hasta 32° LS, áreas tropicales húmedas y semiáridas e incluso climas fríos (López & Fernández, 1991).

Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) son originarios de los Estados Unidos, más especialmente de las partes de México que limitan con Argentina. La importancia de la región en América Latina se demuestra con el establecimiento de dos importantes centros de domesticación allí. (Casas, 2017). Ahora podemos mencionar con certeza que se originó en las Américas debido a la evidencia de la botánica, la morfología, la ecología, la arqueología y la bioquímica. Estos estudios han identificado tres puntos de origen distintos: el oeste de Panamá, que incluye la Cordillera de los Andes en Colombia y los del sur de los Andes, que incluyen Perú, Chile y Argentina; Mesoamérica, que comprende el suroeste de EE. UU., México, Guatemala y Costa Rica. (Debouck & Hidalgo, 1985).

1.3. Taxonomía

La caraota *Phaseolus vulgaris* L. los nombres variados incluyen "frijoles negros", "frijoles comunes", "frijoles judíos" y "poroto", entre otros. Se encuentra entre las leguminosas de grano más importantes del mundo, junto con el maní (*Arachis hypogea* L.) y la soya (*Glycine max* L.). Por ejemplo, debido a que *P. vulgaris* es una especie diploide autogámica (2n=22 cromosomas), todos los cultivares comerciales son líneas puras o mezclas de líneas. Debido a que combina bien con granos y otras comidas ricas en carbohidratos, este grupo de alimentos es perfecto para quienes viven en lugares donde

no tienen un acceso significativo a la carne. (Voysesst, 2000). Su clasificación botánica. Strasburger (2007) está representada por:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares)

Subdivisión: Spermatophytas (plantas con semillas)

División: Magnoliophytas (plantas con flores)

Clase: Magniliopsida (Dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Superorden: Fabanae

Orden: fabales

Familia: fabácea (L.leguminoseae)

Subfamilia: Papilionoidae

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres vulgares: Frejol negro, caraota

Número de cromosomas: Diploide de 22 cromosoma

1.4. Morfología del frijol

El frijol, tiene un sistema radicular robusto y de rápida expansión y es una planta herbácea anual. De adulta, esta legumbre puede crecer de cincuenta a noventa centímetros de altura. Su crecimiento depende del cuidado, variedad y características del suelo, y puede adoptar una forma arbustiva semi extendida. La colocación del tallo dicta su estructura. Debido a que son la principal fuente alimenticia de proteínas, los frijoles ocupan un lugar destacado entre los cultivos de leguminosas de América Latina para el consumo humano (Roughton et al. 2003)

1.4.1. Raíz

En las primeras fases del desarrollo del frijol, el sistema radicular comienza en la región central del embrión y eventualmente madura hasta convertirse en la raíz principal. La siguiente etapa de desarrollo de las raíces, conocida como raíces secundarias, sigue en unos pocos días, seguida de raíces terciarias y varias extensiones, incluidos los pelos radiculares. Aunque las raíces generalmente se desarrollan de una manera distinta, hay casos en que el sistema radicular crece filamentosamente, e incluso dentro de la misma

variedad, puede haber grandes variaciones (Ontiveros et al. 2005). Dentro de los primeros dos centímetros de profundidad del suelo, las raíces son más abundantes (Valladolid, 1993). Alimentan a la planta absorbiendo nutrientes hasta el momento de la cosecha, que es su descripción principal del trabajo. Los nódulos en el sistema radicular son de forma poliédrica y albergan bacterias *Rhizobium*. Estas bacterias fijan el nitrógeno del aire, lo que ayuda a las plantas a satisfacer sus demandas de nitrógeno.

1.4.2. Tallo

El tallo, con su naturaleza herbácea y una red de nudos y entrenudos, se considera el eje central de la planta. Puede ser vertical, oblicuo o inclinado, según el tipo de crecimiento. Se desarrolla a partir del meristemo apical del embrión semilla, que mantiene su dominancia apical durante la germinación. Durante su desarrollo, genera nudos que sirven como sitios de unión de las hojas o cotiledones al tallo. El primer nudo que vemos está asociado con los cotiledones, que se identifican por dos inserciones opuestas que coinciden con los cotiledones. El trabajo de los hipocótilos es proteger la primera parte del tallo desde el punto de entrada de la raíz hasta que alcanza el primer nudo. Justo encima de ese nudo están las hojas principales. Un espacio de crecimiento genuino, el epicotilo, se encuentra entre el nudo del cotiledón y el nudo de la hoja principal (Ladero et al. 2010)

1.4.3. Ramas y complejos auxiliares

En el espacio entre cada conjunto de hojas hay un grupo de tres yemas de las que emergen las ramas. Los tres brotes que se unen para crear un complejo axilar se conocen como "tripleto", y hay tres tipos distintos: Crece solo a partir de fuentes vegetativas; las ramas se originan en la yema central y, a menudo, solo crece uno de los brotes secundarios. La inflorescencia es producida por la yema central, y al menos una rama es producida por los brotes laterales; estos procesos son tanto vegetativos como florales. Cuando todos los brotes externos se han abierto y han comenzado a florecer, el brote del medio permanece inactivo. Este tipo de crecimiento tiene lugar en plantas de tipo I en el nodo terminal (Gonzalez, 2020)

1.4.4. Hojas

Los nudos de los tallos y ramas sostienen las hojas, que pueden ser simples o complejas. Durante la embriogénesis, la semilla forma las básicas, también conocidas

como primarias. Al mismo tiempo, las hojas compuestas se asemejan a las distintivas hojas trifoliadas del frijol (Debouck & Hidalgo, 1985)

Comenzando en el segundo nudo del tallo, la planta desarrolla sus hojas básicas, que eventualmente caen. Las hojas trifoliadas, que son exclusivas de los guisantes, tienen tres folíolos, un pecíolo y un foliolo (Angel, 2001)

1.4.5. Inflorescencia

La inflorescencia puede desarrollarse en el ápice o en las ramas axilares. Estos racimos se originan a partir de un racimo parental, que a su vez está formado por un complejo de tres yemas (trillizos) situadas en un axón generado por las brácteas primarias y los cotiledones. Este es el término botánico para ellos. La inflorescencia se compone de tres partes principales: el eje, que se forma a partir del pecíolo y los cotiledones, las brácteas principales y los botones florales (Debouck & Hidalgo, 1985)

1.4.6. Flor

Al igual que con otras flores papilionáceas, la flor del guisante tiene un pedicelo. Esta flor pasa por dos fases distintas a medida que crece: la etapa de brote y la etapa de apertura completa. Las brácteas, ovaladas o circulares, rodean la yema floral a medida que se desarrolla a partir de la unión del racimo o de las yemas axilares completamente desarrolladas del estado original. La última etapa se caracteriza por la protrusión de la corola cerrada y la cobertura exclusiva del cáliz por parte de las brácteas. Cáliz, corola, androceo y gineceo son los cuatro segmentos que componen una flor. Debido a que la antera y el estigma están al mismo nivel y se rodean completamente, la morfología de la flor de guisante fomenta la autopolinización. El estigma del pistilo es el primer objetivo del polen expulsado, también conocido como antipolen (Debouck & Hidalgo, 1985)

1.4.7. Fruto o vaina

El fruto es una vaina dehiscente, lo que significa que se abre espontáneamente cuando madura y tiene una forma suavemente curvada. Las diferentes variedades y formas (alargadas versus ovaladas) tienen diferentes densidades de semillas, que oscilan entre tres y cinco unidades por vaina. Cada vaina mide entre seis y doce centímetros de largo. A medida que el cultivo madura, las vainas fibrosas tienden a caerse. (Valladolid, 1993)

1.4.8. *Semilla*

Sus variedades varían de blanco a marrón, de crema a negro, y pueden adoptar varias formas, incluidas cilíndricas, esféricas y brillantes. Lo que lo compone son: Los cotiledones almacenan nutrientes en la cáscara (testa), que está compuesta por hilio y microfilm y se origina en el óvulo fertilizado. La cáscara no contiene albúmina. Al clasificar las variedades, se tiene en cuenta una gran variedad de apariencia de las semillas (Broughton et al. 2003).

1.5. Hábito de crecimiento del frejol

Durante esta etapa, dos componentes deben trabajar juntos: el genotipo, que es una característica interna, y las variables externas comunes, que pueden ser de tipo definido o incierto (Restrepo & Laing, 1979), el tamaño genético de este tipo de planta dicta su desarrollo, y los arbustos son un buen ejemplo del hábito proporcionado. Otro tipo de escaladores también se definen por información genética; este tipo se caracteriza por un desarrollo indistinto y, en particular, por el hecho de que la longitud de las extremidades no se puede medir con precisión mientras los escaladores están vivos.

Valladonlid (1993), El tipo IV es el más frecuente en áreas montañosas y boscosas, mientras que los tipos I, II y III son más frecuentes en la costa. Esto demuestra que los métodos de siembra impactan los hábitos de crecimiento.

Tabla 1.1

Hábito de crecimiento de frejol común

HABITO DE CRECIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Tipo I	Habito de crecimiento determinado arbustivo A menudo hay pocos entrenudos y muy cortos, y el tallo y las ramas terminan en inflorescencias completamente formadas. Pasa un tiempo mínimo en floración y las vainas maduran prácticamente simultáneamente.
Tipo II	Habito de crecimiento indeterminado arbustivo Tallo recto, no escalable (concluye en una breve guía). Tiene pocas ramificaciones y no elabora documentos direccionales. Durante la etapa de floración, las plantas aún se desarrollan, aunque a un ritmo más lento.

Tipo III	Habito de crecimiento determinado postrado.
	Los entrenudos, el tallo y las ramas de estas plantas postradas o semi-postradas terminan en guías y han desarrollado ramificaciones. Las variedades en la arquitectura de las plantas son causadas por el tallo y el grado de ramificación. Algunas plantas se postran tan pronto como comienzan a crecer las hojas, mientras que otras permanecen arbustivas hasta justo antes de que comiencen a florecer, y luego se postran. Es posible que sean buenos escaladores.
Tipo IV	Habito de crecimiento determinado trepador.
	La capacidad de torsión (habilidad para trepar) se desarrolla en el tallo desde la primera hoja trifoliada. La floración de este hábito dura más que los demás, por lo que la planta atraviesa las cuatro etapas del desarrollo de la vaina: floración, llenado y maduración, todo a la vez.

Fuente: Centro Internacional de Agricultura Tropical de Colombia (2000)

1.6. Etapas fenológicas del cultivo de frejol

Sergovia (2007) identifica un total de 10 etapas o fases de desarrollo de las leguminosas, las cuales se describirán en la siguiente tabla 1.2.

Tabla 1.2

Etapas fenológicas del cultivo de frejol

ETAPA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Etapas de la fase vegetativa		
V0	Germinación	La semilla absorbe agua, la radícula crece y luego se convierte en una raíz principal.
V1	Emergencia	los cotiledones aparecen a nivel del suelo y empiezan a separarse. El epicótilo comienza su desarrollo.
V2	Hojas Primarias	Al brotar por primera vez de la semilla, las hojas primarias se expanden por completo.
V3	Primera hoja trifoliada	Con la apertura de la primera hoja trifoliada viene la aparición de la segunda.
V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja que crece en una planta de frijol se llama tercera hoja trifoliada debido a su construcción compuesta con tres folíolos.

		Etapas de la fase reproductiva
R5	Prefloración	A primera vista, podría notar el primer botón de racimo o florido. En la otra vida de talar árboles o podar ramas, se desarrollan varios tipos de botas florales.
R6	Floración	La apertura de la primera flor. En respuesta al primer brote que brote, la primera flor que se abra hará lo mismo.
R7	Formación de vainas	Aparece la primera vaina que mide más de 2.5 cm de longitud.
R8	Llenado de las vainas	Cuando las semillas germinan, las primeras vainas comienzan a llenarse. Al concluir esta etapa, las semillas ya no estarán verdes y comenzarán a mostrar los rasgos exclusivos de esa variedad. Empezamos a defoliar.
R9	Madurez fisiológica	A medida que se secan, las vainas dejan de tener color. El color de las semillas será característico de la variedad.

Fuente: Morfología del frijol. Guías de estudio. Sergovia J, 2007. V= vegetativa; R= reproductiva.

1.7. Efecto de la fertilización nitrogenada – fosforada - potásica

El carbono, el hidrógeno y el oxígeno constituyen casi toda la masa de una planta y son suministrados por agua y aire, dos de los nutrientes más básicos para las plantas. Sin embargo, para que las plantas se desarrollen y produzcan normalmente, se requieren otros trece elementos. Por lo general, se clasifican en dos grupos: macronutrientes, que la planta necesita en cantidades considerables, y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, Cl y Mo), que la planta necesita en cantidades relativamente pequeñas. Los elementos importantes en esta categoría incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio (Bonilla, 2000)

1.7.1. Nitrógeno

El nitrógeno, debido a que interfiere con la producción de proteínas y aminoácidos, lo que afecta a varios órganos de las plantas, incluido el aumento del volumen protoplásmico y el área superficial de las hojas, es el elemento con mayor probabilidad de restringir el desarrollo de los cultivos agrícolas. Los síntomas del déficit de nitrógeno se manifiestan cuando las plantas no obtienen suficiente cantidad del elemento: Las plantas tienen una estatura pequeña, retraso en el crecimiento, tallos delgados y hojas estrechas y diminutas que varían en color desde el verde amarillento al verde claro. El nitrógeno es un componente esencial de muchas sustancias orgánicas que

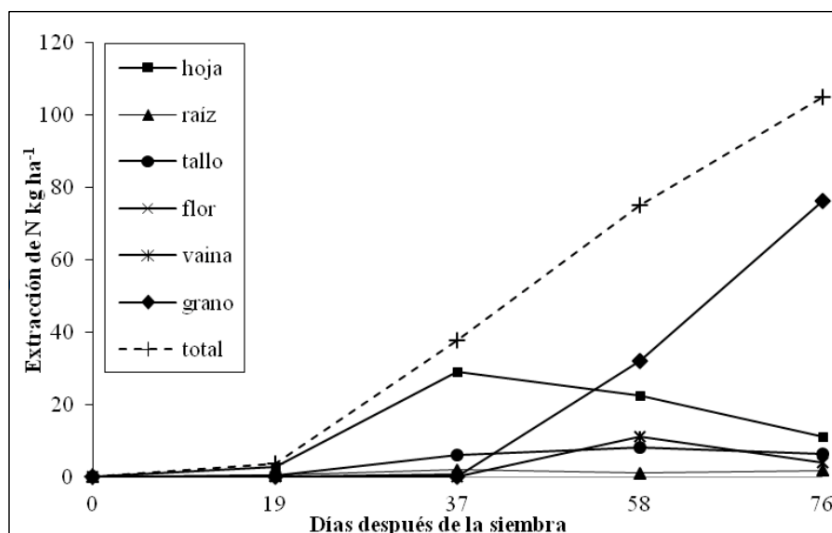
las plantas necesitan para un desarrollo y crecimiento adecuados, incluidos aminoácidos, proteínas, coenzimas y ácidos nucleicos involucrados en procesos bioquímicos (Fernández & López, 1982)

El fréjol, Urzúa (2005) afirma que esta planta tiene abundante nitrógeno (N) en sus granos y tejidos. Al cultivar frijoles, es posible ver esto en varias etapas de crecimiento y en los órganos utilizados para la extracción de nitrógeno. En esta etapa comienzan a destacarse las estructuras vegetativas del frijol (Fernández & López, 1982). Aunque la raíz y el tallo continúan absorbiendo la misma cantidad de nitrógeno, la mayor parte se acumula en las hojas y ramas, lo que le permite ingresar a la planta. Al día 37 de cultivo, el contenido de nitrógeno aumenta bruscamente, absorbiendo las hojas 29,0 kg/ha y el tallo 6,1 kg / ha. En la segunda muestra se evaluó la presencia de nitrógeno (N) en las flores, que tuvieron la concentración más baja de cualquier órgano a 0,7 kg ha⁻¹, marcando el inicio de la fase de reproducción a los 31 días aproximadamente (Fernández & López, 1982). El paso final incluyó analizar las vainas que se formaron entre 36 y 37 días después de la siembra. El elemento está más concentrado en el grano recién cosechado y menos en el follaje como resultado del cultivo. A diferencia del follaje, donde el elemento está presente en una concentración dos veces mayor que la de la vaina (11,2 kg ha⁻¹), la vaina tenía una concentración respetable del nutriente.

El N continúa acumulándose en la planta durante la etapa final. Debido al alto contenido de proteínas y la importancia nutricional de los frijoles, existe una sobreabundancia de grano seco en el que se hace evidente la información más abundantemente distribuida (Bitocchi et al. 2021). En comparación con la etapa anterior, el contenido nutricional final de la raíz es algo mayor, mientras que el de la hoja, el tallo y la vaina es ligeramente menor. La Figura 2 muestra la tendencia que permanece constante en el comportamiento de extracción de N a lo largo del ciclo del cultivo. Sigue una ecuación de tipo lineal, y dado que el coeficiente de correlación ($r = 0,96$) es muy alto, podemos inferir que existe una relación entre la cantidad extraída y la cantidad de tiempo transcurrido.

Figura 1.1

Fraccionamiento de la extracción de N por etapa fenológica



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Fraccionamiento-de-la-extraccion-de-N-por-etapa-fenologica-del-cultivo-de_fig2_313024818

1.7.2. Fósforo

El fósforo, nos referimos a ella como la "llave de la vida" debido al papel directo que desempeña en la mayoría de las funciones corporales críticas. Impregna todas las células, pero es más abundante en las semillas de las plantas y en la zona de desarrollo (Thompson et al. 1988).

Fuentes (1999), argumenta que el fósforo juega un papel crucial en las plantas como componente esencial de muchos metabolitos y como intermediario en las vías de energía a través de su presencia en el ATP. Si bien tanto el nitrógeno como el fósforo afectan el desarrollo vegetativo, el fósforo es más un componente cualitativo, ya que ayuda en todos los procesos asociados con la fertilización, la fructificación y la madurez, mientras que el nitrógeno es más un factor cuantitativo.

1.7.3. Potasio

Thompson et al. (1988), menciona el hecho de que las plantas absorben una gran cantidad de potasio, que generalmente se encuentra en forma de iones K^+ . Al compensar las cargas negativas de aniones como nitratos y fosfatos, las cargas positivas de estos cationes mantienen el suelo y las plantas electroneutrales. El potasio es un elemento que las plantas necesitan en concentraciones relativamente altas, y las plantas a menudo pueden utilizar más potasio del que está disponible en el suelo.

El potasio es un ingrediente fertilizante frecuente, ya que probablemente sea el tercer nutriente más limitante para el desarrollo de las plantas. Son responsables de la producción de una amplia variedad de enzimas que controlan varios procesos en las plantas (Fuentes, 1999). Ayudan con la fotosíntesis, que es esencial para producir carbohidratos, transportar estas moléculas y almacenarlas en órganos de almacenamiento. El potasio ayuda en el uso eficiente del agua por parte de la planta al regular la turgencia celular, lo que a su vez reduce la transpiración en condiciones secas.

Luego, el potasio controla una gran cantidad de procesos vegetales, ya que es un componente enzimático. Fomenta la producción de carbohidratos al interferir con la fotosíntesis. Cuando las plantas no obtienen suficiente potasio, se manifiesta como retraso en el desarrollo, con material de reserva (frutos, semillas, tubérculos) que en su mayoría son carbohidratos que se acumulan en las áreas más afectadas; a partir de entonces, surgen parches cloróticos en las hojas y necrosis en los márgenes y extremos. La calidad, la cantidad y el rendimiento de conservación se ven afectados negativamente por esta deficiencia (Rodríguez, 1996).

1.8. Bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*)

El *Rhizobium* es un género de bacterias del suelo más conocidas por la simbiosis que establecen con las leguminosas. Suelen ser los microorganismos responsables de la fijación biológica de nitrógeno. Se encuentran: los diazótrofos de vida libre (*Azotobacter spp.*), las bacterias asociadas a raíces (*Azospirillum spp.*, *Bacillus polymyxa*), las bacterias endofíticas (*Azoarcus sp.*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Burkholderia spp.*, *Clostridium sp.* y algunas enterobacterias) y bacterias simbióticas (*Rhizobium spp.*, *Bradyrhizobium spp.* y otras bacterias del orden (*Rhizobiales*) María et al. (2007).

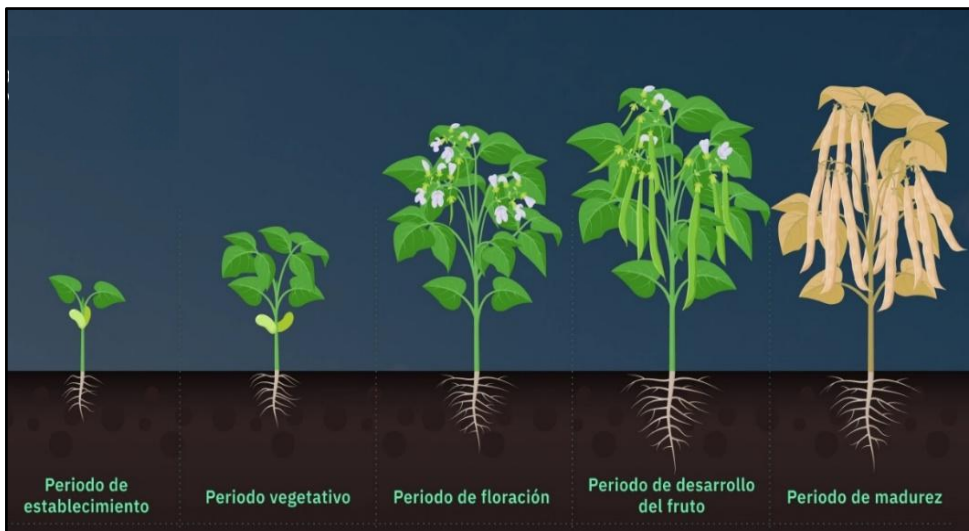
Según Frank (1889) el género *Rhizobium* es una bacteria gramnegativa que modula las leguminosas. Su nombre resalta la peculiaridad de la formación de tubérculos en las raíces. La temperatura entre 25 y 30 °C y los niveles de pH entre 6 y 7 son ideales para el desarrollo. Los nódulos radiculares pueden desarrollarse en cualquier parte de una planta cuando las bacterias de forma nodular la infectan con pelos radicales. Una vez dentro de la célula, las bacterias pueden prosperar como simbioses.

1.9. Variedades de frejol de grano negro

Valladonlid (1993) los frejoles negros son del tipo III: tienen un porte indefinido y caído. Las plantas son postradas o parcialmente postradas, con ramas bien desarrolladas. Los brotes principales son las puntas de las ramas y el tallo. El número de nudos y la distancia entre los entrenudos son mayores que en los tipos I y II. Hay varias variedades de este tipo que pueden elevarse un poco cuando tienen algo en lo que apoyarse. Las flores son hermosas y únicas.

Figura 1.2

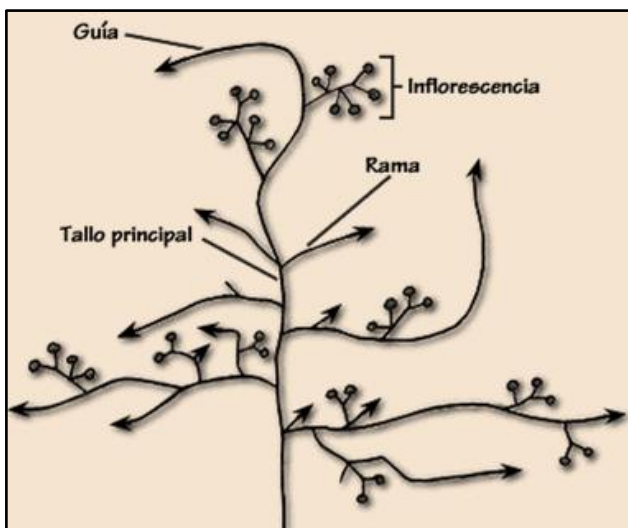
Desarrollo vegetativo del frejol grano negro



Fuente: <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-frijol/>

Figura 1.3

Dibujo esquemático del hábito de crecimiento III



Fuente: https://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frijol/crecimie.htm

1.10. Ecotipos utilizadas

Las ciudades que se muestran en la zona Ucayali del Perú y la región Apurímac, que son valles interandinos, mantienen estos ecotipos.

1.10.1. Ecotipo Ucayali

Un agricultor del pueblo de Ucayali cultivaba esta variedad en particular. Con un 14% de humedad, produce 2,5 t ha⁻¹ de grano y tiene una altura media de planta de 1,02 m. Su patrón de crecimiento es indeterminado y postrado. Flores con un tono violeta. 4-5 granos por vaina. Madurez varietal entre 120 y 140 días.

1.10.2. Ecotipo Pampas

Este cultivar en particular fue cultivado por un agricultor en la localidad de Pampas Quebrada, que se encuentra a 1800 metros sobre el nivel del mar. Con un 14% de humedad, produce 2,8 t ha⁻¹ de grano y tiene una altura media de planta de 1,10 m. Su patrón de crecimiento es indeterminado y postrado. Flores con un tono violeta. De dos a tres granos por vaina. Varietal 120-142 días antes. La virosis no lo afecta.

Las variedades V1 y V2 a la llegada del Centro experimental de Canaán fueron almacenados durante 2 meses y protegidos con un fungicida Vitavax 400.

1.11. Manejo agronómico

1.11.1. Preparación del terreno

Labrar, voltear y cubrir el suelo con mantillo son parte del proceso de preparación de la tierra, cuyo objetivo es mejorar el estado físico del suelo y proporcionarle la aireación adecuada para el riego en situaciones de secano (Camasca, 1984).

1.11.2. Selección de semilla

Bocanegra (1978) la semilla debe tener las condiciones: Antes de plantar, asegúrese de que esté fresco, consistente en color y forma, y libre de enfermedades.

1.11.3. Siembra y distancias

Según los expertos, el espacio ideal para plantar frijoles es de 50-70 cm entre surcos y 20 cm entre trazos, con 3-4 semillas por trazo. La cantidad sugerida de fertilizante oscila entre 90 y 120 kg ha⁻¹ (Ministerio de agricultura, 1983).

1.11.4. Riego

Bocanegra (1978) es importante regar el frijol a una profundidad de 60 cm ya que es particularmente vulnerable a la sequía durante sus primeras etapas de crecimiento. En el momento de la plántula, hay que regarla.

1.11.5. Deshierbo

Bocanegra (1978) entre los 22 y 55 días posteriores a la siembra, esta actividad es crucial, y el deshierbo, ya sea a mano o a máquina, debe realizarse periódicamente.

1.11.6. Plagas y enfermedades

Vargas (1954) El crecimiento y la productividad de los frijoles se ven muy afectados por los muchos hongos, bacterias y virus que atacan el cultivo de frijoles.

1.11.7. Cosecha

Valladolid (1998) Cuando el 95% de las vainas se hayan secado, se habrá completado la recolección. Existen tres pasos para esta fase relacionada con la calidad: plantar semillas, trillar y lavar el grano.

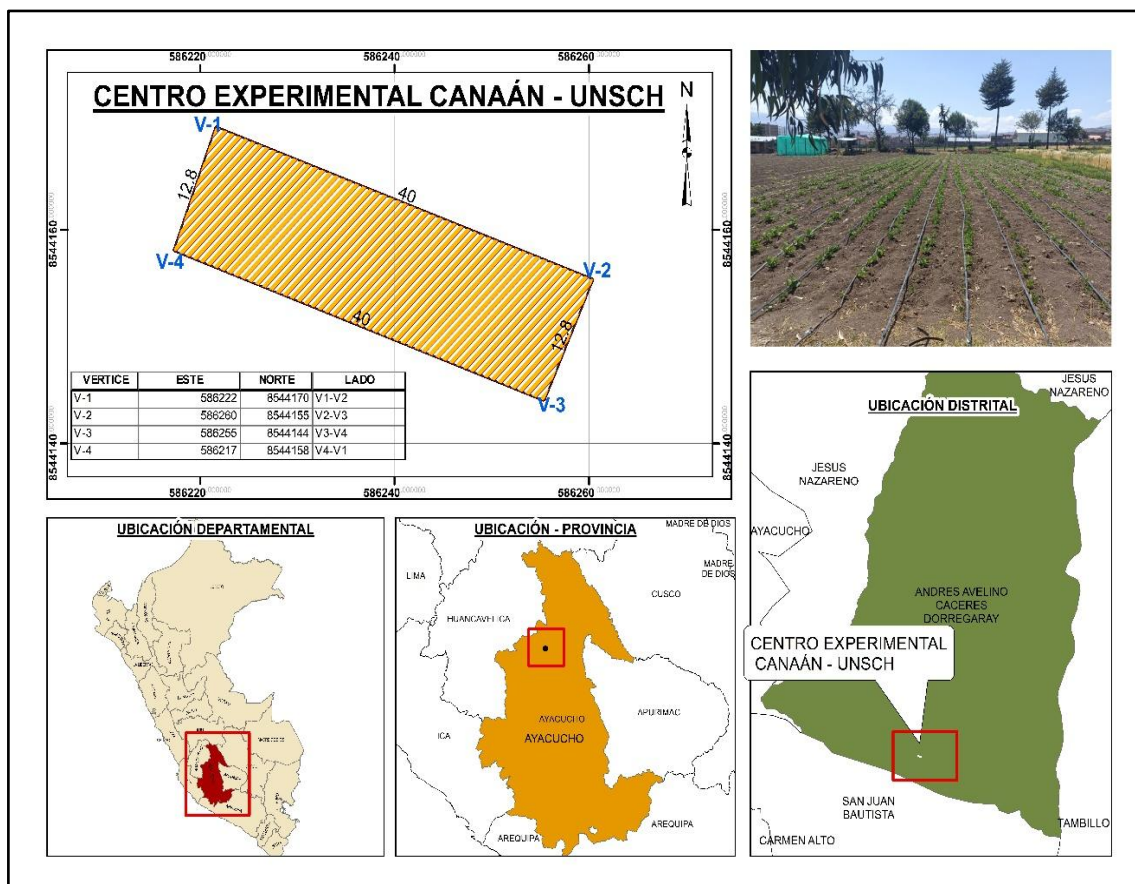
CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; ubicado geográficamente a 13°10'8.72" Latitud Sur y 74° 12' 12.85" Longitud Oeste, a una altitud de 2735 msnm, en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

Figura 2.1

Ubicación política del Centro Experimental Canaán de la UNSCH



Fuente: Mapa del departamento de Ayacucho

2.2. Organización del experimento

Todas las unidades experimentales recibirán un abonamiento de fondo según la extracción del cultivo de frejol (3000 kg grano): por ser una leguminosa a la siembra se aplicó: 30 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 80 kg ha⁻¹ de potasio (K₂O). El complemento de la fertilización nitrogenada se aplicó según los tratamientos utilizados entre los 20-22 dds, al inicio de floración y finalmente la última aplicación del nitrógeno a plena floración. Por tanto, existe tratamientos con 30, 60, 90 y 120 de N ha⁻¹.

2.3. Características edáficas del terreno experimental

Con el fin de conocer las propiedades del suelo, se utilizaron pala recta y cubeta para recolectar muestras de suelo del campo experimental a una profundidad de 0.30 m. Los resultados se muestran en la Tabla 2.1, y se obtuvieron enviando una muestra representativa de un kilogramo al Laboratorio de Análisis de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. La muestra se produjo mezclando cinco submuestras.

Tabla 2.1

Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán

Componentes	Valor	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.32	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	1.22	Medio
(N) total (%)	0.06	Medio
(P) disponible (ppm)	61.7	Alto
(K) disponible (ppm)	98.3	Medio
Arena (%)	31.6	Clase textural (franco)
Limo (%)	26.0	
Arcilla (%)	42.4	

Fuente: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" UNSCH-2023

Al hacer la interpretación, se consideraron los factores descritos en (Ibáñez y Aguirre 1983). Este suelo tiene una respuesta ligeramente alcalina, como se ve por el valor del pH en el agua. El suelo que tiene una concentración de 2.79% de materia orgánica, 0.14% de nitrógeno total, 21.4 partes por millón de fósforo accesible y 212.7 partes por millón de potasio disponible se considera de calidad media. Un suelo franco está representado por la clase de textura.

2.4. Características climáticas

Con base en datos adquiridos de la Estación Meteorológica de Canaán INIA, se creó el balance hídrico para conocer las condiciones climáticas prevalecientes durante todo el ciclo de cultivo del frijol negro. El Centro Experimental de Canaán se encuentra en una región intermedia entre los valles subandinos e interandinos. Recibe una precipitación anual que varía de 500 mm a 800 mm, siendo los meses más secos de diciembre a marzo y los meses más secos de mayo a octubre. Las temperaturas extremas de -2 °C no son infrecuentes, con una temperatura media anual de 12 °C en esta región.

La campaña tuvo un año seco con un total de 458.73 mm de precipitación, como se muestra en la Tabla 2.2. Las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales promedio fueron 22,72, 9,43 y 16,08 °C, respectivamente.

Las temperaturas entre 12 y 24 °C son ideales para climas fríos y templados, que son lo suficientemente suaves para que funcione el sistema fisiológico de la planta, y esta temperatura en particular fue ideal para las diversas etapas fisiológicas del cultivo. El esfuerzo experimental comenzó en agosto, un mes con déficit de precipitaciones, y continuó hasta noviembre de 2023 bajo riego para evitar que las plantas se estresen. Hay una sobreabundancia en diciembre, que coincide con los meses más húmedos, por lo que el riego por goteo es innecesario.

Tabla 2.2

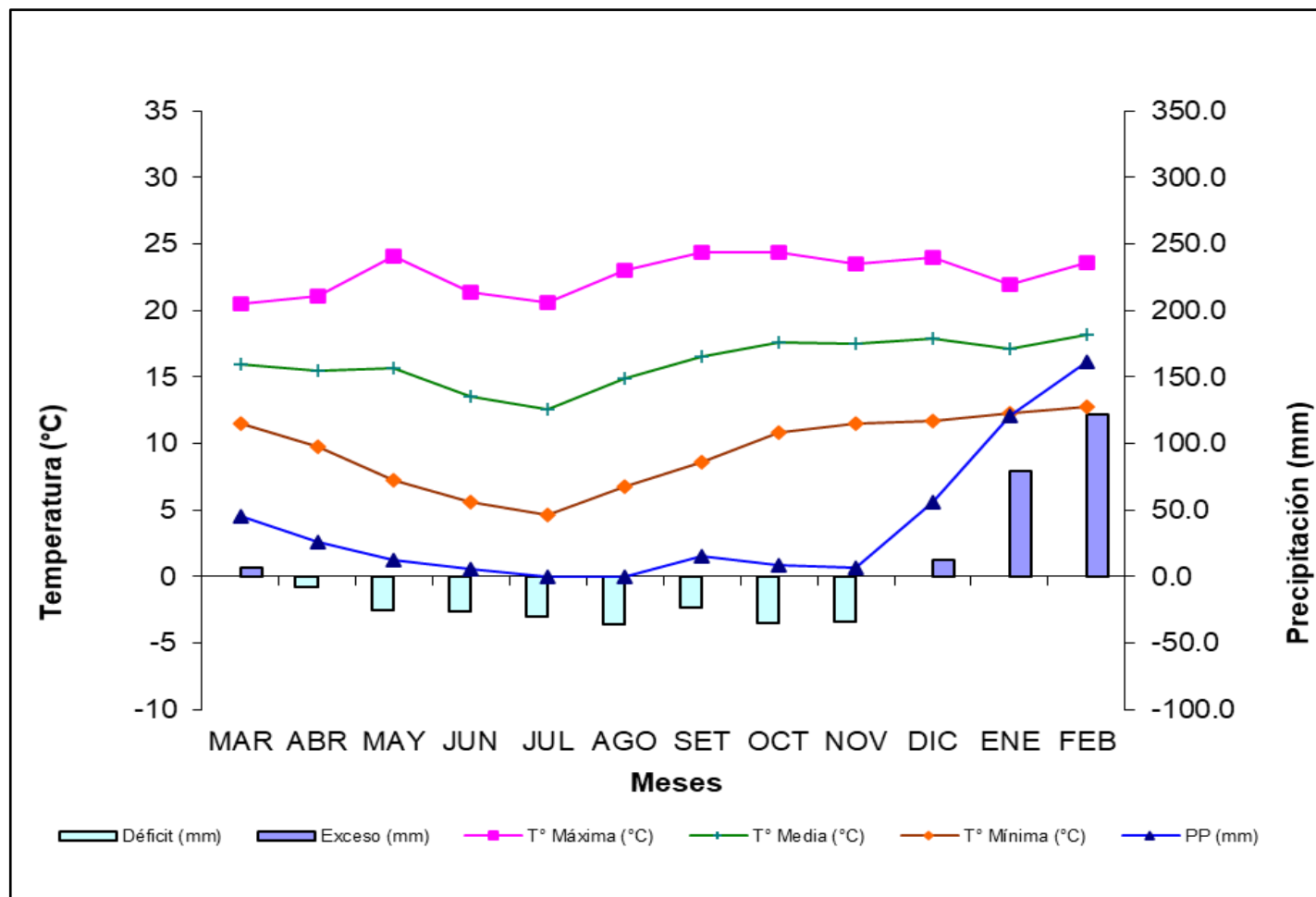
Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2023-2024. Estación Canaán INIA-Ayacucho

Distrito	: Ayacucho					Altitud	: 2735 msnm							
Provincia	: Huamanga					Latitud	: 13°10'8.72" Sur							
Departamento.	: Ayacucho					Longitud	: 74° 12' 12.85 Oeste							
AÑO	2023 - 2024													
MESES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL	Prom.
<i>T° Máxima (°C)</i>	20.5	21.1	24.1	21.4	20.6	23.0	24.4	24.4	23.5	24.0	22.0	23.6		22.72
<i>T° Mínima (°C)</i>	11.5	9.8	7.2	5.6	4.6	6.8	8.6	10.8	11.5	11.7	12.3	12.8		9.43
<i>T° Media (°C)</i>	16.0	15.5	15.7	13.5	12.6	14.9	16.5	17.6	17.5	17.9	17.2	18.2		16.08
<i>Factor</i>	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48		
<i>ETP (mm)</i>	79.4	74.2	77.6	64.8	62.5	73.9	79.2	87.3	84.0	88.5	85.1	81.5	938.0	78.16
<i>Pp (mm)</i>	45.6	26.2	12.6	5.8	0	0.0	15.8	8.06	6.67	55.8	120.5	161.7	458.7	38.23
<i>ETP Ajust (mm).</i>	38.8	36.3	38.0	31.7	30.6	36.1	38.7	42.7	41.1	43.3	41.6	39.9	458.7	
<i>H. suelo (mm)</i>	6.8	-10.1	-25.4	-25.9	-30.6	-36.1	-22.9	-34.6	-34.4	12.5	78.9	121.8		
<i>Déficit (mm)</i>		-10.1	-25.4	-25.9	-30.6	-36.1	-22.9	-34.6	-34.4					
<i>Exceso (mm)</i>	6.8									12.5	78.9	121.8		

Fuente: Estación meteorológica de Canaán INIA.

Figura 2.2

Diagrama Ombrotérmico: T° vs Pp. y Balance hídrico



Fuente: Estación meteorológica de Canaán INIA

2.5. Variables

2.5.1. Variables independientes e indicadores

A) Factor ecotipo (E)

- Cultivar (e1): Ucayali
- Cultivar (e2): Pampas

B) Factor formas de fertilización (F)

- Manejo 1 (m1): Testigo (Abono de fondo 30-80-80 NPK)
- Manejo 2 (m2): Inoculante comercial más abono de fondo
- Manejo 3 (m3): 30 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación a los 20 dds (60 kg N ha⁻¹)
- Manejo 4 (m4): 60 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación inicio de floración (90 kg de N ha⁻¹)
- Manejo 5 (m5): 90 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación plena floración (120 kg de N ha⁻¹)

2.5.2. Variables dependiente e indicadores

A. Precocidad

Para evaluar esta variable se utilizó el número de días después de la siembra y el punto en el que el 80-90% de las plantas alcanzan la madurez fisiológica (el punto en el que las vainas comienzan a secarse y pierden su pigmentación). En este punto, las semillas desarrollan el color habitual de la variedad.

Inicio de floración

En un momento en que solo florecía el 10% de las flores. Se podía ver el primer racimo o botón con flores a primera vista. en ciertas especies de plantas, el último nudo en el tallo o rama es donde se forman los botones florales.

Plena floración

Cuando más del 50% mostraron flores abiertas. En respuesta al primer brote que brote, la primera flor que se abra hará lo mismo.

Formación de vainas

Cuando el porcentaje de plantas con vainas completamente desarrolladas superó el 50%. Emerge una vaina inicial de más de 2,5 cm de longitud.

Formación de grano

Una vez que los granos se desarrollaron en más de la mitad de las vainas. Cuando las semillas germinan, las primeras vainas comienzan a llenarse. Al concluir esta etapa, las semillas ya no estarán verdes y comenzarán a mostrar los rasgos exclusivos de esa variedad.

Madurez fisiológica

Siempre que la mitad o más de las plantas mostraran grano. A medida que se secan, las vainas dejan de tener color. A medida que crecen, las semillas adquieren el tono uniforme de la especie.

Madurez de cosecha

Cuando los granos tenían aproximadamente 16 a 20% de humedad y las vainas entran en senescencia, proceso del envejecimiento celular (semillas) que hace que las células dejen de dividirse.

B. De rendimiento

Aspectos que afectan el rendimiento de cosecha de frijoles negros (*Phaseolus vulgaris* L),

Número de vainas por planta

Cada fase de tratamiento y cosecha incluyó la evaluación de cinco plantas seleccionadas al azar del surco central de cada unidad experimental.

Longitud de vainas

De las 5 plantas seleccionadas en el paso anterior se midió 10 vainas representativas

Número de granos por vaina

Se evaluó al momento de la cosecha de las vainas representativas del muestreo anterior.

Peso de 1000 semillas

Una vez finalizada la recolección, se procedió a una evaluación. Al final de cada tratamiento y repetición, se recogieron 5 muestras.

Rendimiento

Pudimos evaluar el peso del grano de la unidad experimental después de eliminar los márgenes, lo que nos permitió determinar la producción por hectárea.

Índice de cosecha

Se usó la siguiente ecuación para la evaluación durante la cosecha: Peso de grano/Peso de biomasa.

C. Merito económico

Se calculó sumando todos los gastos de fabricación de los tratamientos y las ganancias netas. Se utilizará la siguiente fórmula para calcular el índice de costo-efectividad de las terapias:

$$I.R = \frac{Utilidad\ bruta}{Costo\ de\ producción} \times 100$$

2.5.3. Tratamientos

Se tiene 10 tratamientos de la combinación y de los ecotipos (2) y la forma de fertilización (5). Las combinaciones se muestran a continuación:

Tabla 2.3

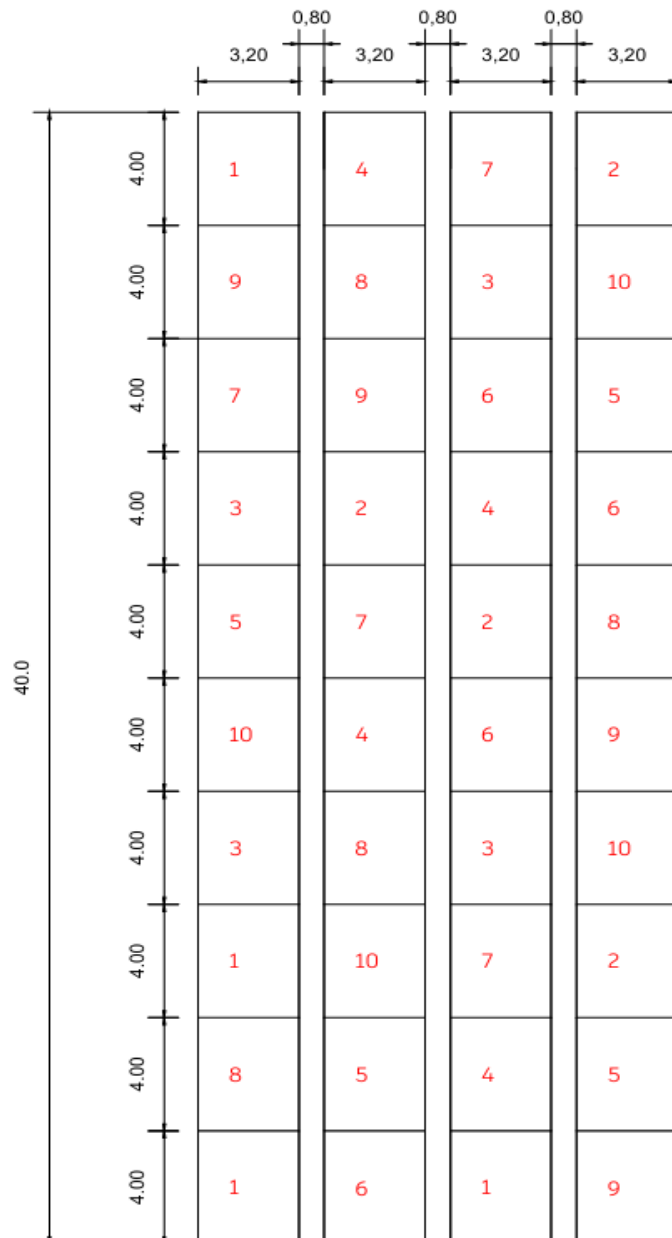
Características del campo experimental.

Clave	Combinaciones	Tratamientos
1	e1m1	Ucayali Testigo (Abono de fondo: 30-80-80 NPK)
2	e1m2	Ucayali abono de fondo más adición de Inoculante
3	e1m3	Ucayali Adición de 30 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (60 N)
4	e1m4	Ucayali Adición de 60 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (90 N)
5	e1m5	Ucayali Adición de 90 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (120 N)
6	e2m1	Pampas Testigo (Abono de fondo: 30-80-80 NPK)
7	e2m2	Pampas abono de fondo más adición Inoculante
8	e2m3	Pampas Adición de 30 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (60 N)
9	e2m4	Pampas Adición de 60 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (90 N)
10	e2m5	Pampas Adición de 90 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (120 N)

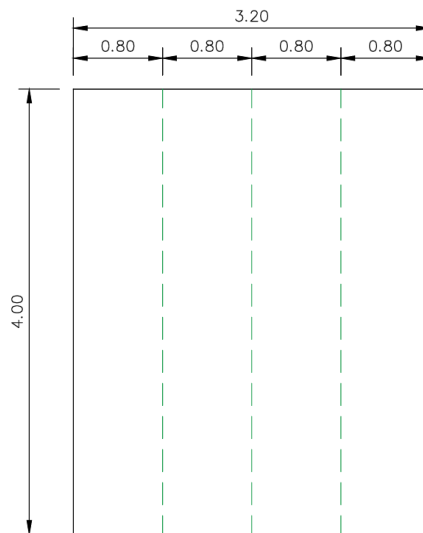
A. Campo experimental

Número de repeticiones	= 04 por cada tratamiento
Largo de unidad experimental	= 3.20 m
Ancho de unidad experimental	= 4.00 m
Distancia entre golpes	= 0.30 m
Número de surcos por unidad experimental	= 04
Distancia entre surcos	= 0.80 cm
Área del experimento	= 512 m ²

B. Croquis del campo experimental (*unidad de medida metros*)



C. Unidad experimental (*Unidad de medida metros*)



2.6. Diseño experimental

El experimento fue conducido en el Diseño Completamente Randomizado, con arreglo factorial de dos ecotipos (C) y cinco formas de fertilización (F) haciendo un total de 10 tratamientos y 4 repeticiones. Un total de 40 unidades experimentales. El análisis de varianza y las pruebas de contraste de Tukey ayudaron a aclarar los efectos de los tratamientos, lo que llevó a su selección.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es una observación cualquiera

μ : efecto de la media o promedio

α_i : efecto del i-ésimo nivel de variedades

δ_j : efecto del j-ésimo nivel de forma de fertilización

$\alpha\delta_{ij}$: de interacción i-ésimo nivel variedades, j-ésimo nivel de forma de fertilización

ϵ_{ijk} : error experimental

Alcance de los sub índices

i = 1, 2

j = 1, 2, 3, 4, 5

k = 1, 2, 3, 4

2.7. Instalación y conducción del experimento

2.7.1. Preparación del terreno

El trabajo se realizó el 12 de agosto de 2023, tres días antes de la siembra, utilizando un arado de discos en forma de cruz para romper el suelo a una profundidad de alrededor de 30 cm. Luego, se usó una grada en forma de cruz para dejar el suelo desmenuzado.

2.7.2. Surcado y demarcación del terreno

Se realizó el día anterior a la siembra, en conjunto con la colocación de las cintas de riego; el surco fue de 0,80 m de ancho, y se utilizó yeso para demarcar las parcelas.

2.7.3. Siembra

El 15 de agosto de 2023, las semillas se difundieron a mano con el uso de una luz; se esparcieron tres semillas en la nervadura del surco a una distancia de 0,30 m entre cada golpe. Los goteros adheridos a las cintas de riego mantenían este espacio.

2.7.4. Desahije

No se efectuó desahijé porque solo se dejó 3 plantas por golpe en la siembra.

2.7.5. Riego

Según los requisitos de la planta, el riego se aplicó cada cinco días durante agosto, septiembre, octubre y noviembre, en el mes de diciembre se dejó el riego por la presencia de lluvias y debido que en este mes se efectuó la cosecha.

2.7.6. Control de malezas

Cuatro veces a los 18, 30, 55 y 75 días después de la exposición, se llevó a cabo una operación manual de control de malezas para garantizar un cultivo limpio. El fertilizante nitrogenado podría incorporarse más fácilmente.

2.7.7. Fertilización

Al momento de la siembra, se aplicaron manualmente 30 unidades de fósforo (fosfato diamónico), potasio (cloruro potásico) y nitrógeno (el nitrógeno restante se administró de acuerdo con los tratamientos) con el uso de una luz con fines de fertilización (Urea).

2.7.8. Control fitosanitario

En la conducción del experimento no se presentaron plagas ni enfermedades de consideración. Por tanto, no fue necesario la utilización de plaguicidas tampoco enfermedades. El frejol utilizado mostró un vigor y una rusticidad varietal

2.7.9. Cosecha

De acuerdo con la madurez de la cosecha, que ocurre entre 128 y 138 días después de la siembra, se cosecharon un total de 40 plantas para su posterior evaluación, seleccionándose 10 plantas al azar de la parcela de los surcos centrales para cada repetición. Las plantas de campo restantes se cosecharon para determinar el rendimiento. Enviamos los datos recopilados y codificados al Sistema de Investigación de Cultivos Alimentarios. Después de un día completo de secado al aire, los granos se trillaron a mano y se registraron los resultados del experimento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. De las variables de precocidad

Tabla 3.1

Análisis descriptivo de la fenología del cultivo de frejol de grano negro en número de días después de la siembra (dds) en los diferentes tratamientos. Canaán 2750 msnm

Tratamientos Ecotipos NPK	Emergencia	Hojas trifoliadas	Plena floración	Madurez fisiológica	Cosecha
Ucayali 30-80-80	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	128-130
Ucayali 30-80-80 Inoculante	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	128-130
Ucayali 60-80-80	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	128-130
Ucayali 90-80-80	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	128-130
Ucayali 120-80-80	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	128-130
Pampas 30-80-80	9 -12	22-30	50 – 65	95-105	135-138
Pampas 30-80-80 Inoculante	9-12	22-30	50 – 65	95-105	135-138
Pampas 60-80-80	9-12	22-30	50 – 65	95-105	135-138
Pampas 90-80-80	9-12	22-30	50 – 65	95-105	135-138
Pampas 120-80-80	9-12	22-30	50 – 65	95-105	135-138

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La siembra, el manejo agronómico y la cosecha son aspectos de la agricultura que están fuertemente ligados a la fenología del cultivo. Cuando se trata de manejo agronómico, la fenología de cultivos como el frijol es crucial para realizar un seguimiento de todas las diferentes actividades. Según la Tabla 3.1, la madurez fisiológica tiene lugar entre 95 y 105 días. Para el ecotipo Ucayali, la recolección inició a los 128 días y finalizó a los 130 días. Para el cultivar pampeano, se realizó entre 135 y 138 días, que es algo posterior.

Según Villanueva (2010), descubrieron que en un ensayo que involucró seis cultivares diferentes de frijol negro cultivados en tres áreas diferentes de Guatemala, hubo una variación mínima en el estado fenológico entre los propios cultivares. De 14 a 26 días, se formaron las primeras a terceras hojas trifoliadas, y de 30 a 40 días, comenzó y terminó la antesis. Se decía que el grano estaba completamente maduro después de 82 a 88 días, y se decía que la cosecha era entre 95 y 100 días después de eso. Cuando se comparan con los resultados del experimento actual, estos números sugieren un grado de precocidad. Los rangos de temperatura en Guatemala explican esta variación, siendo típicos mínimos de 12-16°C y máximos de 22-29°C.

En la ubicación de Canaán a 2735 msnm, la temperatura máxima alcanza los 20-25 °C, por lo que estos hallazgos indican una fenología tardía específica en el experimento actual.

3.2. De las variables de rendimiento

3.2.1. De la altura de planta

Tabla 3.2

Análisis de variancia de la altura de planta del frejol de grano negro en los diferentes fertilizantes y ecotipos. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	985.22	246.30	283.71	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	17.69	17.30	20.38	<0.0001 **
Interacción (F x C)	4	7.13	1.78	2.05	0.1119 ns
Error	30	26.05	0.87		
Total	39	1036.08			

C,V. = 1.27 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

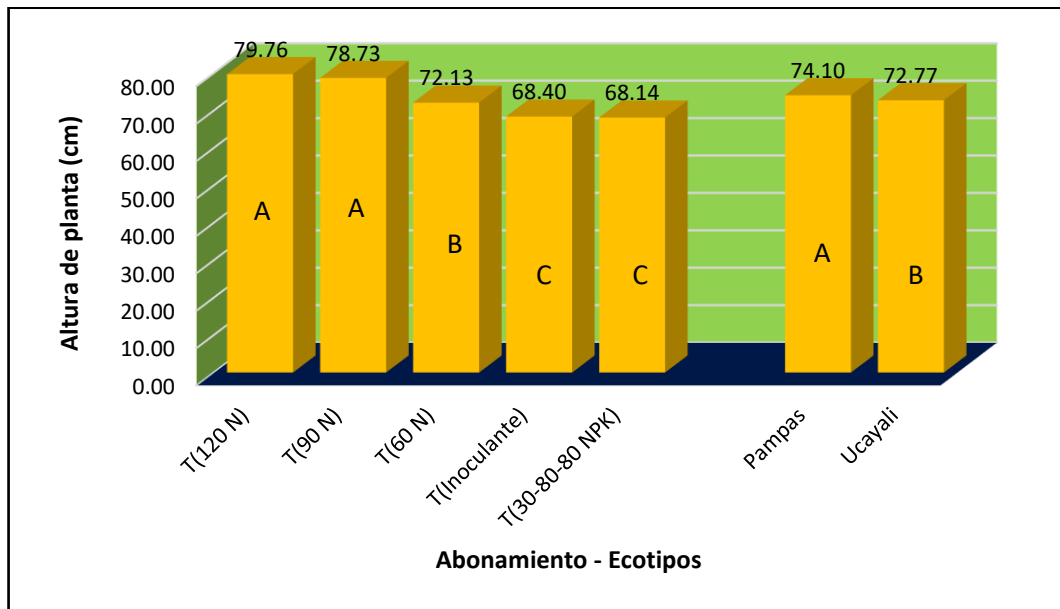
La altura de las plantas de frijol negro es de importancia primordial y es un indicador de la formación de biomasa, lo que incide en la mayor capacidad fotosintética.

Los bloques que representan fuentes de variación de fertilizantes y variedades muestran una fuerte significación estadística en la Tabla 3.2. Usamos centímetros para medir la altura de cada tratamiento, y medimos la planta desde su copa (raíz) hasta su

mayor punto de creación. Debido a que cada planta promediaba el mismo tamaño, su distribución fue segmentada. El alto coeficiente de variación explica el alto nivel de precisión experimental.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.2

En la Figura 3.1 se presenta la prueba de Tukey donde se muestra el efecto principal de los diferentes fertilizantes y variedades sobre la altura de las plantas, donde la respuesta a los fertilizantes se observa de forma independiente, sin diferencias estadísticas. Las mayores alturas se logran con contenidos de nitrógeno de 120 y 90, alcanzando alturas de 79,76 y 78,73 cm. En cuanto a los ecotipos, Pampas presenta una altura de 74,10 cm, superando al ecotipo Ucayali.

Arango (1999) al realizar un estudio sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos densidades de siembra diferentes en Canaán-INDIA 2750 msnm. Ayacucho, descubrí los siguientes valores de altura de planta para líneas de frijol rojo: L-24, L_02423R, ojo I, Rojo II y Red Kidney: 43.37, 43.2, 33.16, 31.8 y 28.68 cm, respectivamente.

3.2.2. Del número de vainas por planta

Tabla 3.3

Análisis de variancia del número de vainas por planta en el frejol negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	2480.89	620.22	35.67	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	87.03	87.03	5.00	0.0329 *
Interacción (F x C)	4	8.04	2.01	0.12	0.9760 ns
Error	30	521.70	17.39		
Total	39	3097.66			

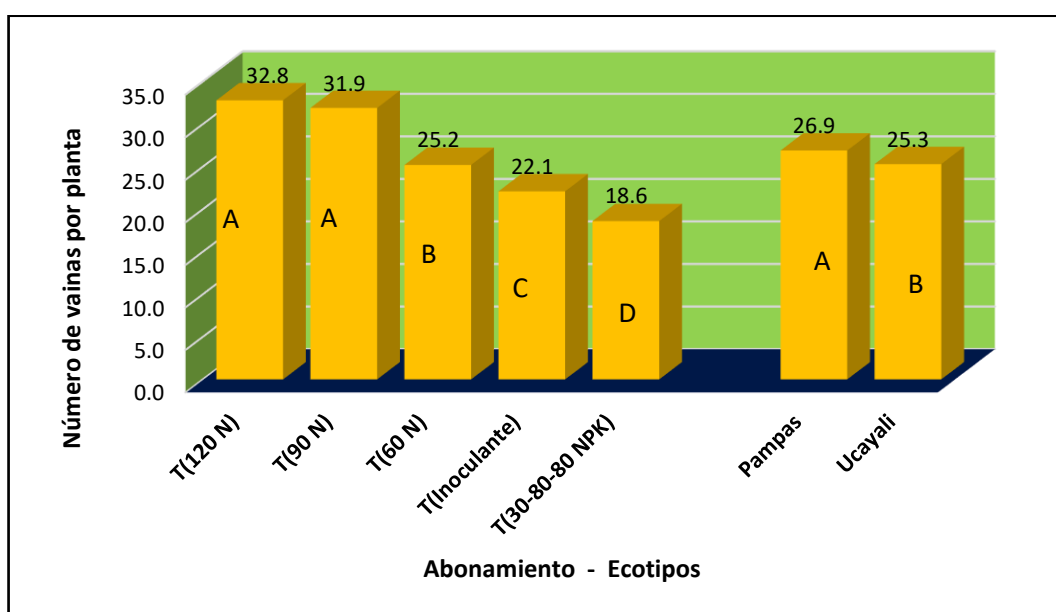
C,V. = 12.35 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

En los frijoles negros, la altura de la planta es crucial porque predice la producción de biomasa, lo que a su vez afecta la capacidad fotosintética. En los bloques que soportan el modelo, la Tabla 3.3 revela un alto nivel de significancia. El uso de fertilizantes tiene impactos importantes que son estadísticamente muy significativos. El alto grado de precisión del experimento se aclara mediante el coeficiente de variación.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos principales de número de vaina por planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.3

La Figura 3.2 muestra los impactos primarios de esta variable, que es crucial para predecir la producción de frijoles. Entre los niveles de fertilizante, 120 y 90 produjeron la mayor cantidad de vainas por planta, con 32,8 y 31,9 vainas, respectivamente, y no hubo diferencia significativa entre ellas. Con una puntuación promedio de 26,9, el cultivar pampa es el mejor ecotipo.

Dado que los ecotipos en consideración están definidos por un tallo central y dos ramas, la cantidad de vainas producidas por cada planta es un determinante significativo de este atributo. Un componente cuantitativo del rendimiento que cambia con el genotipo, tiene poca heredabilidad y está controlado por varios genes es el número variado de vainas por planta. El medio ambiente tiene un impacto significativo en él.

Pareja (2011), su investigación en la estación experimental Canaán Ayacucho, que se encuentra a una altura de 2.735 metros sobre el nivel del mar, detalla el uso del guano isleño junto con el fertilizante básico 60-80-60 NPK. Los hallazgos mostraron que la cantidad óptima de fertilizante orgánico a aplicar era de 1.0 t / ha, resultando en un promedio de 39.3 vainas por planta. Está claro que el presente experimento no obtuvo los mismos resultados ya que el autor mencionado llegó a esta cifra por unidad de una vez.

3.2.3. Del peso de 1000 semillas

Tabla 3.4

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	258.88	64.72	18.64	<0.0001**
Ecotipos (C)	1	15.07	15.07	4.34	0.0458 *
Interacción (F x C)	4	2.43	0.61	0.17	0.9496 ns
Error	30	104.14	3.47		
Total	39	380.52			

C.V. = 0.69 %

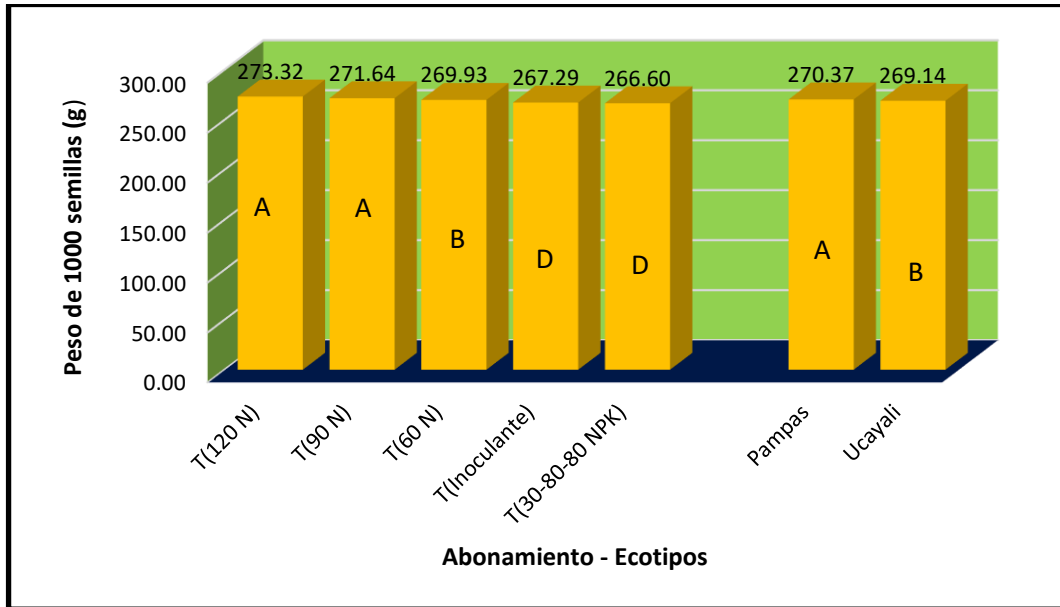
Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

Los principales efectos significativos del uso de fertilizantes se muestran en la Tabla 3.4 del análisis de varianza, donde los principales efectos también son altamente

significativos. El análisis del coeficiente de variación muestra que los resultados son estadísticamente bastante precisos.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos principales del peso de 1000 semillas en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.4

La diferencia mediante el test de Tukey se observa en la Figura 3.3 donde los niveles de fertilización nitrogenada de 120 y 90 kg/ha presentan los mayores valores de peso de 1000 semillas sin diferencia estadística, con un peso de 273,32 y 271,64 g. En cuanto al ecotipo Pampas presenta un mayor peso con una diferencia estadística de 270,37 en promedio de los tratamientos fertilizados.

La calidad del grano para la venta y uso en viveros está indicada por el peso de 1000 semillas de esta variedad. En su estudio sobre frijol negro en la región Canaán-Ayacucho, Pareja (2011) encontró que el uso de guano isleño resultó en un peso promedio de semilla de 0.75 y 1.0 t ha⁻¹, con pesos de 243.7, 240 y 6, respectivamente. Aunque encontramos valores algo más altos en nuestro estudio, atribuimos esto a diferencias varietales inherentes, así como a las prácticas agronómicas utilizadas.

3.2.4. De la longitud de vaina

Tabla 3.5

Análisis de variancia de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	12.14	3.04	25.03	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	0.44	0.44	3.66	0.0653 ns
Interacción (F x C)	4	0.01	0.0025	0.021	0.9983 ns
Error	30	3.64	0.12		
Total	39	16.24			

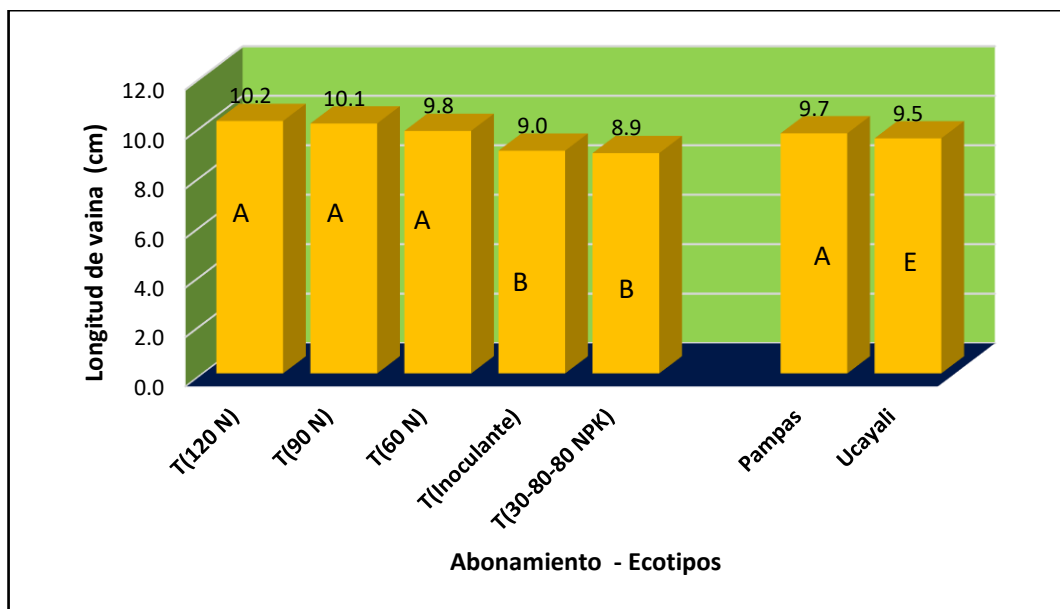
C, V. = 4.60 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La Tabla 3.5 muestra que el análisis de variancia (ANVA) indica un fuerte efecto principal significativo de la fertilización sobre la longitud de la vaina, un resultado que permitirá una prueba de comparación de Tukey para determinar el mejor resultado utilizando formas de fertilización. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión del experimento.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos principales de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.5

La figura 3.4 de la prueba de Tukey de la longitud de vaina en el frejol, donde el tratamiento con 120, 90 y 60 de nitrógeno en kg ha⁻¹ sin diferencia estadística son los que reportan la mayor longitud de vaina con valores de 10.2, 10.1 y 9.8 cm, numéricamente el ecotipo Pampas muestra un mayor valor con 9.7 cm.

Condori (2021) indica que la variedad Fortaleza (V8) presenta una longitud de vaina de 11,34 cm. Estos resultados difieren poco de los mostrados, siendo esta diferencia debida principalmente a la mayor temperatura del lugar señalado por el autor.

3.2.5. *Del número de granos por vaina*

Tabla 3.6

Análisis de variancia del número de granos por vaina del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	12.59	3.15	22.80	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	0.26	0.26	1.86	0.1833 ns
Interacción (F x C)	4	0.21	0.05	0.39	0.8157 ns
Error	30	4.14	0.14		
Total	39	17.20			

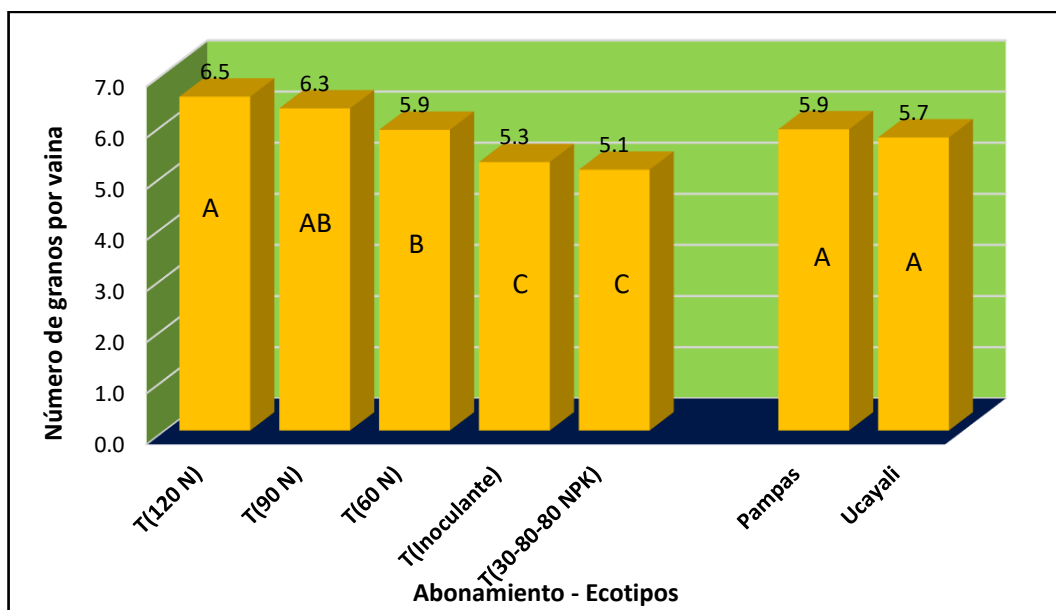
C, V. = 6.39 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

De acuerdo con la Tabla 3.6, el análisis de varianza (ANVA) demuestra que la influencia primaria de la fuente de fertilizante en el número de granos por vaina es muy significativa. Los datos necesitan realizar el análisis de prueba de Tukey. Hay un alto grado de precisión en el coeficiente de variación.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.6

La figura 3.5 de la prueba de Tukey del efecto principal del número de granos de vaina, donde los niveles de nitrógeno de 120 y 90 kg ha⁻¹ tienen los mayores valores 6.5 y 6.3 sin diferencia estadística entre ellos. Numéricamente el ecotipo Pampas tiene un mayor valor en la variable en estudio.

Condori (2021) reporta a la variedad negro con un rango de 6 a 7 granos o semillas por vaina. Estos resultados coinciden con los valores de nuestro experimento.

3.2.6. Del rendimiento de grano

Tabla 3.7

Análisis de variancia del rendimiento de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	5238276.87	1309569.22	96.88	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	277822.22	277822.22	20.55	0.0001 **
Interacción (F x C)	4	39709.72	9927.43	0.73	0.5757 ns
Error	30	405515.84	13517.19		
Total	39	5961324.66			

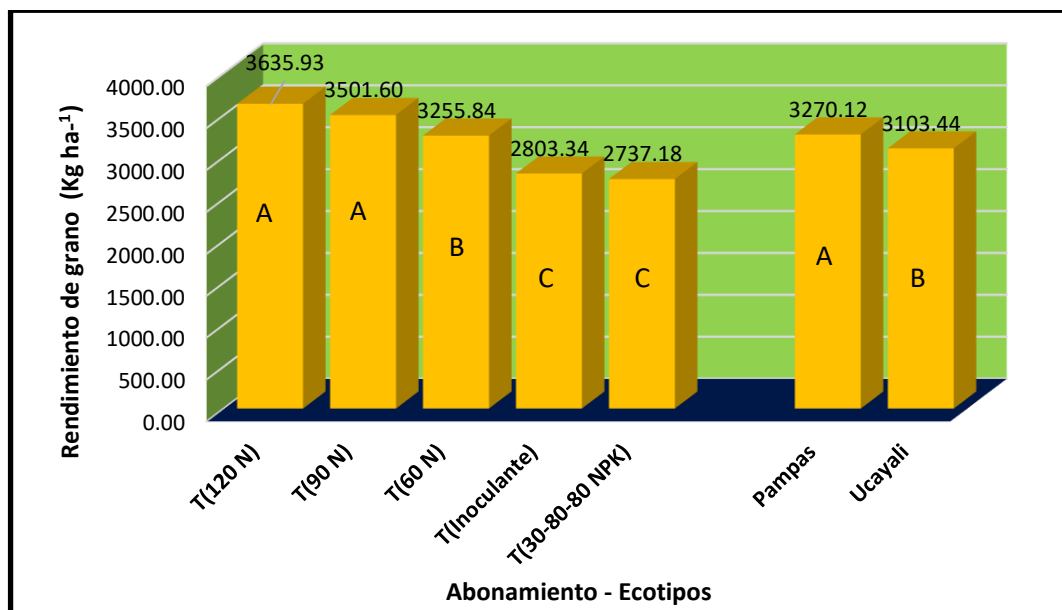
C, V. = 3.38 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La tabla 3.7, muestra el rendimiento de grano de frijol negro, y los principales impactos de la aplicación de fertilizantes muestran un alto nivel de significación estadística. Además, el coeficiente de variación es bastante preciso. Los hallazgos permiten examinar estos impactos de forma independiente.

Figura 3.6

Prueba de Tukey de los efectos principales del rendimiento de grano al 14 % en los abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.7

En la figura 3.6 se observa que los tratamientos con 120 y 90 kg nitrógeno en kg ha⁻¹ son los de mayor valor con 3635.93 y 3501.60 kg ha⁻¹. El ecotipo Pampas supera estadísticamente al cultivar Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de fertilización.

Aunque los hallazgos están en línea con los de muchos experimentos, se debe enfatizar que la productividad está influenciada por una gran cantidad de genes, tiene poca heredabilidad y depende del medio ambiente. Según Pareja (2011), cuando se trata con fertilizante base NPK 60-80-60 y 1 t ha⁻¹ de Guano Isleño, se producen 3119,78 kg ha⁻¹ de granos de frijol negro. Con un 14% de humedad, obtenemos 3010,44 kg/ha de granos de frijol cuando agregamos 0,75 t ha⁻¹ del mismo fertilizante orgánico. Los hallazgos mostrados concuerdan con los de la variedad pampa, cuyo impacto primario es, en promedio, de 3270,12 kg / ha.

Arayada et al. (2022) mencionan que empezó la comercialización a agricultores de la variedad común mesoamericana de frijol negro “UCR 55”, criada específicamente para la producción de frijoles en plantaciones ubicadas a más de 1000 metros sobre el nivel del mar en Costa Rica, esta variedad se adapta bien a suelos con bajos niveles de fósforo (<10 ppm) y una resistencia natural a *C. lindemuthianum*. Además, entre otras características, muestran rendimientos promedio de grano que oscilan entre 856 y 2345 kg / ha con una humedad del 14% en 8 parcelas de prueba agrícolas y bajo manejo comercial en Costa Rica.

Se lograron rendimientos de hasta 3635.93 kg ha⁻¹ en los experimentos del trabajo de estudio, sin embargo, es imposible comparar los resultados de los experimentos con la siembra comercial. En consecuencia, al ejercer un mayor control ambiental sobre el frijol de grano negro, podemos obtener un rendimiento estimado excelente.

3.2.7. Del índice de cosecha

Tabla 3.8

Análisis de variancia del índice de cosecha de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	392.19	98.05	45.22	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	31.86	31.86	14.69	0.0006 **
Interacción (F x C)	4	7.71	1.93	0.89	0.4823 ns
Error	30	65.05	2.17		
Total	39	496.82			

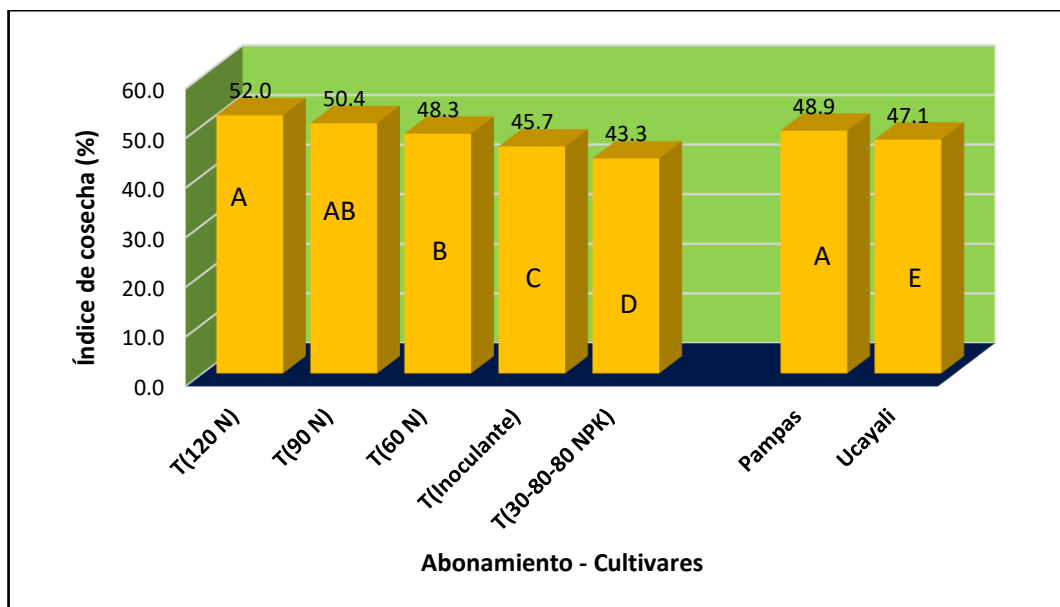
C, V. = 3.07 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La Tabla 3.8 muestra que el análisis de varianza (ANVA), indica una alta significación estadística para los efectos principales de los fertilizantes y los ecotipos en el índice de cosecha del frejol de grano negro. El coeficiente de variación es un valor de buena precisión del experimento.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos principales del índice de cosecha del peso de grano al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm.



Fuente: Tomada de la tabla 3.8

Cuando la biomasa está seca y los granos están al 14% de humedad, la Figura 3.7 ilustra que existe una diferencia en el índice de cosecha y los ecotipos analizados, así como en los diversos tratamientos de fertilización, según la prueba de Tukey. El ecotipo pampa tiene un índice de cosecha más alto (índice del 48,9%) en la Figura 3.7. Entre los tratamientos de fertilización, los que alcanzan los valores de índice más altos (52,0% y 50,4%, respectivamente) son los que aplican 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, respectivamente, sin diferencia estadística.

Chassaigne & Barrientos (2012) muestran el rendimiento de grano, que es el rendimiento económico, como proporción de la materia seca total de las partes aéreas de la planta en la madurez, que es el rendimiento biológico. Una medida de la productividad de un cultivo para producir un determinado bien es el índice de cosecha.

Davis & Garcia (1983) señalan que las variedades de frijol indeterminadas superan a los tipos de frijol especificados en términos de índice de rendimiento. Esto se debe a que tienen un ciclo de crecimiento más largo, lo que significa que se recolecta más radiación, lo que lleva a un aumento en la producción de fotoasimilados. Estos, a su vez, ayudan al crecimiento de la IC cuando se transportan a los órganos que importan económicamente.

Para Camarena et al. (2009) los aumentos en el índice darán como resultado mayores rendimientos en todos los tipos de frijoles, con rendimientos que oscilan entre el 40 y el 55 por ciento. En estos rangos, encontramos los resultados de una disponibilidad de fertilizantes bien administrada y un riego suficiente, que impulsan la precocidad y la acumulación de materia seca, garantizando una alta producción.

3.3. Mérito económico

Tabla 3.9

Costos de producción, rendimiento de grano, valor de venta, utilidad bruta e índice de rentabilidad de los tratamientos. Canaán 2735 msnm

Tratamientos	Costo (S/) producción	Rendimiento grano (kg/ha)	Valor de venta S/	Utilidad bruta (S/)	Índice rentabilidad
Ucayali 30-80-80	4551.95	2686.8	6.0	16120.8	3.5
Ucayali 30-80-80 Inoculante	4698.95	2762.5	6.0	16575.0	3.5
Ucayali 60-80-80	5047.20	3154.4	6.0	18926.4	3.7
Ucayali 90-80-80	5124.20	3382.5	6.0	20295.0	4.0
Ucayali 120-80-80	5324.15	3531.0	6.0	21186.0	4.0
Pampas 30-80-80	4551.95	2787.6	6.0	16725.6	3.7
Pampas 30-80-80 Inoculante	4698.95	2844.2	6.0	17065.2	3.6
Pampas 60-80-80	5047.20	3357.3	6.0	20143.8	4.0
Pampas 90-80-80	5124.20	3620.7	6.0	21724.2	4.2
Pampas 120-80-80	5324.15	3740.9	6.0	22445.4	4.2

De acuerdo con la Tabla 3.9, el tratamiento arroja la mejor rentabilidad con un índice de rentabilidad de Pampa de 4.2 y un índice de rentabilidad de ecotipo Ucayali de 4.0 cuando se usa el mismo método de suscripción NPK 90-80-80. Cabe señalar que el ecotipo pampa arroja la mayor ganancia bruta. Vendiendo 6.0 kilogramos de frijol negro de grano traído en S/6.0.

Pareja (2011), los siete tratamientos se clasificaron según su mérito económico. El primer tratamiento, que implicó fertilización química con una relación NPK 60-80-60, arrojó una ganancia neta de S/. 7075.44. El segundo tratamiento, que implicó tratar 1000 kg ha⁻¹ de guano insular, arrojó una ganancia neta de S/. 6459.18. El tercer y último tratamiento, que implicó tratar 750 kg ha⁻¹ de guano insular, arrojó una ganancia neta de S/. 5792.31. El experimento canadiense informó de una mayor utilidad debido al precio y la productividad existentes.

CONCLUSIONES

1. Un factor esencial para pronosticar la producción de frijoles es la densidad de vainas por planta. Con un promedio de 26,9 vainas por planta, el ecotipo Pampas demuestra superioridad, mientras que los grupos con niveles de fertilización nitrogenada de 120 y 90 kg ha⁻¹ tuvieron los mayores números de vainas (sin diferencia estadística entre ellos).
2. La fertilización con niveles de nitrógeno de 120 y 90 kg ha⁻¹ muestran los mayores valores en el peso de 1000 semillas sin diferencia estadística, con pesos de 273.32 y 271.64 g. En cuanto al ecotipo el cultivar Pampas tiene mayor peso con diferencia estadística con un valor de 270.37 g. en promedio de los tratamientos de fertilización.
3. La longitud de vaina se muestra un mayor valor con los tratamientos de fertilización de 120, 90 y 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, sin diferencia estadística entre ellos con valores de 10.2, 10.1 y 9.8 cm respectivamente, en cuanto a los ecotipos, Pampas y Ucayali muestran valores 9.7 y 9.5 cm. Sin diferencia estadística.
4. El número de granos, con el tratamiento 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, son los que tienen mayor número de granos por vaina con 6.5 y 6.3. Sin diferencia estadística entre ellos, en cuanto a los ecotipos, Pampas muestra un mayor valor numérico con 5.9 número de granos por vaina.
5. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron utilizando 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno con valores de 3635.9 y 3501.6 kg ha⁻¹. En cuanto a los ecotipos, Pampas supera al ecotipo Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de formas de fertilización.
6. El índice de cosecha del frejol de grano negro al 14% de humedad y la biomasa a la cosecha se obtiene un mayor valor con los tratamientos 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, con valores de 52.0 y 50.4 sin diferencia estadística entre ellos. En cuanto a los ecotipos, Pampas muestra un mayor índice de cosecha con un valor 48.9%
7. El mérito económico de los tratamientos se alcanzó utilizando el ecotipo Pampas con un abonamiento de: 90 – 80 – 80 de NPK con un índice de rentabilidad de 4.2.

RECOMENDACIONES

- Estudiar el rendimiento de planta, con diferentes dosis de uso de inoculación y formas de fertilización nitrogenada con otras variedades del frejol en las zonas con climas similares.
- Utilizar el abonamiento con dosis de 90 kg ha⁻¹ y la variedad Pampas en altitudes similares al de Canaán, ya que se alcanza un índice de rentabilidad de 4.2.
- La fertilización nitrogenada deberá ser aplicado en tres regímenes de fertilización a la siembra, a los 25 días y al inicio de floración.
- Consumir de esta leguminosa incentivando la siembra y oferta en los mercados locales, además por ser un cultivo precoz se puede consumir en grano fresco y grano maduro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel, V. c. (2001). *El Cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Peru*. Lima: Ministerio de Agricultura INIA.
- Arayada Villalobos, R., Barrantes, C., F, N., & Chavez Hernadéz, F. (2022). *Variedad de frijol común Mesoamericano de grano negro*. *Agronomía Costarricense*. San Jose - Costarrica: Agronomía Costarricense.
- Asociación de Agencias. (s.f.).
- Arango, L, A. (1999) Comparativo de rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) En dos densidades de siembra en Canaán - INIA 2750 msnm.
- Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucio, & Elisa. (2021). *Datos secuenciales revelan el origen mesoamericano del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. EE. UU: Universidad de Georgia.
- Bonilla, I. (2000). *Introducción a la nutrición de las plantas: Los elementos minerales. Fundamentos de fisiología vegetal. Ira Edición*. España- Barcelona : Internamericana Graw Hill.
- Bocanegra, S, N. (1978) *Cultivo de las menestras en el Perú*. Ministerio de Agricultura y Pesquería y Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte, Lima - Perú.
- Broughton WJ, H., Blair, M., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). *Frijoles (Phaseolus spp.): legumbres modelo alimenticias*. EE. UU: Agricultural Sciences .
- Camarena Mayta, F., Huaranga Joaquín, A., & Mostacero Neyra, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Camarena Mayta, F., Huaranga, J., & Mostacero Neyra, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Lima - Perú: CONCYTEC.
- Casas Alejandro, T. G. (2017). *Domesticación en el continente americano*. Mexico: Editorial Morevalladolid, Morelia.
- Camasca, A. (1984). *Horticultura Práctica*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC Ayacucho - Perú.
- Chassaing Ricciulli, A., & Barrientos Acosta, V. (2012). *Mejoramiento por idiotipo en maíz*. Venezuela: Agrícola Danac.
- Condori Cruz, H. (2021). *Evaluación agronómica de ocho variedades de frejol (Phaseolus Vulgaris l.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la estación*

- experimental de sapecho*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés (facultad de agronomía).
- Condori Cruz, H. (2021). *Evaluación agronómica de ocho variedades de frejol (Phaseolus vulgaris L.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la Estación experimental de Sapecho*. La paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Davis, J. H., & Garcia, S. C. (1983). *Competitive ability and growth habit of indeterminate beans and maize for intercropping*. European: Crop Sci.
- Debouck, D., & Hidalgo, R. (1985). *Morfología de la planta de frijol común*. Centro internacional de Agricultura (CIAT).
- Díaz, J. (2013). *Manejo integrado del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. . Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Elar, S., Edwin, A., & Simón, C. (2016). *Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadería*. Lima: SIEA.
- Emma, O. (2024). *el nitrógeno en la agricultura*. Mexico: CIMMYT.
- Fernández, F. G., & Lopéz, M. (1982). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Cali*. Colombia - Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Fira. (2022). Panorama Agroalimentario. SAGARPA, 75-97.
- Flores Obando, J. A., & Avilés Segura, M. S. (2022). *Uso de tres dosis del bioestimulante ROBUST® para el crecimiento radicular y foliar en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L) en Santa Cruz, Estelí*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria (Facultad de agronomía).
- Frank. (1889). *National Museum of Natural History, Smithsonian Institution*. Washington D. C: Integrated Taxonomic Information System.
- Fuentes Yague, J. L. (1999). *El suelo y los fertilizantes*. Madrid - España: Mundi.
- Gonzalez, A. M. (2020). *Hipertextos de BOTánica Morfológica- Fac. Cs. Agrarias*. Argentina: Ciencias Agrarias.
- Ibañez, R., & Aguirre, G. (1983). *Fertilidad de suelos: Manual de prácticas*. Huamanga - Perú: UNSCH.
- Ladero Alvarez, M., Alonso Beatom, T., & Santos Bodi, T. (2010). *Botánica Agrícola*. España, Madrid: Mundi Prensa.
- López, M., & F, F. (1991). *Enfermedades causadas por hongos. En: Frijol Investigación y Producción*. Colombia: Centro internacional de la agricultura Tropical (CIAT).
- María, B. R., & Aldo, H. M. (2014). *Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo Pleurotus ostreatus*. Bolibia: Red de Revistas Científicas de América

Latina.

- Ministerio de Agricultura, MINAG (1983). *El frejol*. Revista de la Dirección General de Investigación. Lima - Perú.
- Ontiveros Cortés, A., Kohashi Shibata, J., Yáñez Jiménez, P., & Acosta Gallegos, J. A. (2005). *Crecimiento de la raíz del frijol con diferentes velocidades de secado del suelo*. Chapingo - Mexico: Terra Latinoamericana.
- Pareja Huayhua, G. (2011). *Niveles de guano de islas en el rendimiento del cultivo de frijol Caraota (Phaseolus vulgaris L.), Canaán - 2735 msnm, Ayacucho*. Huamanga - Peru: UNCSH.
- Proyecto cooperativo, X. (1996). *La fertilización de Habichuelas en el Valle de San Juan de la Maguana*. República Dominicana: San Juan de Maguana R.D.P.
- Ravelo, & j. (1998). Efecto de la aplicación de fertilizantes naturales sechura,(fosfato de sechura, feldespatos potásicos y estiércol) sobre el rendimiento y nodulación en. *Tesis Ing. Agronomo*.
- Restrepo, C., & Laing, P. (1979). *Conceptos básicos de fisiología de frijol*. Colombia - Cali: CIAT.
- Reyes Garamen, Á. (2009). Evaluación del rendimiento en grano. *Ciencias Agrarias*, 17-21.
- Rodríguez Delfín, A. (1996). *Principios básicos de nutrición mineral para ser aplicado en hidroponía. Separata de laboratorio del curso de fisiología vegetal*. Perú - Lima: UNALM.
- María C. Nápoles, Gretel G. & Daimy C. (2007). *La especificidad simbiótica del hospedador de Rhizobium meliloti está determinada por una señal de oligosacárido de glucosamina sulfatada y acilada*. EE.UU: National Center for biology.
- Santillán Vinisa, S., Fabián, F. L., & Ortiz Monasterio Rosas, J. (2021). *Uso Eficiente de nitrógeno en la agricultura*. Mexico: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.
- Sergovia J, R., & K, S. (2007). *Morfología del frijol. Guías de estudio*. Colombia: Centro internacional de la agricultura Tropical (CIAT).
- Shener, C. (2021). *Inoculación con rhizobium phaseoli en tres genotipos de phaseolus vulgaris l. bajo dos densidades de población*. Mexico: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN (Facultad de Agronomía).
- Strasburger, E. (2007). *Tratado de botánica*. Barcelona: Editorial Omega.

- Thompson, L. M., & R, T. F. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Caracas- México: Reverté.
- Urzúa, H. (2005). *Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile*. Chile: Ciencias Agrarias.
- Valladolid, A. (1993). *El Cultivo de frejol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú*. Lima - Perú: Colección INIA.
- Valladolid, Cha. (1998). *Manual Técnico N° 02*. Promenestras. Junio, 1999. Chiclayo - Perú.
- Vargas, R. (1954). *Cultivo de frijol*. Ministerio de agricultura. E. E. A. La Molina. Boletín N° 54 Lima - Perú.
- Villanueva D, A. (2010). *Evaluación de seis variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), bajo condiciones de cultivo tradicional en localidades de chimaltenango y sololá*. Guatemala: Universidad de San Carlos Guatemala.
- Voysest, V. (2000). *Mejoramiento Genético del Frejol (Phaseolus vulgaris L): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Colombia- Cali: Centro Internacional de Agricultura.

ANEXOS

Anexo 1. Datos ordenados del rendimiento de grano del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

Ecotipos	Ucayali					Pampas				
	Fertiliz.	T(30N)	T(Inoc)	T(60 N)	T(90 N)	T (120 N)	T(30N)	T (Inoc)	T(60 N)	T(90 N)
I	2756.8	2568.9	3156.4	3568.7	3589.7	2956.8	2897.6	3456.8	3687.0	3758.2
II	2567.8	2978.6	3256.8	3458.7	3568.7	2789.3	2945.6	3256.8	3568.9	3658.8
III	2556.8	2645.8	3078.8	3245.8	3508.8	2645.8	2687.9	3358.7	3568.7	3789.6
IV	2865.7	2856.7	3125.6	3256.8	3456.8	2758.4	2845.6	3356.8	3658.2	3756.8
	2686.8	2762.5	3154.4	3382.5	3531.0	2787.6	2844.2	3357.3	3620.7	3740.9

Anexo 2. Datos ordenados del índice de cosecha del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

Ecotipos	Ucayali					Pampas				
	Fertiliz.	T (30N)	T (Inoc)	T (60 N)	T (90 N)	T (120 N)	T(30N)	T (Inoc)	T(60 N)	T(90 N)
I	43.8	44.5	45.6	48.8	52.6	43.8	44.5	48.5	52.3	53.6
II	40.7	45.8	48.6	48.7	49.6	44.6	45.8	48.6	54.3	52.3
III	45.6	44.8	47.6	49.6	49.7	43.7	46.7	49.8	51.3	54.6
IV	40.8	46.8	46.3	48.7	52.6	43.6	46.8	51.6	49.3	51.2
	42.725	45.48	47.025	48.95	51.125	43.925	45.95	49.625	51.8	52.925

Anexo 3. Datos ordenados del peso de 1000 semillas del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

Ecotipos	Ucayali					Pampas				
	Fertiliz.	T(30N)	T(Inoc)	T (60 N)	T (90 N)	T(120 N)	T(30N)	T(Inoc)	T (60 N)	T(90 N)
I	265.87	264.78	268.78	272.64	273.56	266.78	265.23	271.56	273.46	272.39
II	264.89	268.70	270.12	270.36	272.56	265.80	269.88	270.23	270.57	274.46
III	265.80	268.52	270.56	271.56	274.68	268.50	270.56	270.12	276.24	275.88
IV	266.89	265.87	268.24	267.89	270.56	268.23	264.78	269.82	270.43	272.46
	265.86	267	269.425	270.613	272.84	267.33	267.61	270.433	272.67	273.7945

Anexo 4. Datos del frejol de grano negro Número de vainas/planta, longitud de vaina, número de granos por vaina y altura de planta. Canaán 2735 msnm

			Numero	Longitud	Número	Altura
Repet	Abona	Ecotipos	Vainas/plan	Vaina	Gra/vaina	Planta
r1	T30-80-80	Ucayali	16.3	6.6	5.0	66.7
r2	T30-80-80	Ucayali	17.5	7.4	4.8	68.3
r3	T30-80-80	Ucayali	18.2	6.5	5.2	67.0
r4	T30-80-80	Ucayali	19.1	6.6	5.0	70.7
r1	T-Inoc	Ucayali	21.2	6.9	5.0	66.6
r2	T-Inoc	Ucayali	25.6	6.8	5.6	68.8
r3	T-Inoc	Ucayali	19.1	6.9	4.8	67.3
r4	T-Inoc	Ucayali	19.5	6.9	5.2	69.0
r1	T(60N)	Ucayali	26.6	7.1	5.4	71.3
r2	T(60N)	Ucayali	25.2	7.3	6.6	70.8
r3	T(60N)	Ucayali	27.6	8.1	6.0	70.8
r4	T(60N)	Ucayali	23.7	8.1	5.2	71.1
r1	T(90N)	Ucayali	28.0	8.0	6.2	78.4
r2	T(90N)	Ucayali	31.9	7.6	6.6	77.9
r3	T(90N)	Ucayali	30.3	8.2	6.2	77.3
r4	T(90N)	Ucayali	31.7	8.3	6.4	77.1
r1	T(120N)	Ucayali	29.1	8.1	6.2	78.9
r2	T(120N)	Ucayali	32.9	8.4	6.6	78.5
r3	T(120N)	Ucayali	30.1	7.9	6.4	78.6
r4	T(120N)	Ucayali	32.5	7.7	6.2	80.2
r1	T30-80-80	Pampas	22.3	6.6	5.2	67.5
r2	T30-80-80	Pampas	22.7	7.6	4.8	68.7
r3	T30-80-80	Pampas	16.3	7.0	5.6	67.3
r4	T30-80-80	Pampas	16.5	6.6	5.2	68.9
r1	Tinoc	Pampas	22.3	7.1	5.6	68.4
r2	Tinoc	Pampas	25.5	6.7	5.8	69.0
r3	Tinoc	Pampas	22.3	7.7	5.0	68.1
r4	Tinoc	Pampas	21.6	6.9	5.0	70.0
r1	T(60N)	Pampas	25.6	7.7	5.6	72.9
r2	T(60N)	Pampas	26.4	7.7	6.6	72.6
r3	T(60N)	Pampas	23.9	7.9	6.2	73.7
r4	T(60N)	Pampas	22.4	8.1	5.4	73.8
r1	T(90N)	Pampas	34.4	8.0	6.6	78.6
r2	T(90N)	Pampas	33.2	7.9	5.8	79.9
r3	T(90N)	Pampas	32.8	8.4	6.0	80.5
r4	T(90N)	Pampas	32.5	8.5	6.6	80.1
r1	T(120N)	Pampas	35.0	8.2	6.6	79.6
r2	T(120N)	Pampas	35.3	8.2	6.6	80.1
r3	T(120N)	Pampas	33.7	8.6	6.8	80.9
r4	T(120N)	Pampas	33.8	8.2	6.8	81.3

Anexo 5. Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 30-80-80 NPK.
Canaán 2735 msnm

CULTIVO: Frejol de grano negro		ÉPOCA DE SIEMBRA:		Agosto	
ECOTIPO: Pampas y Ucayali		ÉPOCA DE COSECH:		Diciembre	
Fertilización: 30-80-80 NPK					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cant,	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS					3859.00
A.1. OPERACIÓN MANUAL					700.00
Limpieza de terreno	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
surcado manual	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.2. MANO DE OBRA					2350.00
Surcado y tapado de semilla	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Selección y desinfección de semilla	Jornal	1	50.00	50.00	50.00
Siembra	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
Aporque o cambio de surco	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Deshierbo (primer)	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Cosecha de vainas maduras	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Traslado y embalaje	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Mano de obra para Fertilizar	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
A.3. TRANSPORTE O FLETE					170.00
Transporte de insumos	Tm	0.5	100.00	50.00	50.00
Transporte de cosecha	Tm	1.2	100.00	120.00	120.00
A.4. INSUMOS					615.00
Semilla (con desinfección)	Kg	45	4.00	180.00	180.00
Fertilizante (30-80-80)	Kg	50	7.00	350.00	350.00
Wuxal Doble	Lt	0.5	50.00	25.00	25.00
Kínetic	Lt	0.5	120.00	60.00	60.00
Materiales					24.00
Envases	Saco	10	1.20	12.00	12.00
Rafia	Kg	2	6.00	12.00	12.00
B. COSTOS INDIRECTOS					692.95
Materiales y equipos					250.00
Asistencia técnica					250.00
Imprevistos (5% CD)					192.95
COSTO TOTAL					4551.95

Anexo 6. Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 30-80-80 NPK+ inoculante. Canaán 2735 msnm

CULTIVO: Frejol de grano negro		EPOCA DE SIEMBRA: Agosto			
ECOTIPO: Pampas y Ucayali		EPOCA DE COSECHA: Diciembre			
Fertilización: 30-80-80 NPK + Inoculante					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cant,	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS					3999.00
A.1. OPERACIÓN MANUAL					700.00
Limpieza de terreno	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Surcado manual	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.2. MANO DE OBRA					2350.00
Surcado y tapado de semilla	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Selección y desinfección de semilla	Jornal	1	50.00	50.00	50.00
Siembra	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
Aporque o cambio de surco	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Deshierbo (primer)	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Cosecha de vainas maduras	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Traslado y embalaje	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Mano de obra para Fertilizar	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
A.3. TRANSPORTE O FLETE					170.00
Transporte de insumos	Tm	0.5	100.00	50.00	50.00
Transporte de cosecha	Tm	1.2	100.00	120.00	120.00
A.4. INSUMOS					755.00
Semilla (con desinfección)	Kg	45	4.00	180.00	180.00
Fertilizante (30-80-80)	Kg	50	7.00	350.00	350.00
Inoculante	Kg	2	70.00	140.00	140.00
Wuxal Doble	Lt	0.5	50.00	25.00	25.00
Kinetic	Lt	0.5	120.00	60.00	60.00
Materiales					24.00
Envases	Saco	10	1.20	12.00	12.00
Rafia	Kg	2	6.00	12.00	12.00
B. COSTOS INDIRECTOS					699.95
Materiales y equipos					250.00
Asistencia técnica					250.00
Imprevistos (5% CD)					199.95
COSTO TOTAL					4698.95

Anexo 7. Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 60-80-80 NPK.
Canaán 2735 msnm

CULTIVO: Frejol de grano negro		EPOCA DE SIEMBRA: Agosto			
ECOTIPO: Pampas y Ucayali		EPOCA DE COSECHA: Diciembre			
Fertilización: 60-80-80 NPK					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cant,	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS					4344.00
A.1. OPERACIÓN MANUAL					700.00
Limpieza de terreno	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
surcado manual	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.2. MANO DE OBRA					2450.00
Surcado y tapado de semilla	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Selección y desinfección de semilla	Jornal	1	50.00	50.00	50.00
Siembra	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
Aporque o cambio de surco	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Deshierbo (primer)	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Cosecha de vainas maduras	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Traslado y embalaje	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Mano de obra para Fertilizar	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.3. TRANSPORTE O FLETE					170.00
Transporte de insumos	Tm	0.5	100.00	50.00	50.00
Transporte de cosecha	Tm	1.2	100.00	120.00	120.00
A.4. INSUMOS					1000.00
Semilla (con desinfección)	Kg	45	4.00	180.00	180.00
Fertilizante (60-80-80)	Kg	7	105.00	735.00	735.00
Wuxal Doble	Lt	0.5	50.00	25.00	25.00
Kinetic	Lt	0.5	120.00	60.00	60.00
Materiales					24.00
Envases	Saco	10	1.20	12.00	12.00
Rafia	Kg	2	6.00	12.00	12.00
B. COSTOS INDIRECTOS					703.20
Materiales y equipos					250.00
Asistencia técnica					250.00
Imprevistos (5% CD)					203.20
COSTO TOTAL					5047.20

Anexo 8. Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 90-80-80 NPK.
Canaán 2735 msnm

CULTIVO: Frejol de grano negro			EPOCA DE SIEMBRA: Agosto		
ECOTIPO: Pampas y Ucayali			EPOCA DE COSECHA: Diciembre		
Fertilización: 90-80-80 NPK					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cant,	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS					4404.00
A.1. OPERACIÓN MANUAL					700.00
Limpieza de terreno	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
surcado manual	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.2. MANO DE OBRA					2650.00
Surcado y tapado de semilla	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Selección y desinfección de semilla	Jornal	1	50.00	50.00	50.00
Siembra	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
Aporque o cambio de surco	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Deshierbo (primer)	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Cosecha de vainas maduras	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Traslado y embalaje	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Mano de obra para Fertilizar	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
A.3. TRANSPORTE O FLETE					170.00
Transporte de insumos	Tm	0.5	100.00	50.00	50.00
Transporte de cosecha	Tm	1.2	100.00	120.00	120.00
A.4. INSUMOS					860.00
Semilla (con desinfección)	Kg	45	4.00	180.00	180.00
<u>Fertilizante (30-80-80)</u>	Kg	7	85.00	595.00	595.00
Wuxal Doble	Lt	0.5	50.00	25.00	25.00
Kinetic	Lt	0.5	120.00	60.00	60.00
Materiales					24.00
Envases	Saco	10	1.20	12.00	12.00
Rafia	Kg	2	6.00	12.00	12.00
B. COSTOS INDIRECTOS					720.20
Materiales y equipos					250.00
Asistencia técnica					250.00
Imprevistos (5% CD)					220.20
COSTO TOTAL					5124.20

Anexo 9. Costo de producción del frejol de grano negro fertilización 120-80-80 NPK.
Canaán 2735 msnm

CULTIVO: Frejol de grano negro			EPOCA DE SIEMBRA: Agosto		
ECOTIPO: Pampas y Ucayali			EPOCA DE COSECHA: Diciembre		
Fertilización: 120-80-80 NPK					
RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	Cant,	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL (S/.)
A. COSTOS DIRECTOS					4623.00
A.1. OPERACIÓN MANUAL					700.00
Limpieza de terreno	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
surcado manual	Jornal	4	50.00	200.00	200.00
A.2. MANO DE OBRA					2750.00
Surcado y tapado de semilla	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Selección y desinfección de semilla	Jornal	1	50.00	50.00	50.00
Siembra	Jornal	8	50.00	400.00	400.00
Aporque o cambio de surco	Jornal	6	50.00	300.00	300.00
Deshierbo (primer)	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Control fitosanitario	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Cosecha de vainas maduras	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
Traslado y embalaje	Jornal	2	50.00	100.00	100.00
Mano de obra para Fertilizar	Jornal	10	50.00	500.00	500.00
A.3. TRANSPORTE O FLETE					170.00
Transporte de insumos	Tm	0.5	100.00	50.00	50.00
Transporte de cosecha	Tm	1.2	100.00	120.00	120.00
A.4. INSUMOS					979.00
Semilla (con desinfección)	Kg	45	4.00	180.00	180.00
<u>Fertilizante (120-80-80)</u>	Kg	7	102.00	714.00	714.00
Wuxal Doble	Lt	0.5	50.00	25.00	25.00
Kinetic	Lt	0.5	120.00	60.00	60.00
Materiales					24.00
Envases	Saco	10	1.20	12.00	12.00
Rafia	Kg	2	6.00	12.00	12.00
B. COSTOS INDIRECTOS					731.15
Materiales y equipos					250.00
Asistencia técnica					250.00
Imprevistos (5% CD)					231.15
COSTO TOTAL					5354.15

Anexo 10. Panel fotográfico



Foto 1. Preparación del terreno experimental para realizar la siembra del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Foto 2. Tendido de cintas de gotero cada 0.80 cm. En el terreno experimental – Canaán.



Foto 3. Riego mediante las cintas de gotero en los primeros meses de desarrollo del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Foto 4. Desarrollo del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) después de 30 días después de siembra.



Foto 5. Desarrollo del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) después de 45 días después de siembra.



Foto 6. Evaluación del crecimiento, altura de planta del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) durante el desarrollo fenológico.



Foto 7. Manejo agronómico, deshierbo de la parcela experimental del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.).



Foto 8. Aplicación de 30-80-80 Kg de Nitrógeno ha⁻¹



Foto 9. Desarrollo del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) después de 78 días después de siembra.



Foto 10. Fertilización con 60 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación inicio de floración.



Foto 11. Aparece el primer botón floral, se forman en las axilas de las hojas del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) del ecotipo Ucayali.



Foto 12. Llenado de las vainas (crecimiento de las semillas) del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) del ecotipo Ucayali



Foto 13. Madurez fisiológica, las vainas pierden su pigmentación y comienzan a secarse del ecotipo Ucayali.



Foto 14. Cosecha del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro de ambos ecotipos (Ucayali y Pampas) a los 135 y 138 dds.



Foto 15. Cosecha y evaluaciones del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro.



Foto 16. Planta de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro mostrando su potencial en número de vainas llegando a tener más de 100 vainas por planta. Se observa por el buen manejo agronómico.



Foto 17. Tinglado de las vainas secas del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro, de los ecotipos Ucayali y Pampas.



Foto 18. Evaluaciones de rendimiento y variables con los diferentes tratamientos de formas de fertilización nitrogenada, en el frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro.



Foto 19. Evaluación de las variables de rendimiento, del número de vainas por planta del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los ecotipos Ucayali y Pampas.



Foto 20. Evaluación de las variables de rendimiento, longitud de vaina del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los ecotipos Ucayali y Pampas.



Foto 21. Evaluación de las variables de rendimiento, número de granos por vaina, del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los ecotipos Ucayali y Pampas.



Foto 22. Evaluación de las variables de rendimiento, pero de 1000 semillas del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los ecotipos Ucayali y Pampas.

Anexo 11. Análisis de caracterización de suelo del Centro Experimental Canaán - UNSCH



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
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Andrés A. Cáceres Dorregaray
 Localidad : Canaán Bajo C. E. Canaán Bajo
 Proyecto : “TESIS”
 Solicitante : Sr. Nilo Villar Bendezú

HR: 00391

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	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	31.6	26.0	42.4	Ar	7.32	1.40	0.0	1.22	0.06	61.7	98.3	16.7	8.16	0.50	0.38	0.0	0.0	30.5

Ayacucho, 17 de Noviembre 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

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. NILO IDILIO VILLAR BENDEZU**R.D. N° 042-2025-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los diecinueve días del mes de marzo 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 Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Ing. Eduardo Robles García como asesor, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo y Ing. Juan Benjamín Girón Molina; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm-Ayacucho 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **NILO IDILIO VILLAR BENDEZU**.

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. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	15	13	15	14
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	14	13	14	14
Ing. Juan Benjamín Girón Molina	15	13	15	14
PROMEDIO GENERAL				14

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


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Presidente


.....
Ing. Eduardo Robles García
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 coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm-Ayacucho 2023

Autor : Nilo Idilio VILLAR BENDEZU
Asesor : Eduardo ROBLES GARCÍA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **diecinueve (19 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2636253007

Ayacucho, 07 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación y tesis - FCA

Rendimiento del frejol de grano
negro (*Phaseolus vulgaris* L.)
con aplicación de nitrógeno e
inoculante. Canaán 2735
msnm-Ayacucho 2023

por NILO IDILIO VILLAR BENDEZU

Fecha de entrega: 05-abr-2025 08:09p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2636253007

Nombre del archivo: Tesis_Nilo_Idilio_Villar_Bendezu_E.P.docx (55.6M)

Total de palabras: 15570

Total de caracteres: 79996

Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm- Ayacucho 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

8%

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

7%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

eprints.uanl.mx

Fuente de Internet

1%

6

cenida.una.edu.ni

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

<1%

8

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm-Ayacucho 2023

Yield of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with nitrogen and inoculant application. Canaán, 2735 meters above sea level, Ayacucho, 2023

Bach. Nilo Idilio Villar Bendezu¹,
nilo.villar.01@unsch.edu.pe

Eduardo Robles Garcia²
eduardo.robles@unsch.edu.pe

Áreas de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue conducido en la campaña 2023, en el Centro Experimental Canaán, propiedad de la UNSCH. Ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. El trabajo se desarrolló a partir de 12 de agosto de 2023 al 30 de diciembre de 2023. Los objetivos del trabajo de investigación fueron: Evaluar el rendimiento y calidad de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro (Ucayali y Pampas), con la aplicación de nitrógeno e inoculante y la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio. El diseño estadístico utilizado fue el Completamente Randomizado con 4 repeticiones, con arreglo factorial de fertilizaciones nitrogenadas y un tratamiento utilizando inoculante de *Rhizobium*. Los resultados obtenidos fueron: Los ecotipos muestran precocidad en la madurez fisiológica entre los 95 a 105 dds, en la altura de planta se llega a 79.76 y 78.73 cm al aplicar 120 y 90 kg ha⁻¹ de N. El número de vainas por planta se alcanza con el mismo nivel de nitrógeno tomando valores de 32.8 y 31.9, el cultivar pampas muestra un mayor valor con 26.9 vainas por planta. En lo referente al rendimiento los de mayor valor con 3635.93 y 3501.60 kg ha⁻¹ de nitrógeno. El ecotipo Pampas supera estadísticamente al cultivar Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de fertilización rendimiento. El mayor mérito económico se obtiene con el ecotipo pampas con 90 kg ha⁻¹ de Nitrógeno, con una rentabilidad de 4.2.

Palabras clave: Madurez fisiológica, Frejol, ecotipo, fertilización nitrogenada, inoculación, rendimiento, cultivar.

ABSTRACT

This research was conducted during the 2023 campaign at the Canaán Experimental Center, owned by UNSCH. Located in the Andrés Avelino Cáceres Dorregaray district, Huamanga province, Ayacucho department. The work was carried out from August 12, 2023 to December 30, 2023. The objectives of the research were: To evaluate the yield and quality of two ecotypes of black-bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (Ucayali and Pampas), with the application of nitrogen and inoculant, and the economic profitability of the treatments under study. The statistical design used was Completely Randomized with 4 replications, with a factorial arrangement of nitrogen fertilizations and a treatment using *Rhizobium* inoculant. The results obtained were: The ecotypes show precocity in physiological maturity between 95 and 105 das, in plant height they reach 79.76 and 78.73 cm when applying 120 and 90 kg ha⁻¹ of N. The number of pods per plant is reached with the same nitrogen level taking values of 32.8 and 31.9, the Pampas cultivar shows a higher value with 26.9 pods per plant. Regarding yield, those with the highest value were 3635.93 and 3501.60 kg ha⁻¹ of nitrogen. The Pampas ecotype statistically surpasses the Ucayali cultivar with an average value of 3270.12 kg ha⁻¹ of fertilization yield levels. The greatest economic merit is obtained with the Pampas ecotype with 90 kg ha⁻¹ of Nitrogen, with a profitability of 4.2.

Keywords: Physiological maturity, Bean, ecotype, nitrogen fertilization, inoculation, yield, cultivar.

I. INTRODUCCIÓN

El frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), debido a su adaptabilidad a los diversos suelos y climas de nuestra nación, esta especie de leguminosa se encuentra entre las más importantes. También es uno de los cultivos que históricamente se cultivan solos o muy cerca de otros cultivos. Ayudan a los agricultores a ganar dinero y son una parte vital de las rotaciones y combinaciones de cultivos en muchas regiones (Díaz, 2013). A su vez es una parte esencial de la dieta porque es rica en proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas del complejo B como niacina, riboflavina, ácido fólico, tiamina y minerales como zinc, fósforo y potasio (Camarena et al, 2009). El colesterol no está presente en este producto dietético vital ya que es una proteína derivada de vegetales y no incluye grasas saturadas de animales (Reyes, 2009). Los frijoles se consumen principalmente en forma de granos secos, granos fisiológicamente maduros y vainas verdes.

Según Fira (2022) la producción de las legumbres (*Phaseolus vulgaris* L.), estas aumentaron en un 1,6% entre 2003 y 2014 a nivel mundial y para el 2022 se obtuvo la producción de 25,1 millones de toneladas. Elar & Simón (2022) indican que en el caso de Perú la superficie cosechada en el 2022, fue de 70,946 hectáreas y la producción nacional está en 80,887 toneladas, Siendo Cajamarca, Arequipa y Huancavelica las regiones con mayor producción, llegando a un promedio de 1,320 kg/ha en el Perú.

Para Ravelo (1998) el frejol (*Phaseolus vulgaris* L), el Perú es el hogar de uno de los granos más cultivados del mundo. La deficiencia de nutrientes en el suelo y el impacto de ciertas variables bióticas y abióticas en su desarrollo son dos de sus limitaciones. Los largos períodos de sequía y los sistemas de riego limitados, junto con la acidez del suelo y los bajos niveles de fósforo y nitrógeno, reducen drásticamente el rendimiento de los cultivos y la calidad de los alimentos. Otras

variables, como el tiempo, la saturación, el pH, etc., juegan un papel fundamental en este proceso, ya que la simbiosis puede no durar tanto como se anticipó si no se cumplen estos niveles.

Santillán et al. (2021), el autor concluye de su estudio que el nitrógeno (N) es el principal factor responsable de un mayor rendimiento de los cultivos. Esto se debe al hecho de que el N mejora la producción óptima de semillas al promover la expansión del dosel de la planta y la cantidad de flores. Por esta razón, la fertilización es un paso crucial en el crecimiento de cualquier cultivo. Pero demasiado nitrógeno en el suelo causa retraso en el crecimiento, desarrollo vegetativo irregular, floración reducida y madurez retrasada, lo que a su vez alarga el ciclo vegetativo del cultivo (Proyecto cooperativo, 1996)

Considerando esta problemática de los agricultores, este estudio se diseñó para brindarles legumbres con adecuada fertilización nitrogenada, que tengan alto potencial de rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, especialmente seleccionadas, menor costo de producción porque la mayoría de los agricultores tienen recursos limitados y el propósito es mitigar los problemas fitosanitarios y nutricionales que se presentan en este sistema de producción en condiciones costeras y hacerlo con riego por goteo.

Con base en lo anterior, este estudio tiene los siguientes objetivos.

Objetivo general

Evaluar el rendimiento y calidad de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro, con la aplicación de nitrógeno e inoculante.

Objetivos específicos

4. Determinar la influencia de aplicación de nitrógeno e inoculante en el rendimiento de dos ecotipos de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro.
5. Determinar los ecotipos del frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano negro de mejor rendimiento.

6. Determinar el mérito económico de los tratamientos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.7. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; ubicado geográficamente a 13°10'8.72" Latitud Sur y 74° 12' 12.85" Longitud Oeste, a una altitud de 2735 msnm, en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

2.8. Organización del experimento

Todas las unidades experimentales recibirán un abonamiento de fondo según la extracción del cultivo de frejol (3000 kg grano): por ser una leguminosa a la siembra se aplicó: 30 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 80 kg ha⁻¹ de potasio (K₂O). El complemento de la fertilización nitrogenada se aplicó según los tratamientos utilizados entre los 20-22 dds, al inicio de floración y finalmente la última aplicación del nitrógeno a plena floración. Por tanto, existe tratamientos con 30, 60, 90 y 120 de N ha⁻¹.

2.9. Características edáficas del terreno experimental

Con el fin de conocer las propiedades del suelo, se utilizaron pala recta y cubeta para recolectar muestras de suelo del campo experimental a una profundidad de 0.30 m. Los resultados se muestran en la Tabla 2.1, La muestra se produjo mezclando cinco submuestras.

Tabla 2.1

Análisis físico químico de la muestra de suelo del campo experimental de Canaán

Componentes	Valor	Interpretación
pH (H ₂ O)	7.32	Moderadamente alcalino
M.O. (%)	1.22	Medio
(N) total (%)	0.06	Medio
(P) disponible (ppm)	61.7	Alto
(K) disponible (ppm)	98.3	Medio

Arena (%)	31.6	Clase textural (franco)
Limo (%)	26.0	
Arcilla (%)	42.4	

Fuente: Analizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar "Nicolás Roulet" UNSCH-2023

Al hacer la interpretación, se consideraron los factores descritos en (Ibáñez y Aguirre 1983). Este suelo tiene una respuesta ligeramente alcalina, como se ve por el valor del pH en el agua. El suelo que tiene una concentración de 2.79% de materia orgánica, 0.14% de nitrógeno total, 21.4 partes por millón de fósforo accesible y 212.7 partes por millón de potasio disponible se considera de calidad media. Un suelo franco está representado por la clase de textura.

2.10. Características climáticas

Con base en datos adquiridos de la Estación Meteorológica de Canaán INIA, se creó el balance hídrico para conocer las condiciones climáticas prevalecientes durante todo el ciclo de cultivo del frijol negro. El Centro Experimental de Canaán se encuentra en una región intermedia entre los valles subandinos e interandinos. Recibe una precipitación anual que varía de 500 mm a 800 mm, siendo los meses más secos de diciembre a marzo y los meses más secos de mayo a octubre. Las temperaturas extremas de -2 °C no son infrecuentes, con una temperatura media anual de 12 °C en esta región.

La campaña tuvo un año seco con un total de 458.73 mm de precipitación, las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales promedio fueron 22,72, 9,43 y 16,08 °C.

Las temperaturas entre 12 y 24 °C son ideales para climas fríos y templados, que son lo suficientemente suaves para que funcione el sistema fisiológico de la planta, y esta temperatura en particular fue ideal para las diversas etapas fisiológicas del cultivo. El esfuerzo experimental comenzó en agosto, un mes con déficit de precipitaciones, y continuó hasta noviembre de 2023 bajo riego para evitar que las plantas se estresen. Hay una sobreabundancia en diciembre, que coincide con los meses más húmedos, por lo que el riego por goteo es innecesario.

2.11. Variables

2.11.1. Variables independientes e indicadores

C) Factor ecotipo (E)

- Cultivar (e1): Ucayali
- Cultivar (e2): Pampas

D) Factor formas de fertilización (F)

- Manejo 1 (m1): Testigo (Abono de fondo 30-80-80 NPK)
- Manejo 2 (m2): Inoculante comercial más abono de fondo
- Manejo 3 (m3): 30 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación a los 20 dds (60 kg N ha⁻¹)
- Manejo 4 (m4): 60 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación inicio de floración (90 kg de N ha⁻¹)
- Manejo 5 (m5): 90 kg de N ha⁻¹ más abono de fondo, aplicación plena floración (120 kg de N ha⁻¹)

2.11.2. Variables dependiente e indicadores

D. Precocidad

Para evaluar esta variable se utilizó el número de días después de la siembra y el punto en el que el 80-90% de las plantas alcanzan la madurez fisiológica (el punto en el que las vainas comienzan a secarse y pierden su pigmentación). En este punto, las semillas desarrollan el color habitual de la variedad.

Inicio de floración

En un momento en que solo florecía el 10% de las flores. Se podía ver el primer racimo o botón con flores a primera vista. En ciertas especies de plantas, el último nudo en el tallo o rama es donde se forman los botones florales.

Plena floración

Cuando más del 50% mostraron flores abiertas. En respuesta al primer brote que brote, la primera flor que se abra hará lo mismo.

Formación de vainas

Cuando el porcentaje de plantas con vainas completamente desarrolladas superó el 50%. Emerge una vaina inicial de más de 2,5 cm de longitud.

Formación de grano

Una vez que los granos se desarrollaron en más de la mitad de las vainas. Cuando las semillas germinan, las primeras vainas comienzan a llenarse. Al concluir esta etapa, las semillas ya no estarán verdes y comenzarán a mostrar los rasgos exclusivos de esa variedad.

Madurez fisiológica

Siempre que la mitad o más de las plantas mostraran grano. A medida que se secan, las vainas dejan de tener color. A medida que crecen, las semillas adquieren el tono uniforme de la especie.

Madurez de cosecha

Cuando los granos tenían aproximadamente 16 a 20% de humedad y las vainas entran en senescencia, proceso del envejecimiento celular (semillas) que hace que las células dejen de dividirse.

E. De rendimiento

Aspectos que afectan el rendimiento de cosecha de frijoles negros (*Phaseolus vulgaris* L),

Número de vainas por planta

Cada fase de tratamiento y cosecha incluyó la evaluación de cinco plantas seleccionadas al azar del surco central de cada unidad experimental.

Longitud de vainas

De las 5 plantas seleccionadas en el paso anterior se midió 10 vainas representativas

Número de granos por vaina

Se evaluó al momento de la cosecha de las vainas representativas del muestreo anterior.

Peso de 1000 semillas

Una vez finalizada la recolección, se procedió a una evaluación. Al final de cada tratamiento y repetición, se recogieron 5 muestras.

Rendimiento

Pudimos evaluar el peso del grano de la unidad experimental después de eliminar los márgenes, lo que nos permitió determinar la producción por hectárea.

Índice de cosecha

Se usó la siguiente ecuación para la evaluación durante la cosecha: Peso de grano/Peso de biomasa.

F. Merito económico

Se calculó sumando todos los gastos de

fabricación de los tratamientos y las ganancias netas. Se utilizará la siguiente fórmula para calcular el índice de costo-efectividad de las terapias:

$$I.R = \frac{\text{Utilidad bruta}}{\text{Costo de producción}} \times 100$$

2.11.3. Tratamientos

Se tiene 10 tratamientos de la combinación y de los ecotipos (2) y la forma de fertilización (5). Las combinaciones se muestran a continuación:

Tabla 2.3

Características del campo experimental.

Clave	Comb.	Tratamientos
1	e1m1	Ucayali Testigo (Abono de fondo: 30-80-80 NPK)
2	e1m2	Ucayali abono de fondo más adición de Inoculante
3	e1m3	Ucayali Adición de 30 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (60 N)
4	e1m4	Ucayali Adición de 60 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (90 N)
5	e1m5	Ucayali Adición de 90 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (120 N)
6	e2m1	Pampas Testigo (Abono de fondo: 30-80-80 NPK)
7	e2m2	Pampas abono de fondo más adición Inoculante
8	e2m3	Pampas Adición de 30 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (60 N)
9	e2m4	Pampas Adición de 60 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (90 N)
10	e2m5	Pampas Adición de 90 kg ha ⁻¹ N más abono de fondo (120 N)

2.12. Diseño experimental

El experimento fue conducido en el Diseño Completamente Randomizado, con arreglo factorial de dos ecotipos (C) y cinco formas de fertilización (F) haciendo un total de 10

tratamientos y 4 repeticiones. Un total de 40 unidades experimentales. El análisis de varianza y las pruebas de contraste de Tukey ayudaron a aclarar los efectos de los tratamientos, lo que llevó a su selección.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es una observación cualquiera

μ : efecto de la media o promedio

α_i : efecto del i-ésimo nivel de variedades

δ_j : efecto del j-ésimo nivel de forma de fertilización

$\alpha\delta_{ij}$: de interacción i-ésimo nivel variedades, j-ésimo nivel de forma de fertilización

ϵ_{ijk} : error experimental

Alcance de los sub índices

$i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3, 4, 5$

$k = 1, 2, 3, 4$

2.7. Instalación y conducción

2.7.1. Preparación del terreno

El trabajo se realizó el 12 de agosto de 2023, tres días antes de la siembra, utilizando un arado de discos en forma de cruz para romper el suelo a una profundidad de alrededor de 30 cm. Luego, se usó una grada en forma de cruz para dejar el suelo desmenuzado.

2.7.2. Surcado y demarcación del terreno

Se realizó el día anterior a la siembra, en conjunto con la colocación de las cintas de riego; el surco fue de 0,80 m de ancho, y se utilizó yeso para demarcar las parcelas.

2.7.3. Siembra

El 15 de agosto de 2023, las semillas se difundieron a mano con el uso de una luz; se esparcieron tres semillas en la nervadura del surco a una distancia de 0,30 m entre cada golpe. Los goteros adheridos a las cintas de riego mantenían este espacio.

2.7.4. Desahije

No se efectuó desahije porque solo se dejó 3 plantas por golpe en la siembra.

2.7.5. Riego

Según los requisitos de la planta, el riego se aplicó cada cinco días durante agosto, septiembre, octubre y noviembre, en el mes de diciembre se dejó el riego por la presencia de lluvias y debido que en este mes se efectuó la cosecha.

2.7.6. Control de malezas

Cuatro veces a los 18, 30, 55 y 75 días después de la exposición, se llevó a cabo una operación manual de control de malezas para garantizar un cultivo limpio. El fertilizante nitrogenado podría incorporarse más fácilmente.

2.7.7. Fertilización

Al momento de la siembra, se aplicaron manualmente 30 unidades de fósforo (fosfato diamónico), potasio (cloruro potásico) y nitrógeno (el nitrógeno restante se administró de acuerdo con los tratamientos) con el uso de una luz con fines de fertilización (Urea).

2.7.8. Control fitosanitario

En la conducción del experimento no se presentaron plagas ni enfermedades de consideración. Por tanto, no fue necesario la utilización de plaguicidas tampoco enfermedades. El frijol utilizado mostró un vigor y una rusticidad varietal

2.7.9. Cosecha

De acuerdo con la madurez de la cosecha, que ocurre entre 128 y 138 días después de la siembra, se cosecharon un total de 40 plantas para su posterior evaluación, seleccionándose 10 plantas al azar de la parcela de los surcos centrales para cada repetición. Las plantas de campo restantes se cosecharon para determinar el rendimiento. Enviamos los datos recopilados y codificados al Sistema de Investigación de Cultivos Alimentarios. Después de un día completo de secado al aire, los granos se trillaron a mano y se registraron los resultados del experimento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. De las variables de precocidad

Tabla 3.1

Análisis descriptivo de la fenología del cultivo de frijol de grano negro en número de días después de la siembra (dds) en los diferentes tratamientos. Canaán 2750 msnm

Tratamientos Ecotipos NPK	Emerg.	Hojas trifoliadas	Plena floración	Madurez fisiológica	Cosecha
Ucayali 30-80-80	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	128-130
Ucayali 30-80-80 Inocul.	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	128-130
Ucayali 60-80-80	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	128-130
Ucayali 90-80-80	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	128-130
Ucayali 120-80-80	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	128-130
Pampas 30-80-80	9 -12	22-30	50 - 65	95-105	135-138
Pampas 30-80-80 Inocul.	9-12	22-30	50 - 65	95-105	135-138
Pampas 60-80-80	9-12	22-30	50 - 65	95-105	135-138
Pampas 90-80-80	9-12	22-30	50 - 65	95-105	135-138
Pampas 120-80-80	9-12	22-30	50 - 65	95-105	135-138

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La siembra, el manejo agronómico y la cosecha son aspectos de la agricultura que están fuertemente ligados a la fenología del cultivo. Cuando se trata de manejo agronómico, la fenología de cultivos como el frijol es crucial para realizar un seguimiento de todas las diferentes actividades. Según la Tabla 3.1, la madurez fisiológica tiene lugar entre 95 y 105 días. Para el ecotipo Ucayali, la recolección inició a los 128 días y finalizó a los 130 días. Para el cultivar pampeano, se realizó entre 135 y 138 días, que es algo posterior.

Según Villanueva (2010), descubrieron que en un ensayo que involucró seis cultivares diferentes de frijol negro cultivados en tres áreas diferentes de Guatemala, hubo una variación mínima en el estado fenológico entre los propios cultivares. De 14 a 26 días, se formaron las primeras a terceras hojas trifoliadas, y de 30 a 40 días, comenzó y terminó la anthesis. Se decía que el grano estaba completamente maduro después de 82 a 88 días, y se decía que la cosecha era entre 95 y 100 días después de eso. Cuando se comparan con los resultados del experimento actual, estos números sugieren un grado de precocidad. Los rangos de temperatura en Guatemala explican esta variación, siendo típicos mínimos de 12-16°C y máximos de 22-29°C.

En la ubicación de Canaán a 2735 msnm, la temperatura máxima alcanza los 20-25 °C, por lo que estos hallazgos indican una fenología tardía específica en el experimento actual.

3.2. De las variables de rendimiento

3.3.1. De la altura de planta

Tabla 3.2

Análisis de variancia de la altura de planta del frejol de grano negro en los diferentes fertilizantes y ecotipos. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	985.22	246.30	283.71	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	17.69	17.30	20.38	<0.0001 **
Interacción (F x C)	4	7.13	1.78	2.05	0.1119 ns
Error	30	26.05	0.87		
Total	39	1036.08			

C.V. = 1.27 %

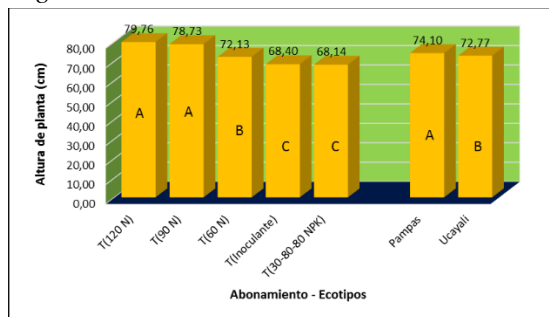
Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La altura de las plantas de frijol negro es de importancia primordial y es un indicador de la formación de biomasa, lo que incide en la mayor capacidad fotosintética.

Los bloques que representan fuentes de variación de fertilizantes y variedades muestran una fuerte significación estadística en la Tabla 3.2. Usamos centímetros para medir la altura de cada tratamiento, y medimos la planta desde su copa (raíz) hasta su mayor punto de creación. Debido a que cada planta promediaba el mismo tamaño, su distribución fue segmentada. El alto coeficiente de variación explica el alto nivel de precisión experimental.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de los efectos principales de la altura de planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.2

En la Figura 3.1 se presenta la prueba de Tukey donde se muestra el efecto principal de los diferentes fertilizantes y variedades sobre la altura de las plantas, donde la respuesta a los fertilizantes se observa de forma independiente, sin diferencias estadísticas. Las

mayores alturas se logran con contenidos de nitrógeno de 120 y 90, alcanzando alturas de 79,76 y 78,73 cm. En cuanto a los ecotipos, Pampas presenta una altura de 74,10 cm, superando al ecotipo Ucayali.

Arango (1999) al realizar un estudio sobre el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos densidades de siembra diferentes en Canaán-INDIA 2750 msnm. Ayacucho, descubrí los siguientes valores de altura de planta para líneas de frijol rojo: L-24, L_02423R, ojo I, Rojo II y Red Kidney: 43.37, 43.2, 33.16, 31.8 y 28.68 cm, respectivamente.

3.3.2. Del número de vainas por planta

Tabla 3.3

Análisis de variancia del número de vainas por planta en el frejol negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	2480.89	620.22	35.67	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	87.03	87.03	5.00	0.0329 *
Interacción (F x C)	4	8.04	2.01	0.12	0.9760 ns
Error	30	521.70	17.39		
Total	39	3097.66			

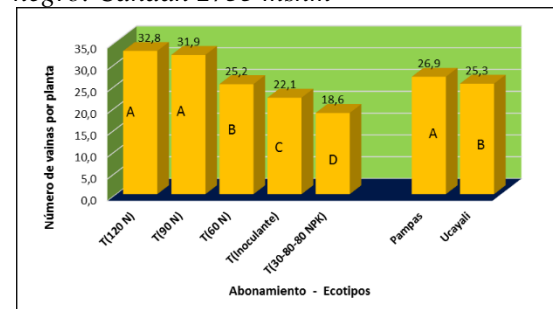
C.V. = 12.35 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

En los frijoles negros, la altura de la planta es crucial porque predice la producción de biomasa, lo que a su vez afecta la capacidad fotosintética. En los bloques que soportan el modelo, la Tabla 3.3 revela un alto nivel de significancia. El uso de fertilizantes tiene impactos importantes que son estadísticamente muy significativos. El alto grado de precisión del experimento se aclara mediante el coeficiente de variación.

Figura 3.2

Prueba de Tukey de los efectos principales de número de vaina por planta en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.3

La Figura 3.2 muestra los impactos primarios de esta variable, que es crucial para predecir la producción de frijoles. Entre los niveles de fertilizante, 120 y 90 produjeron la mayor cantidad de vainas por planta, con 32,8 y 31,9 vainas, respectivamente, y no hubo diferencia significativa entre ellas. Con una puntuación promedio de 26,9, el cultivar pampa es el mejor ecotipo.

Dado que los ecotipos en consideración están definidos por un tallo central y dos ramas, la cantidad de vainas producidas por cada planta es un determinante significativo de este atributo. Un componente cuantitativo del rendimiento que cambia con el genotipo, tiene poca heredabilidad y está controlado por varios genes es el número variado de vainas por planta. El medio ambiente tiene un impacto significativo en él.

Pareja (2011), su investigación en la estación experimental Canaán Ayacucho, que se encuentra a una altura de 2.735 metros sobre el nivel del mar, detalla el uso del guano isleño junto con el fertilizante básico 60-80-60 NPK. Los hallazgos mostraron que la cantidad óptima de fertilizante orgánico a aplicar era de 1.0 t / ha, resultando en un promedio de 39.3 vainas por planta. Está claro que el presente experimento no obtuvo los mismos resultados ya que el autor mencionado llegó a esta cifra por unidad de una vez.

3.3.3. Del peso de 1000 semillas

Tabla 3.4

Análisis de variancia del peso de 1000 semillas del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	258.88	64.72	18.64	<0.0001**
Ecotipos (C)	1	15.07	15.07	4.34	0.0458 *
Interacción (F x C)	4	2.43	0.61	0.17	0.9496 ns
Error	30	104.14	3.47		
Total	39	380.52			

C.V. = 0.69 %

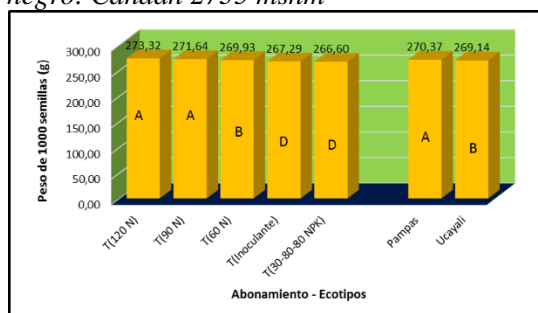
Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

Los principales efectos significativos del uso de fertilizantes se muestran en la Tabla 3.4 del análisis de variancia, donde los principales efectos también son altamente significativos. El análisis del coeficiente de variación muestra

que los resultados son estadísticamente bastante precisos.

Figura 3.3

Prueba de Tukey de los efectos principales del peso de 1000 semillas en los diferentes abonamientos y los ecotipos del frejol grano negro. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.4

La diferencia mediante el test de Tukey se observa en la Figura 3.3 donde los niveles de fertilización nitrogenada de 120 y 90 kg/ha presentan los mayores valores de peso de 1000 semillas sin diferencia estadística, con un peso de 273,32 y 271,64 g. En cuanto al ecotipo Pampas presenta un mayor peso con una diferencia estadística de 270,37 en promedio de los tratamientos fertilizados.

La calidad del grano para la venta y uso en viveros está indicada por el peso de 1000 semillas de esta variedad. En su estudio sobre frijol negro en la región Canaán-Ayacucho, Pareja (2011) encontró que el uso de guano isleño resultó en un peso promedio de semilla de 0.75 y 1.0 t ha⁻¹, con pesos de 243.7, 240 y 6, respectivamente. Aunque encontramos valores algo más altos en nuestro estudio, atribuimos esto a diferencias varietales inherentes, así como a las prácticas agronómicas utilizadas.

3.3.4. De la longitud de vaina

Tabla 3.5

Análisis de variancia de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	12.14	3.04	25.03	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	0.44	0.44	3.66	0.0653 ns
Interacción (F x C)	4	0.01	0.0025	0.021	0.9983 ns
Error	30	3.64	0.12		
Total	39	16.24			

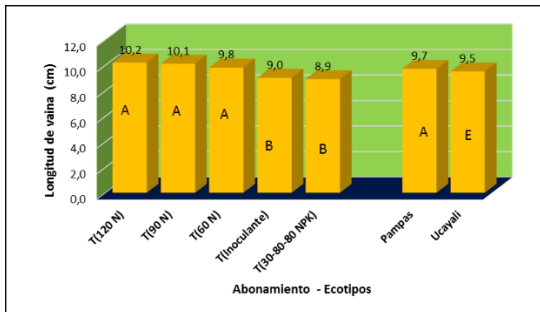
C, V. = 4.60 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

La Tabla 3.5 muestra que el análisis de varianza (ANVA) indica un fuerte efecto principal significativo de la fertilización sobre la longitud de la vaina, un resultado que permitirá una prueba de comparación de Tukey para determinar el mejor resultado utilizando formas de fertilización. El coeficiente de variación es una medida de buena precisión del experimento.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de los efectos principales de la longitud de vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y los ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.5

La figura 3.4 de la prueba de Tukey de la longitud de vaina en el frejol, donde el tratamiento con 120, 90 y 60 de nitrógeno en kg ha⁻¹ sin diferencia estadística son los que reportan la mayor longitud de vaina con valores de 10.2, 10.1 y 9.8 cm, numéricamente el ecotipo Pampas muestra un mayor valor con 9.7 cm.

Condori (2021) indica que la variedad Fortaleza (V8) presenta una longitud de vaina de 11,34 cm. Estos resultados difieren poco de los mostrados, siendo esta diferencia debida principalmente a la mayor temperatura del lugar señalado por el autor.

3.3.5. Del número de granos por vaina

Tabla 3.6

Análisis de variancia del número de granos por vaina del frejol de grano negro. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	5238276.87	1309569.22	96.88	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	277822.22	277822.22	20.55	0.0001 **
Interacción (F x C)	4	39709.72	9927.43	0.73	0.5757 ns
Error	30	405515.84	13517.19		

Fertilizante (F)	4	12.59	3.15	22.80	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	0.26	0.26	1.86	0.1833 ns
Interacción (F x C)	4	0.21	0.05	0.39	0.8157 ns
Error	30	4.14	0.14		
Total	39	17.20			

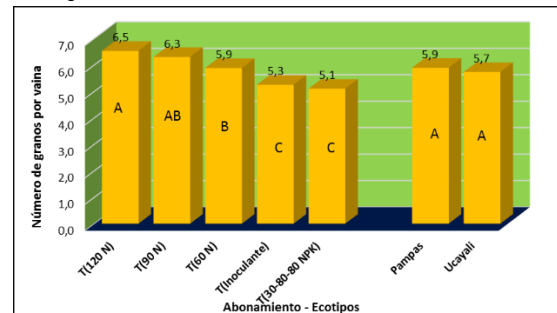
C, V. = 6.39 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo

De acuerdo con la Tabla 3.6, el análisis de varianza (ANVA) demuestra que la influencia primaria de la fuente de fertilizante en el número de granos por vaina es muy significativa. Los datos necesitan realizar el análisis de prueba de Tukey. Hay un alto grado de precisión en el coeficiente de variación.

Figura 3.5

Prueba de Tukey de los efectos principales del número de granos por vaina del frejol de grano negro en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.6

La figura 3.5 de la prueba de Tukey del efecto principal del número de granos de vaina, donde los niveles de nitrógeno de 120 y 90 kg ha⁻¹ tienen los mayores valores 6.5 y 6.3 sin diferencia estadística entre ellos. Numéricamente el ecotipo Pampas tiene un mayor valor en la variable en estudio.

Condori (2021) reporta a la variedad negro con un rango de 6 a 7 granos o semillas por vaina. Estos resultados coinciden con los valores de nuestro experimento.

3.3.6. Del rendimiento de grano

Tabla 3.7

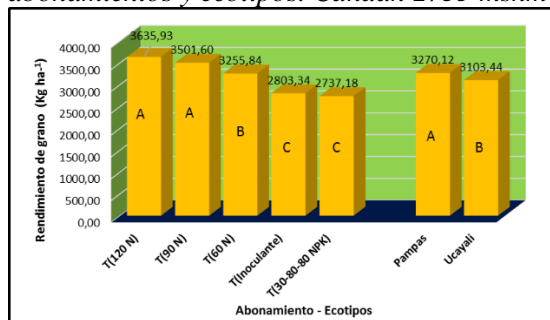
Análisis de variancia del rendimiento de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad. Canaán 2735 msnm

F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	5238276.87	1309569.22	96.88	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	277822.22	277822.22	20.55	0.0001 **
Interacción (F x C)	4	39709.72	9927.43	0.73	0.5757 ns
Error	30	405515.84	13517.19		

Total	39	5961324.66
C, V. = 3.38 %		

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo
La tabla 3.7, muestra el rendimiento de grano de frijol negro, y los principales impactos de la aplicación de fertilizantes muestran un alto nivel de significación estadística. Además, el coeficiente de variación es bastante preciso. Los hallazgos permiten examinar estos impactos de forma independiente.

Figura 3.6
Prueba de Tukey de los efectos principales del rendimiento de grano al 14 % en los abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm



Fuente: Tomada de la tabla 3.7
En la figura 3.6 se observa que los tratamientos con 120 y 90 kg nitrógeno en kg ha⁻¹ son los de mayor valor con 3635.93 y 3501.60 kg ha⁻¹. El ecotipo Pampas supera estadísticamente al cultivar Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de fertilización. Aunque los hallazgos están en línea con los de muchos experimentos, se debe enfatizar que la productividad está influenciada por una gran cantidad de genes, tiene poca heredabilidad y depende del medio ambiente. Según Pareja (2011), cuando se trata con fertilizante base NPK 60-80-60 y 1 t ha⁻¹ de Guano Isleño, se producen 3119,78 kg ha⁻¹ de granos de frijol negro. Con un 14% de humedad, obtenemos 3010,44 kg/ha de granos de frijol cuando agregamos 0,75 t ha⁻¹ del mismo fertilizante orgánico. Los hallazgos mostrados concuerdan con los de la variedad pampa, cuyo impacto primario es, en promedio, de 3270,12 kg / ha. Arayada et al. (2022) mencionan que empezó la comercialización a agricultores de la variedad común mesoamericana de frijol negro “UCR 55”, criada específicamente para la producción de frijoles en plantaciones ubicadas

a más de 1000 metros sobre el nivel del mar en Costa Rica, esta variedad se adapta bien a suelos con bajos niveles de fósforo (<10 ppm) y una resistencia natural a *C. lindemuthianum*. Además, entre otras características, muestran rendimientos promedio de grano que oscilan entre 856 y 2345 kg / ha con una humedad del 14% en 8 parcelas de prueba agrícolas y bajo manejo comercial en Costa Rica. Se lograron rendimientos de hasta 3635.93 kg ha⁻¹ en los experimentos del trabajo de estudio, sin embargo, es imposible comparar los resultados de los experimentos con la siembra comercial. En consecuencia, al ejercer un mayor control ambiental sobre el frijol de grano negro, podemos obtener un rendimiento estimado excelente.

3.3.7. Del índice de cosecha

Tabla 3.8
Análisis de variancia del índice de cosecha de grano del frejol de grano negro al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha. Canaán 2735 msnm

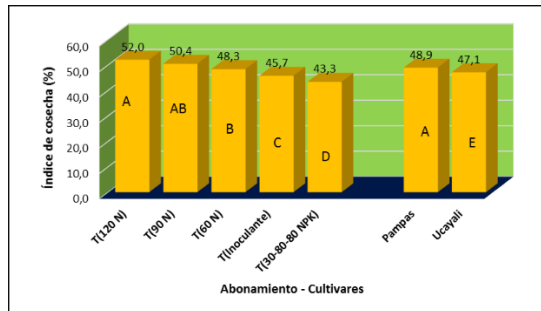
F. Variación	GL	SC	CM	Fc	Pr>Fc
Fertilizante (F)	4	392.19	98.05	45.22	<0.0001 **
Ecotipos (C)	1	31.86	31.86	14.69	0.0006 **
Interacción (F x C)	4	7.71	1.93	0.89	0.4823 ns
Error	30	65.05	2.17		
Total	39	496.82			

C, V. = 3.07 %

Fuente: Tomada de los datos de la investigación de campo
La Tabla 3.8 muestra que el análisis de variancia (ANVA), indica una alta significación estadística para los efectos principales de los fertilizantes y los ecotipos en el índice de cosecha del frejol de grano negro. El coeficiente de variación es un valor de buena precisión del experimento.

Figura 3.7

Prueba de Tukey de los efectos principales del índice de cosecha del peso de grano al 14 % de humedad y la biomasa a la cosecha en los diferentes abonamientos y ecotipos. Canaán 2735 msnm.



Fuente: Tomada de la tabla 3.8

Cuando la biomasa está seca y los granos están al 14% de humedad, la Figura 3.7 ilustra que existe una diferencia en el índice de cosecha y los ecotipos analizados, así como en los diversos tratamientos de fertilización, según la prueba de Tukey. El ecotipo pampa tiene un índice de cosecha más alto (índice del 48,9%) en la Figura 3.7. Entre los tratamientos de fertilización, los que alcanzan los valores de índice más altos (52,0% y 50,4%, respectivamente) son los que aplican 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, respectivamente, sin diferencia estadística.

Chassaigne & Barrientos (2012) muestran el rendimiento de grano, que es el rendimiento económico, como proporción de la materia seca total de las partes aéreas de la planta en la madurez, que es el rendimiento biológico. Una medida de la productividad de un cultivo para producir un determinado bien es el índice de cosecha.

Davis & Garcia (1983) señalan que las variedades de frijol indeterminadas superan a los tipos de frijol especificados en términos de índice de rendimiento. Esto se debe a que tienen un ciclo de crecimiento más largo, lo que significa que se recolecta más radiación, lo que lleva a un aumento en la producción de fotoasimilados. Estos, a su vez, ayudan al crecimiento de la IC cuando se transportan a los órganos que importan económicamente.

Para Camarena et al. (2009) los aumentos en el índice darán como resultado mayores

rendimientos en todos los tipos de frijoles, con rendimientos que oscilan entre el 40 y el 55 por ciento. En estos rangos, encontramos los resultados de una disponibilidad de fertilizantes bien administrada y un riego suficiente, que impulsan la precocidad y la acumulación de materia seca, garantizando una alta producción.

3.4. Mérito económico

Tabla 3.9

Costos de producción, rendimiento de grano, valor de venta, utilidad bruta e índice de rentabilidad de los tratamientos. Canaán 2735 msnm

Trat.	Costo (S/)	Rendimiento grano (kg/ha)	Valor de venta S/	Utilidad bruta (S/)	Índice rentabilidad
Ucayali 30-80-80	4551.95	2686.8	6.0	16120.8	3.5
Ucayali 30-80-80(4698.95	2762.5	6.0	16575.0	3.5
Inoculante					
Ucayali 60-80-80	5047.20	3154.4	6.0	18926.4	3.7
Ucayali 90-80-80	5124.20	3382.5	6.0	20295.0	4.0
Ucayali 120-80-80	5324.15	3531.0	6.0	21186.0	4.0
Pampas 30-80-80	4551.95	2787.6	6.0	16725.6	3.7
Pampas 30-80-80(4698.95	2844.2	6.0	17065.2	3.6
Inoculante					
Pampas 60-80-80	5047.20	3357.3	6.0	20143.8	4.0
Pampas 90-80-80	5124.20	3620.7	6.0	21724.2	4.2
Pampas 120-80-80	5324.15	3740.9	6.0	22445.4	4.2

De acuerdo con la Tabla 3.9, el tratamiento arroja la mejor rentabilidad con un índice de rentabilidad de Pampa de 4.2 y un índice de rentabilidad de ecotipo Ucayali de 4.0 cuando se usa el mismo método de suscripción NPK 90-80-80. Cabe señalar que el ecotipo pampa arroja la mayor ganancia bruta. Vendiendo 6.0 kilogramos de frijol negro de grano traído en S/6.0.

Pareja (2011), los siete tratamientos se clasificaron según su mérito económico. El primer tratamiento, que implicó fertilización química con una relación NPK 60-80-60, arrojó una ganancia neta de S/. 7075.44. El segundo tratamiento, que implicó tratar 1000 kg ha⁻¹ de guano insular, arrojó una ganancia neta de S/. 6459.18. El tercer y último tratamiento, que implicó tratar 750 kg ha⁻¹ de guano insular, arrojó una ganancia neta de S/. 5792.31. El experimento canadiense informó de una mayor utilidad debido al precio y la productividad existentes.

CONCLUSIONES

1. factor esencial para pronosticar la producción de frijoles es la densidad de vainas por planta. Con un promedio de 26,9 vainas por planta, el ecotipo Pampa demuestra superioridad, mientras que los grupos con niveles de fertilización nitrogenada de 120 y 90 kg ha⁻¹ tuvieron los mayores números de vainas (sin diferencia estadística entre ellos).
2. La fertilización con niveles de nitrógeno de 120 y 90 kg ha⁻¹ muestran los mayores valores en el peso de 1000 semillas sin diferencia estadística, con pesos de 273.32 y 271.64 g. En cuanto al ecotipo el cultivar Pampas tiene mayor peso con diferencia estadística con un valor de 270.37 g. en promedio de los tratamientos de fertilización.
3. La longitud de vaina se muestra un mayor valor con los tratamientos de fertilización de 120, 90 y 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, sin diferencia estadística entre ellos con valores de 10.2, 10.1 y 9.8 cm respectivamente, en cuanto a los ecotipos, Pampas y Ucayali muestran valores 9.7 y 9.5 cm. Sin diferencia estadística.
4. El número de granos, con el tratamiento 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, son los que tienen mayor número de granos por vaina con 6.5 y 6.3. Sin diferencia estadística entre ellos, en cuanto a los ecotipos, Pampas muestra un mayor valor numérico con 5.9 número de granos por vaina.
5. Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron utilizando 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno con valores de 3635.9 y 3501.6 kg ha⁻¹. En cuanto a los ecotipos, Pampas supera al ecotipo Ucayali con un valor de 3270.12 kg ha⁻¹ en promedio de los niveles de formas de fertilización.
6. El índice de cosecha del frejol de grano negro al 14% de humedad y la biomasa a la cosecha se obtiene un mayor valor con los

tratamientos 120 y 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno, con valores de 52.0 y 50.4 sin diferencia estadística entre ellos. En cuanto a los ecotipos, Pampas muestra un mayor índice de cosecha con un valor 48.9%.

7. El mérito económico de los tratamientos se alcanzó utilizando el ecotipo Pampas con un abonamiento de: 90 – 80 – 80 de NPK con un índice de rentabilidad de 4.2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arayada Villalobos, R., Barrantes, C., F, N., & Chavez Hernadéz, F. (2022). *Variabilidad de frijol común Mesoamericano de grano negro. Agronomía Costarricense*. San Jose - Costarrica: Agronomía Costarricense.
- Arango, L, A. (1999) Comparativo de rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) En dos densidades de siembra en Canaán - INIA 2750 msnm.
- Camarena Mayta, F., Huaranga Joaquín, A., & Mostacero Neyra, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Camarena Mayta, F., Huaranga, J., & Mostacero Neyra, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Lima - Perú: CONCYTEC.
- Chassaigne Ricciulli, A., & Barrientos Acosta, V. (2012). *Mejoramiento por idiotipo en maíz*. Venezuela: Agrícola Danac.
- Condori Cruz, H. (2021). *Evaluación agronómica de ocho variedades de frejol (Phaseolus Vulgaris l.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la estación experimental de sapecho*. Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés (facultad de agronomía).
- Condori Cruz, H. (2021). *Evaluación agronómica de ocho variedades de frejol (Phaseolus vulgaris L.), con la aplicación de dos abonos líquidos en la*

- Estación experimental de Sapecho. La paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.*
- Davis, J. H., & Garcia, S. C. (1983). *Competitive ability and growth habit of indeterminate beans and maize for intercropping*. European: Crop Sci.
- Díaz, J. (2013). *Manejo integrado del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Elar, S., Edwin, A., & Simón, C. (2016). *Anuario estadístico de la producción agrícola y ganadería*. Lima: SIEA.
- Fira. (2022). Panorama Agroalimentario. *SAGARPA*, 75-97.
- Pareja Huayhua, G. (2011). *Niveles de guano de islas en el rendimiento del cultivo de frijol Caraota (Phaseolus vulgaris L.), Canaán - 2735 msnm, Ayacucho. Huamanga - Peru: UNCSH.*
- Proyecto cooperativo, X. (1996). *La fertilización de Habichuelas en el Valle de San Juan de la Maguana*. República Dominicana: San Juan de Maguana R.D.P.
- Ravelo, & j. (1998). Efecto de la aplicación de fertilizantes naturales sechura,(fosfato de sechura, feldespatos potásicos y estiércol) sobre el rendimiento y nodulación en. *Tesis Ing. Agronomo.*
- Reyes Garamen, Á. (2009). Evaluación del rendimiento en grano. *Ciencias Agrarias*, 17-21.
- Santillán Vinisa, S., Fabián, F. L., & Ortiz Monasterio Rosas, J. (2021). *Uso Eficiente de nitrógeno en la agricultura*. Mexico: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.
- Villanueva D, A. (2010). *Evaluación de seis variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.), bajo condiciones de cultivo tradicional en localidades de chimaltenango y sololá*. Guatemala: Universidad de San Carlos Guatemala.