UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS:

Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
Bach. Reynaldo HUAMANI CAYAMPI

ASESOR:
Dr. Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

AYACUCHO - PERÚ

2026

A Dios, por concederme fortaleza, sabiduría, salud y perseverancia para culminar esta etapa académica; por guiar cada uno de mis pasos, hacer posible este logro y proteger siempre a mis seres queridos.

A mis padres Julio Huamani y Virginia Cayampi, por su comprensión y paciencia para forjar a su hijo, por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia, y por estar siempre a mi lado en cada paso de mi camino.

Mis hermanos Nayra, Ciro, Dani, Edison y Ernesto, por su apoyo incondicional durante este tiempo en la universidad, en mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS v

ÍNDICE DE FIGURAS vi

ÍNDICE DE ANEXOS vii

AGRADECIMIENTO viii

Resumen ix

Abstract x

INTRODUCCIÓN 11

CAPÍTULO I 13

MARCO TEÓRICO 13

1.1. Antecedentes 13

1.2. Bases teóricas 18

1.2.1. Origen y distribución del frijol 18

1.2.2. Importancia del frijol 18

1.2.3. Clasificación taxonómica 19

1.2.4. Descripción morfológica del frijol 19

1.2.5. Hábito de crecimiento de frijol 23

1.2.6. Etapas del desarrollo de la planta 24

1.2.7. Enfermedades 25

1.2.8. Plagas 26

1.2.9. Ecología del cultivo 27

1.2.10. Manejo agronómico del cultivo 29

1.2.11. Abonos orgánicos 32

1.2.12. Guano de islas 32

1.2.13. Sistemas de labranza 35

1.2.14. Beneficios de labranza de conservación 37

CAPÍTULO II 39

METODOLOGÍA 39
2.1. Ubicación del experimento 39
2.1.1. Ubicación política *39*
2.1.2. Ubicación geográfica *39*
2.1.3. Ubicación ecológica *39*
2.2. Antecedentes del terreno 40
2.3. Análisis físico y químico del suelo 40
2.4. Análisis químico del abono (guano de islas) 42
2.5. Condiciones climáticas 43
2.6. Variables evaluadas 46
2.7. Factores de estudio 46
2.8. Descripción de los tratamientos 47
2.9. Diseño experimental y análisis estadístico 48
2.10. Características del campo experimental 49
2.11. Instalación y conducción del terreno 51
2.12. Variables evaluadas 53
CAPÍTULO III 56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 56
3.1. Altura de la planta 56
3.2. Número de ramas por planta 58
3.3. Número de vainas por planta 59
3.4. Longitud de vainas 62
3.5. Número de granos por vaina 63
3.6. Rendimiento de grano por planta (g/planta) 64
3.7. Rendimiento de grano seco de frijol (kg ha^{-1}) 66
3.8. Índice de cosecha 70
CONCLUSIONES 73

RECOMENDACIONES 74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 *Clasificación taxonómica del frijol (Phaseolus vulgaris* L.*)* 19

Tabla 1.2 *Contenido de elementos nutritivos en guano de islas* 33

Tabla 2.1 *Análisis de caracterización e interpretación de los resultados del suelo* 41

Tabla 2.2 *Análisis químico y físico de guano de islas* 42

Tabla 2.3 *Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima y media), precipitación, evapotranspiración y balance hídrico. Correspondiente al periodo comprendido desde el mes de julio de2024 hasta el mes de junio de 2025. Dicha información fue registrada en la estación meteorológica INIA-Canaán* 43

Tabla 2.4 *Codificación y descripción de los tratamientos* 47

Tabla 2.5 *Descripción y unidad de medida de la parcela experimental* 49

Tabla 3.1 *Análisis de varianza de altura de planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 56

Tabla 3.2 *Análisis de varianza del número de ramas por planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 58

Tabla 3.3 *Análisis de varianza del número de vaina por planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 59

Tabla 3.4 *Análisis de varianza de longitud de vaina de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 62

Tabla 3.5 *Análisis de varianza del número de granos por vaina de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 63

Tabla 3.6 *Análisis de varianza del rendimiento de grano por planta de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 64

Tabla 3.7 *Análisis de varianza del rendimiento de grano seco de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 66

Tabla 3.8 *Análisis de varianza del índice de cosecha de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. *Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento* 23

Figura 2.1 *Mapa de ubicación geográfica del experimento* 40

Figura 2.2 *Climograma de referencia para Pampa de Arco con la Estación Meteorológica INIA-Canaán* 44

Figura 2.3 *Representación gráfica de la distribución y medidas de los bloques experimentales* 50

Figura 2.4 *Representación gráfica de la unidad experimental* 50

Figura 2.5 *Distribución de tratamientos en cada bloque* 51

Figura 3.1 *Prueba de Tukey de altura de planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 57

Figura 3.2 *Prueba de Tukey del número de vainas por planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 60

Figura 3.3 *Prueba de Tukey (α = 0.05) de rendimiento de grano seco por planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* ... 65

Figura 3.4 *Prueba de Tukey de rendimiento de grano de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 67

Figura 3.5 *Modelo de regresión lineal del rendimiento de grano seco de frijol* 69

Figura 3.6 *Prueba de Tukey (α = 0.05) de índice de cosecha de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas* 71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 . *Cuadro de datos ordenados general* 84

Anexo 2. *Resultados del análisis del suelo de la parcela experimental del Pampa de Arco* 85

Anexo 3. *Resultados del análisis de guano de islas* 86

Anexo 4. *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y guano de islas* 87

Anexo 5. *Fotografías de limpieza y estacado del terreno para la instalación de la investigación* 89

Anexo 6. *Fotografías del muestreo del suelo para su análisis* 89

Anexo 7. *Pesaje de guano de islas según tratamiento* 90

Anexo 8. *Abonamiento y siembra en el terreno según los tratamientos planteados* 90

Anexo 9. *Emergencia de las semillas de frijol negro caraota molinera* 91

Anexo 10. Registro fotográfico de deshierbo y desahijé 91

Anexo 11. *Registro fotográfico de control fitosanitario* 91

Anexo 12. *Registro fotográfico de floración y envainado del frijol negro caraota molinero* 92

Anexo 13. *Registro fotográfico de madurez fisiológica y madurez de cosecha* 92

Anexo 14. *Registro fotográfico recolección y selección de muestras* 93

Anexo 15. *Colección de vainas, conteo y pesado de semillas del frijol negro* 93

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ofrecerme la oportunidad de crecer y desarrollarme en mi carrera profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Agronomía y a sus profesores, quienes transmitieron sus saberes y valiosas experiencias en las aulas, laboratorios y centros experimentales, contribuyendo de manera esencial a mi formación profesional.

Al Dr. Yuri Gálvez Gastelú, asesor de esta investigación, expreso mi profundo agradecimiento por su orientación, apoyo y paciencia durante todo el proceso. Su dedicación y compromiso fueron esenciales para motivarme a culminar satisfactoriamente este trabajo.

A mis compañeros, por su valioso apoyo durante la instalación y recolección de datos; y a mis amigos dentro y fuera de la universidad, por su constante respaldo moral.

Resumen

El estudio se desarrolló en el predio agrícola “Pampa de Arco”, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, durante el periodo comprendido entre diciembre de 2024 y mayo de 2025. El objetivo fue determinar el efecto de la labranza conservacionista y guano de islas sobre la productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Caraota Molinero, a 2760 msnm en Pampa de Arco, Ayacucho. Se empleó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, combinando dos tipos de labranza conservacionista y cuatro dosis de guano de islas. La labranza mínima registró los mejores resultados, alcanzando 49,23 cm de altura de planta, 33,42 vainas por planta y un índice de cosecha del 53,35 %. De manera similar, la dosis de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas mostró los valores más altos, con 50,38 cm de altura de planta, 34,87 vainas por planta y un índice de cosecha del 54,03 %. En cuanto al rendimiento, la labranza mínima obtuvo 22,23 g/planta y 3702,78 kg ha^{-1} de grano seco, mientras que la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas alcanzó 23,15 g/planta y 3857,78 kg ha^{-1} de grano seco. Se concluye que la labranza mínima, combinada con la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas, representa una alternativa de manejo agronómico favorable para el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol bajo las condiciones agroecológicas de Pampa de Arco.

Palabras clave: dosis de guano de islas, labranza conservacionista, productividad de frijol

Abstract

The study was conducted at the agricultural plot “Pampa de Arco,” belonging to the Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, located in the district of Ayacucho, province of Huamanga and department of Ayacucho, during the period from December 2024 to May 2025. The objective was to determine the effect of conservation tillage and island guano on the productivity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Caraota Molinero, at 2760 m a.s.l. in Pampa de Arco, Ayacucho.A Completely Randomized Block Design was used, combining two types of conservation tillage and four doses of island guano. Minimum tillage recorded the best results, reaching 49.23 cm in plant height, 33.42 pods per plant, and a harvest index of 53.35%. Similarly, the dose of 1.5 t ha^{-1} of island guano showed the highest values, with 50.38 cm in plant height, 34.87 pods per plant, and a harvest index of 54.03%.Regarding yield, minimum tillage obtained 22.23 g/plant and 3702.78 kg ha^{-1} of dry grain, while the application of 1.5 t ha^{-1} of island guano reached 23.15 g/plant and 3857.78 kg ha^{-1} of dry grain.It is concluded that minimum tillage, combined with the application of 1.5 t ha^{-1} of island guano, represents a favorable agronomic management alternative for the growth and yield of the bean crop under the agroecological conditions of Pampa de Arco.

Keywords: island guano dosage, conservation tillage, bean productivity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los principales desafíos de la agricultura es conservar la fertilidad del suelo y, al mismo tiempo, incrementar la productividad de los cultivos mediante prácticas sostenibles. En este contexto, la agricultura de conservación constituye una alternativa orientada a reducir los costos de producción, mejorar la rentabilidad agrícola y proteger los recursos naturales, especialmente el suelo y el agua. Campos (2016) sostiene que este sistema permite optimizar el manejo del cultivo mediante prácticas como la mínima remoción del suelo, la cobertura vegetal y la rotación de cultivos. Asimismo, frente a la creciente demanda de alimentos saludables y libres de residuos tóxicos, los productores buscan reducir el uso excesivo de insumos químicos y adoptar tecnologías que respondan a estándares de calidad más exigentes.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) constituye una de las leguminosas de grano más importantes para la alimentación humana, debido a su alto valor nutricional, amplia adaptación y relevancia económica. Su cultivo se desarrolla en diversas regiones del mundo; sin embargo, América Latina destaca como una de las principales zonas productoras y consumidoras, aportando más del 45 % de la producción mundial (Voysest, 2000).

Durante el año 2024, la producción de frijol grano seco en el Perú alcanzó 93 954 toneladas, cultivadas en una superficie de 65 382 hectáreas, lo que representó un rendimiento promedio de 1,44 t ha^{-1}. En Ayacucho se produjeron 2 887 toneladas en 1 510 hectáreas, equivalente al 3,1 % de la producción nacional, con un rendimiento de 1,91 t ha^{-1}, superior al promedio nacional. Asimismo, el cultivo forma parte de la cadena de legumbres, actividad que involucra a más de 140 mil familias agricultoras y genera aproximadamente 12,6 millones de jornales directos, contribuyendo al empleo rural, los ingresos de la agricultura familiar y la seguridad alimentaria del país (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2024; [MIDAGRI], 2025).

Por otro lado, Rosas (2003) y Padilla-Ramírez et al. (2003) señalan que el frijol constituye una leguminosa fundamental para la seguridad alimentaria por su alto valor nutricional, amplia adaptación agroecológica, precocidad y potencial de rendimiento. Además,

contribuye a mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación simbiótica de nitrógeno con bacterias del género *Rhizobium*.

El uso de fertilizantes orgánicos, como el guano de islas, constituye una alternativa importante para mejorar la productividad agrícola y conservar la calidad del suelo. Este insumo natural aporta nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además, contribuye a mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de humedad y favorecer una agricultura más sostenible y amigable con el ambiente (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRORURAL], 2018).

A pesar de los beneficios atribuidos a la agricultura de conservación y al uso del guano de islas, aún existe limitada información sobre el efecto combinado de la labranza conservacionista y diferentes dosis de guano de islas en la productividad del frijol variedad Caraota Molinero, bajo las condiciones agroecológicas de Pampa de Arco, a 2760 msnm, en Ayacucho. Por ello, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la influencia de la labranza conservacionista y el guano de islas en la productividad del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Caraota Molinero, con el propósito de identificar alternativas de manejo que permitan mejorar el rendimiento y contribuir al desarrollo de una agricultura sostenible en la región.

Objetivo general

Determinar el efecto de labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

Objetivo especifico

1. Evaluar el efecto de los tipos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en los componentes de productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero.
2. Evaluar el efecto de los tipos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el rendimiento de grano del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero.

.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Pareja (2011) evaluó la influencia de diferentes niveles de guano de islas en el rendimiento del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Centro Experimental Canaán, Ayacucho, a 2735 msnm. El objetivo principal fue:

> Determinar la influencia de los niveles de guano de islas en el rendimiento del frijol negro, identificar el mejor nivel de guano de islas y determinar la rentabilidad económica de los tratamientos en estudio. Para ello, se utilizó un Diseño de Bloques Completos Randomizados con siete tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro niveles de guano de islas: 250, 500, 750 y 1000 kg ha^{-1}, además de una fertilización química 60-80-60 de NPK, estiércol de cuy a 2 t ha^{-1} y un testigo absoluto. Las variables evaluadas fueron días a la emergencia, formación de hojas trifoliadas, floración, madurez fisiológica, madurez de cosecha, altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina, número de granos por vaina, peso de 1000 semillas, rendimiento y rentabilidad económica. Los resultados mostraron que el mayor número de vainas por planta se obtuvo con el tratamiento T5, alcanzando 39.3 vainas; seguido de T4, T3 y T2 con 37.1, 35.5 y 32.9 vainas por planta, respectivamente. Asimismo, la mayor longitud de vaina se logró con T5 y T4, con 9.8 y 9.3 cm, mientras que el mayor número de granos por vaina se obtuvo con T5 y T4, con 6.33 y 6.31 granos. En cuanto al peso de 1000 semillas, destacaron T5, T4 y T3, con 243.7, 240.6 y 237.4 g. Los mayores rendimientos se alcanzaron con T5, con 3119.78 kg ha^{-1}; seguido de T4 y T3, con 3010.44 y 2729.11 kg ha^{-1}. Finalmente, el mayor mérito económico correspondió al T5, con fertilización química 60-80-60 de NPK y una utilidad neta de S/. 7075.44, seguido del T4 con 1000 kg ha^{-1} de guano de islas y una utilidad neta de S/. 6459.18. (p.91)

Falcón y Lorenzo (2019) evaluó “dosis de guano de islas en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* var. Jade) en condiciones edafoclimáticas de Pillco Marca – Huánuco, 2018”. El objetivo principal fue:

> Determinar el efecto del guano de islas en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* var. Jade). Para ello, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y 16 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron la altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vainas y peso de vainas por planta. Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza y la prueba de Duncan mostraron que los tratamientos con guano de islas tuvieron efectos significativos en las variables estudiadas. El tratamiento T2 (0.6 t ha^{-1}) mostró un mejor desempeño en la altura de planta y la longitud de vainas por planta, alcanzando un promedio de 16.44 cm en ambas variables. Mientras que el tratamiento T3 (0.5 t ha^{-1}) destacó en el número de vainas por planta (18.93 unidades) y en el peso de vainas por planta (259.58 gramos). El rendimiento estimado para el tratamiento más efectivo fue de 12,824.165 kg ha^{-1}. (p.2)

De igual manera, Urribarri (2022) realizó una investigación titulada “densidades de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Red Kidney”, en el Centro Poblado de Ccatun Rumi, distrito de Pichari, provincia de La Convención, región Cusco, a una altitud de 550 msnm. El experimento se desarrolló entre los meses de agosto a noviembre del 2020, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con el objetivo de:

> Se evaluaron variables de precocidad y rendimiento según la densidad de siembra y las dosis de guano de islas. Los resultados indicaron una respuesta favorable al aumento de las dosis de abono orgánico, destacando la altura de planta, que llegó a un máximo de 53,3 cm con 3,0 t ha^{-1} de guano. Asimismo, se registró un mayor número de vainas por planta (28,0 y 29,1) con las aplicaciones de 2,0 y 3,0 t ha^{-1}, aunque sin diferencias estadísticas significativas. La longitud de la vaina, indicador estrechamente ligado a la productividad, se incrementó hasta 13,65 cm con las dosis más elevadas del fertilizante. Respecto al rendimiento de grano, se obtuvieron 3024,7 y 3043,4 kg ha^{-1} con 2,0 y 3,0 t ha^{-1} de guano de islas, respectivamente. La mayor utilidad bruta se alcanzó con una densidad de 187 500 plantas/ ha^{-1} y 2,0 t ha^{-1} de guano, logrando 9125,70 soles y una rentabilidad de

1,4, lo que evidencia el potencial del guano de islas para mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo de frijol en la zona. (p. 11)

Centeno (2024) evaluó el efecto del guano de islas en la precocidad y rendimiento del frijol castilla (*Vigna unguiculata* L. Walp) en condiciones edafoclimáticas de Pichari, Cusco. El objetivo principal fue:

> Determinar la influencia de diferentes niveles de guano de islas sobre la precocidad, las variables de rendimiento y la productividad del grano. Para ello, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con seis tratamientos (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 t ha^{-1}) y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron días a la madurez fisiológica, altura de planta, número de ramas por planta, número de vainas por planta, rendimiento de grano, peso de 1000 granos e índice de cosecha. Los resultados mostraron que los niveles de 2.5 y 2.0 t ha^{-1} de guano de islas presentaron los mayores rendimientos de grano, con 2,689.67 y 2,675.67 kg ha^{-1}, respectivamente, así como los mayores índices de cosecha. Asimismo, se evidenció que incrementos superiores en la dosis de guano de islas no justifican un aumento significativo del rendimiento. (p.9)

Cabero (2023) evaluó la respuesta del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) durante su fenología frente a la aplicación de ácidos húmicos a nivel foliar, edáfico y combinado, con dos dosis de fertilización granulada y sin fertilización edáfica, en la provincia de Barranca, distrito de Barranca, sector Los Anitos. El objetivo principal fue:

> Se determinó la respuesta del frijol caraota a la aplicación de ácidos húmicos y a distintos niveles de fertilización. Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial, que incluyó nueve tratamientos, cuatro repeticiones y 36 unidades experimentales. El análisis estadístico se efectuó mediante ANOVA con un 95 % de confianza y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al 5 %. Las variables evaluadas comprendieron nodulación, altura de planta, biomasa fresca y seca, número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vaina, peso de 100 granos y rendimiento. Los resultados indicaron que la aplicación foliar de ácidos húmicos combinada con la dosis fertilizada de N-P_2O_5-K_2O de 60-40-60 kg ha^{-1} generó la mejor respuesta a partir de la floración, destacando en biomasa fresca (66,42 g/planta), biomasa seca en floración (12,63 g/planta), número de vainas por planta (21,71), número de

granos por planta (66,71), peso de 100 granos (26,86 g) y rendimiento (2448,00 kg ha^{-1}). Por su parte, el tratamiento sin fertilización edáfica, pero con aplicación combinada de ácidos húmicos, mostró respuestas similares en nodulación (10,34), altura de planta (45,34 cm), peso fresco (56,58 g), peso seco (11,32 g) y número de granos por vaina (2,92), alcanzando un rendimiento de 1098,70 kg ha^{-1}.Se concluyó que el uso de ácidos húmicos favorece la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes, mejora la absorción de nutrientes e incrementa la productividad de las leguminosas de grano, al tiempo que permite un mayor ahorro en el uso de fertilizantes.

Escajadillo (2023) analizó el efecto del *Rhizobium* y de la labranza de conservación en la producción de arveja en verde (*Pisum sativum* L.) en el terreno de la Ciudad Universitaria "Pampa de Arco" de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses de enero a abril de 2021. El objetivo principal fue:

> Conocer la influencia del uso de *Rhizobium* y las prácticas de labranza de conservación en el rendimiento de arveja en verde. Para ello, se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial 2L × 2R, correspondiente a dos tipos de labranza de conservación y dos formas de aplicación de *Rhizobium*, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de vainas por planta, longitud de vaina, número de semillas por vaina y rendimiento de vaina en verde. Los resultados obtenidos mediante el análisis de variancia mostraron que la inoculación con *Rhizobium* presentó mejor respuesta, alcanzando 137.39 cm de altura de planta, 8.68 vainas por planta, 6.90 cm de longitud de vaina, 4.83 semillas por vaina y 4193.96 kg ha^{-1} de vaina en verde. Asimismo, la labranza mínima mostró mejor respuesta estadística, obteniendo 4.83 semillas por vaina. Del mismo modo, la combinación de labranza mínima e inoculación con *Rhizobium* produjo una respuesta superior en los parámetros productivos, destacando en el número de vainas por planta con 9.43 vainas, longitud de vaina con 6.93 cm y número de semillas por vaina con 4.95 semillas, en comparación con la labranza cero sin *Rhizobium*, que obtuvo 6.30 vainas por planta, 6.68 cm de longitud de vaina y 4.50 semillas por vaina. (p.10)

Gálvez (2021) en su trabajo titulado “agricultura de conservación en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.) grano en verde, Ayacucho, 2016”, evaluó el efecto de diferentes sistemas de labranza y cobertura en la producción de arveja en verde. Los resultados mostraron que:

> La labranza en franjas presentó la mejor respuesta en las variables número de plantas, altura de planta, número de vainas por planta y rendimiento de vaina en verde, alcanzando 261 111.11 plantas/ ha^{-1}, 156.48 cm, 7.42 vainas por planta y 3894.90 kg ha^{-1}, respectivamente. Asimismo, la labranza cero destacó en la acumulación de materia seca con 32.92 %, mientras que la labranza reducida obtuvo el mayor índice de cosecha con 51.02 %. En cuanto a la cobertura, el uso de broza de leguminosa presentó mejores resultados en número de plantas, rendimiento de vaina verde e índice de cosecha, con 243 518.52 plantas/ ha^{-1}, 3366.25 kg ha^{-1} y 48.11 %, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento sin cobertura mostró mejores resultados en altura de planta, número de vainas por planta y materia seca, con 152.18 cm, 6.97 vainas por planta y 30.74 %, respectivamente.

Moisés (2017) en la investigación sobre densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) en vaina verde, empleando el sistema de labranza de conservación, encontró:

> La mayor altura de planta se obtuvo con la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} y con los niveles de guano de islas de 1.5 y 2.0 t ha^{-1}, alcanzando 126.9 y 127.2 cm, respectivamente. La mayor longitud de vaina se logró con el nivel de 2.0 t ha^{-1} de guano de islas, con 7.9 cm. Asimismo, los niveles de 1.5 y 2.0 t ha^{-1} presentaron mayor número de granos por vaina. En cuanto al número de vainas por planta, el mejor resultado se alcanzó con el nivel de 2.0 t ha^{-1} de guano de islas, mientras que la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} mostró mejor respuesta frente a la densidad de 240 000 plantas ha^{-1}. Los mayores rendimientos se obtuvieron con 2.0 y 1.5 t ha^{-1} de guano de islas, alcanzando 7249 y 6913 kg ha^{-1}, respectivamente. La mayor rentabilidad económica se obtuvo con la densidad de 200 000 plantas ha^{-1} y 1.5 t ha^{-1} de guano de islas, con 204.8 %.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Origen y distribución del frijol

Desde la posición de Rosas (2003) el frijol "es el cultivo más antiguo y de mayor importancia en América Latina, tanto por su valor nutricional como por su diversidad genética. Pertenece al género *Phaseolus*, el cual incluye especies domesticadas y cultivadas ampliamente en distintas regiones del continente americano" (p.2).

Álvarez y Estrella (2015), señalan que el frijol tiene su centro de "origen, domesticación y diversidad genética en México, es considerada la leguminosa de consumo humano directo más importante del mundo. Además, junto con el maíz, ha constituido durante miles de años la base de la alimentación del pueblo mexicano" (p.2).

Del mismo modo, Hernández-López et al. (2013) ratifican que el frijol "se originó en Mesoamérica, con dos centros de domesticación: uno primario en México y otro secundario en el sur andino, sin evidencia clara de un tercer centro en el norte andino" (p.103).

Debouck et al. (1993) indican que el frijol negro o caraota tiene su origen en el continente americano y señalan a México como uno de los posibles centros de origen o diversificación inicial de esta especie, desde donde se habría extendido hasta el noreste de Argentina; esta afirmación se sustenta en evidencias arqueológicas que registran su presencia desde hace aproximadamente 7000 años, mientras que en América del Sur su conocimiento se remonta a unos 5000 años.

1.2.2. Importancia del frijol

Madriz (2012) con respecto a la importancia de frijol, manifiesta que "el cultivo de plantas leguminosas es de gran importancia en la alimentación humana, debido a la producción de granos ricos en proteínas, grasas, carbohidratos, energía, minerales y vitaminas, indispensables en la dieta diaria" (p.119).

Desde la posición de Labrador (2012, como se citó en Moreno, 2018), destaca la importancia del frijol como:

> Fuente de proteínas, con un contenido del 22%, y su alto valor energético, aportando alrededor del 70% de carbohidratos. También es rico en minerales

como calcio, magnesio, hierro y zinc, y en vitaminas A, B1, B2 y C. Además, como leguminosa, tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo mediante la actividad simbiótica con bacterias como *Rhizobium phaseoli*. (pp. 3-4)

En cuanto a su importancia medicinal, el frijol posee antocianinas en la testa, compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides que presentan una alta capacidad antioxidante, contribuyendo a la neutralización de radicales libres y a la prevención de enfermedades como el cáncer, la arteriosclerosis y las inflamaciones (Takeoka et al., 1997).

1.2.3. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Valladolid (2001) la clasificación taxonómica del cultivo de frijol es la siguiente:

Tabla 1.1

Clasificación taxonómica del frijol (Phaseolus vulgaris L.*)*

Taxonomía del frijol	
Orden	Rosales
Familia	Leguminoseae
Sub familia	Papilionoidae
Tribu	Phaseolae
Sub tribu	Phaseolinae
Genero	Phaseolus
Especie	*Phaseolus vulgaris* L.

1.2.4. Descripción morfológica del frijol

a. Raíz

Con respecto a la raíz Valladolid (2001) señala que:

El sistema radicular del frijol se origina a partir de la radícula del embrión la cual se desarrolla hasta convertirse en la raíz principal. A partir de esta se forman las raíces secundarias, terciarias y otras ramificaciones sucesivas. En las zonas de crecimiento de estas raíces se desarrollan los pelos absorbentes, cuya función principal es facilitar la captación de agua y nutrientes presentes en el suelo.

> Asimismo, indica que la mayor concentración de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad; no obstante, cuando el cultivo se desarrolla en suelos sueltos y con buena fertilidad, las raíces pueden alcanzar hasta un metro de longitud. (p. 11)

Del mismo modo Valladolid (2001) menciona que las raíces "con frecuencia presentan nódulos de forma poliédrica, de 2 a 5 mm de diámetro, colonizados por bacterias del género *Rhizobium*. Esta fija el nitrógeno atmosférico que luego es aprovechado por la planta y también es aportado al suelo" (p.11).

Asimismo, Debouck (1984) describe que la raíz del frijol se desarrolla a partir de la radícula embrionaria, el cual da origen a la raíz principal. Luego, emergen las raíces secundarias en la región del cuello de la raíz, de las cuales se derivan raíces terciarias y otras ramificaciones provistas de pelos absorbentes, estructuras que desempeñan un papel fundamental en la absorción de agua y nutrientes.

Según Kay (1979), el frijol es una planta anual que presenta germinación epigea, caracterizado por presentar una raíz central bien desarrollada y un sistema radicular fasciculado, de rápido crecimiento, que puede alcanzar profundidades aproximadas de 0,90 a 2 m.

b. Tallo

Valladolid (2001) afirma que el tallo es "el eje central de la planta y está constituido por una sucesión de nudos y entrenudos. Un nudo, es el punto de inserción de las hojas (o de los cotiledones) en el tallo" (p.11).

Del mismo modo, Debouck (1984) señala que el tallo del frijol es de naturaleza herbácea y está conformado por una sucesión alterna de nudos y entrenudos. Su sección transversal puede ser cilíndrica o ligeramente angulosa, debido a pequeñas corrugaciones presentes en la epidermis. Asimismo, el porte de la planta varía según su hábito de crecimiento, pudiendo ser erecto, semipostrado o postrado. En cuanto al desarrollo terminal del tallo, este depende de la variedad; en las plantas de crecimiento determinado, el tallo culmina en una inflorescencia y detiene su crecimiento, mientras que en las de

crecimiento indeterminado conserva un meristemo vegetativo terminal, lo que le permite continuar formando nuevos nudos y entrenudos.

c. Ramas y complejos auxiliares

Las ramificaciones del frijol se originan a partir de un conjunto de tres yemas situadas en las axilas de las hojas. Estas estructuras, denominadas «tripletes», están constituidas por tres brotes que presentan diferentes patrones de desarrollo, uno de ellos corresponde al tipo completamente vegetativo. “primero se desarrolla el brote central dando lugar a la ramificación y sólo tiende a desarrollarse uno de los secundarios”. Floración y vegetativa: “La yema central produce una inflorescencia y los brotes laterales producen al menos una rama”. Completamente florecido: “solo los botones laterales se convierten en botones florales, mientras que el botón central está inactivo. Este tipo de desarrollo ocurre en el nudo terminal de las plantas tipo I” (Valladolid, 2001).

d. Hoja

Con respecto a las hojas del frijol, Valladolid (2001) señala que el frijol tiene dos tipos de hojas:

> Simples y compuestas. Las hojas simples, son las hojas primarias. Están en posición opuesta en el segundo nudo y caen antes que la planta alcance su máximo desarrollo. Las hojas compuestas, son las hojas trifoliadas típicas del frijol. El foliolo central es simétrico, en tanto que los dos laterales son asimétricos. (p.16)

Del mismo modo Debouck (1984) enfatiza las hojas de frijol “están insertadas en los nudos del tallo y las ramas, en dichos nudos siempre se encuentran estipulas que constituyen un carácter importante en la sistemática de las leguminosas” (p.32).

e. Inflorescencia

En relación con la inflorescencia Valladolid (2001) señala que:

> La inflorescencia del frijol puede ubicarse tanto en posición terminal como axilar, siendo la primera característica de las plantas con hábito de crecimiento tipo I. Asimismo, señala que está constituida por tres partes principales: el eje de la inflorescencia, conformado por el pedúnculo y el raquis; las bractéolas primarias y los botones florales. Antes de la apertura de las primeras flores, el pedúnculo experimenta un rápido alargamiento. Por su parte, el raquis está formado por una

secuencia de nudos, en los cuales se encuentran ubicadas las brácteas primarias (p. 17).

Debouck (1984) refiere que la estructura floral del frijol favorece la autopolinización debido a que las anteras se encuentran al mismo nivel que el estigma y ambos órganos están completamente protegidos por la quilla; por ello, durante la antesis, el polen se libera y cae directamente sobre el estigma, facilitando la fecundación de la misma flor.

f. Fruto

Debouck (1984) menciona que el fruto del cultivo de frijol es una vaina compuesta por dos valvas derivadas del ovario comprimido, lo que clasifica a la especie como leguminosa. Presenta dos suturas: una dorsal (placental) y otra ventral. Las vainas pueden ser glabras o subglabras, a veces con epidermis cerosa, y su color varía según la variedad y el estado de madurez. En la sutura placental se disponen los óvulos que darán lugar a los granos, las cuales también se alternan entre las valvas.

Del mismo modo Valladolid (2001) ratifica que "es una vaina con dos valvas provenientes del ovario comprimido. Las valvas unidas conforman dos suturas. La sutura placental o dorsal a la que están unidas los granos y la sutura ventral" (p.19).

g. Grano

Con respecto al grano del frijol Valladolid (2001) menciona que:

El grano se origina del óvulo fecundado, puede tener varios colores y formas como: ovoides, esféricos, arriñonadas, etc. Las partes externas más importantes son: testa, hilum, micrópilo y rafe. La testa o cubierta, el hilum que es la cicatriz dejada por la unión (funículo) con la sutura placental. El micrópilo, es una abertura cerca al hilum, a través de la cual el grano absorbe agua para iniciar la germinación. El rafe es un abultamiento próximo al hilum, en sentido opuesto al micrópilo; proviene de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo. (p. 20)

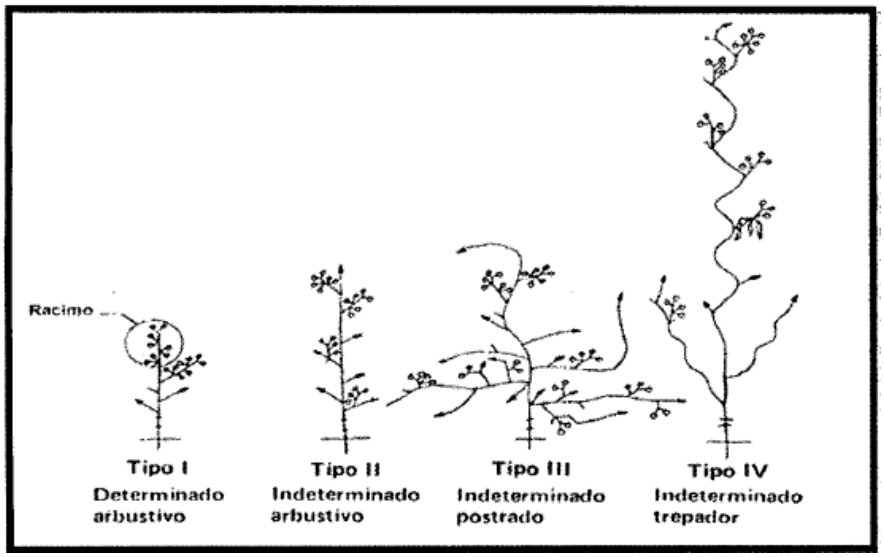
De la misma manera Debouck (1984) afirma que el grano de frijol es "exalbuminosa es decir que no posee albumen, por lo tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Se originan de un óvulo campilótropo" (p.44).

1.2.5. Hábito de crecimiento de frijol

Valladolid (2001) señala que el hábito de crecimiento constituye una característica morfológica de importancia agronómica, debido a su influencia en las prácticas de manejo del cultivo y en el potencial productivo de cada variedad. Al respecto, existen cuatro tipos de crecimiento (I, II, III y IV), los tres primeros predominan en la región costera, mientras que el tipo IV es más frecuente en las zonas montañosas y boscosas. Asimismo, los hábitos de crecimiento se clasifican en determinados, cuando los tallos y las ramas finalizan en agrupaciones florales al inicio de la etapa reproductiva, e indeterminados, cuando estos mantienen sus meristemas vegetativos activos.

Figura 1.1.

Esquema de los cuatro tipos de hábitos de crecimiento



Nota: Debouck (1984).

a. Tipo I hábito de crecimiento determinado arbustivo

Valladolid (2001) al respecto señala que se caracteriza cuando:

El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia. Cuando la inflorescencia está formada cesa el desarrollo del tallo y ramas. El tallo es fuerte, con pocos nudos, entre 5 y 10, generalmente cortos. La altura varía entre 25 y 50 cm. La etapa de

floración (R6), es corta y la madurez de todas las vainas (R9) ocurre casi al mismo tiempo. (p.12)

b. Tipo II hábito de crecimiento indeterminado arbustivo

Valladolid (2001) con respecto al hábito de crecimiento indeterminado arbustivo menciona que se caracteriza cuando:

> El tallo es erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía generalmente corta. Las ramas no producen guías, pero terminan en un meristema vegetativo. A diferencia del tipo I, continúa creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor. Tiene pocas ramas, pero en mayor número que el tipo I y son más cortas que el tallo. (p.14)

c. Tipo III hábito de crecimiento indeterminado postrado

Con respecto al hábito de crecimiento indeterminado postrado de frijol Valladolid (2001) señala que este se caracteriza por presentar:

> Plantas postradas o semipostradas, con ramas bien desarrolladas. El tallo y las ramas terminan en guías. El número de nudos y la longitud de los entrenudos son mayores a los de los tipos I y II. Algunas variaciones de este tipo tienen aptitud para trepar, ligeramente, en presencia de un soporte. (p.14)

d. Tipo IV hábito de crecimiento indeterminado trepador

Debouck (1984) describe el hábito de crecimiento indeterminado trepador como aquel característico de las variedades de frijol que tienen capacidad para trepar, las cuales suelen cultivarse asociadas con el maíz. Este tipo de plantas desarrolla, desde la primera hoja trifoliada, la capacidad de torsión del tallo, lo que les permite enrollarse y utilizar soportes para su crecimiento vertical. Además, presentan escasa ramificación debido al predominio de la yema apical. Sus tallos pueden desarrollar entre 20 y 30 nudos y alcanzar una altura de hasta 2 metros cuando cuentan con un soporte adecuado.

1.2.6. Etapas del desarrollo de la planta

Fernández et al. (1986) establecieron diez etapas de desarrollo del frijol común, agrupadas en dos fases y definidas a partir de acontecimientos fisiológicos fundamentales que conforman su ciclo de crecimiento. Cada etapa se inicia con un cambio específico en el desarrollo de la planta y finaliza cuando comienza la siguiente. Asimismo, señalan que

la duración de estas etapas puede variar en función del genotipo de la variedad, las condiciones climáticas, la temperatura y la intensidad de luz a las que está expuesto el cultivo.

a. Etapas de la fase vegetativa

Fernández et al. (1986) describen las etapas vegetativas como sigue:

V0 - Germinación: El grano inicia su proceso de germinación bajo condiciones óptimas.

V1 - Emergencia: Se alcanza cuando el 50% de los cotiledones emerge al nivel del suelo, marcando el inicio visible del desarrollo.

V2 - Hojas primarias: El 50% de las hojas primarias están completamente desplegadas.

V3 - Hoja trifoliada: Se caracteriza porque el 50% de las primeras hojas trifoliadas alcanza su despliegue completo.

V4 - Tercera hoja trifoliada: El 50% de las terceras hojas trifoliadas se encuentran completamente desplegadas, mostrando un avance significativo en el crecimiento.

b. Etapas de la fase reproductiva

Según, Fernández et al. (1986) las etapas reproductivas del frijol son las siguientes:

R5 - Prefloración: Comienza cuando aparece el primer botón o racimo floral en la planta.

R6 - Floración: Se inicia cuando la primera flor se abre y se presenta en la planta.

R7 - Formación de vainas: Ocurre cuando la planta produce la primera vaina con la corola de la flor colgada.

R8 - Llenado de vainas: Se da cuando la primera vaina comienza a llenarse de granos.

R9 - Maduración: Comienza cuando las vainas, al secarse, pierden su pigmentación, tornándose de color amarillento y todas las partes de la planta se secan.

1.2.7. Enfermedades

Rosas (2003) señala que el frijol es susceptible a diversas enfermedades ocasionadas por virus, bacterias y hongos, las cuales generan importantes pérdidas económicas, principalmente en Centroamérica y el Caribe.

a. Virus del Mosaico Común del Frijol

Es la enfermedad viral que ha recibido mayor prioridad en los programas de mejoramiento genético de frijol en América Tropical, por ser el virus de más

amplia distribución geográfica, facilidad de dispersión, y por su capacidad de causar reducciones en rendimiento muy altas (hasta un 80 %). (Rosas, 2003, p.28)

b. Bacteriosis Común del Frijol (*Xanthomonas axoriopodis* pv. *Phciseoli (*Xap*)*)

Rosas (2003) señala que esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en las principales zonas productoras de frijol de América Latina, especialmente en regiones de altitud baja e intermedia. También, menciona que puede ocasionar pérdidas de rendimiento superiores al 40 % en variedades comerciales susceptibles. Su desarrollo se ve favorecido por condiciones de temperaturas elevadas y alta humedad, mientras que las semillas infectadas constituyen el principal medio de supervivencia y propagación de la bacteria Xap.

c. Antracnosis del Frijol (*Colletotrichum lindemuthianum*)

Es una de las enfermedades del frijol que causa más perdidas en el ámbito mundial. Se presenta con frecuencia en zonas frijoleras con elevaciones de intermedia a alta. Las pérdidas difieren según el grado de resistencia de las variedades, pero pueden ser muy severas si Las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad y/o si la infección se presenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Se han reportado pérdidas de hasta un 90% en el rendimiento de variedades susceptibles.(Rosas, 2003, p.32)

d. Roya del Frijol (*Uromyces appendiculatus*)

La roya es una enfermedad que se encuentra distribuida en la mayoría de las zonas frijoleras de América Latina, ocasionando pérdidas económicas significativas. Las disminuciones en rendimiento dependen del grado de susceptibilidad de la variedad, la severidad de la enfermedad, la etapa de infección y las condiciones ambientales al momento del ataque.(Rosas, 2003, p.37)

1.2.8. Plagas

Según Rosas (2003) el frijol está expuesto a una variedad de plagas que afectan su desarrollo y productividad. Entre las plagas más comunes se encuentran como se mencionan a continuación.

a. Gusanos cortadores, tierreros (*Agrotis ipsilon, A. bilitura, Feltia experta, F. subterranea, Spodoptera eridania, S. frugiperda, S. ornithogalli*)

El daño es causado por las larvas que cortan la base del tallo de las plántulas al atardecer y en la noche. El daño es continuado en la hilera de plantas, disminuyendo la población del cultivo. Como medida de control se recomienda revisar el cultivo periódicamente.(Rosas, 2003, p.39)

b. Barrenador menor del tallo, coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*)

Las larvas se alimentan primero en el follaje y después bajan al suelo donde hacen galerías y desde allí perforan la base del tallo y prosiguen dañándolo hada arriba. Ataca varios cultivos. Como medida de control se recomienda rotación de cultivos, se debe realizar riegos intensos para asfixiar larvas y pupas.(Rosas, 2003,p.40)

c. Plagas defoliadoras (Crisomélidos, cucarroncitos, tortuguillas, diabróticas)

Rosas (2003) señala que estos insectos representan plagas importantes para el cultivo de frijol. Los adultos provocan perforaciones circulares en las hojas y flores, así como daños en los tallos de las plantas jóvenes. Las larvas afectan las raíces y los nódulos, además de ocasionar lesiones alrededor del tallo, justo debajo de la superficie del suelo. Cuando el ataque es intenso, pueden ocasionar pérdidas en la cosecha que oscilan entre el 30 y 50 %.

d. Gusanos desfoliadores (Gusano medidor (*Trichoplusia ni*); falso medidor (*Pseudoplusia includens);* gusanos soldados o militares (*Spodoptera spp*)).

Rosas (2003) indica que “las larvas de estos insectos dañan el follaje haciendo perforaciones y reduciendo la actividad fotosintética; frecuentemente no llegan a causar daños severos, por la capacidad de recuperación que tienen las plantas” (p.42).

1.2.9. Ecología del cultivo

a. Suelo

De acuerdo con la Dirección Regional de Agricultura de Piura (ASPROMOR ,2012), el frijol exhibe un mejor desarrollo en suelos de textura franca, con buen drenaje, profundidad considerable y fertilidad de moderada a alta. El cultivo prefiere un rango de

pH entre 6.0 y 7.5, así como bajos niveles de salinidad (menos de 1.5 mmhos/cm). Aunque puede soportar cierto grado de acidez, su crecimiento se ve limitado en suelos alcalinos, salinos o con deficiente drenaje.

Así mismo, Rosas (2003) sostiene que, el frijol puede cultivarse en diversos tipos de suelo, pero se recomienda que sean sueltos, porosos y con al menos 50 cm de profundidad para un buen desarrollo radicular. Deben permitir una adecuada infiltración y drenaje del agua, así como buena aireación para la respiración de las raíces y actividad microbiana. Se deben evitar suelos compactados, con costras superficiales o mal drenados, ya que favorecen enfermedades. El pH ideal está entre 6.0 y 7.5, y aunque algunas variedades toleran diferentes condiciones, corregir deficiencias del suelo mejora la producción.

b. Temperatura

Rosas (2003) afirma que, "el frijol es una planta de origen tropical y se desarrolla y produce mejor a temperaturas entre 18 y 24 ºC, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1200 msnm" (p.16).

De igual manera ASPROMOR (2012) destaca que, el frijol se adapta a temperaturas entre 18 °C y 40 °C, siendo el rango óptimo de crecimiento entre 20 °C y 35 °C. Sin embargo, es una planta sensible a heladas como a temperaturas superiores a 40 °C pueden afectar negativamente a las flores y el desarrollo de vainas. Asimismo, temperaturas por debajo de los 18 °C tienden a ralentizar su crecimiento.

c. Humedad

En cuanto a los requerimientos hídricos del cultivo de frijol negro, Cámara de Comercio de Bogotá (2015) indica que este requiere entre 300 y 500 mm de agua a lo largo de su ciclo. Las fases más críticas en cuanto a la demanda de agua corresponden a los 15 días previos a la floración y al periodo comprendido entre 18 y 22 días antes de la maduración de las primeras vainas.

Del mismo modo Rosas (2003) ratifica que el cultivo del frijol, "requiere aproximadamente entre 300 y 350 mm de agua a lo largo de su ciclo. El mayor consumo

hídrico diario se registra durante la etapa de llenado de vainas, donde la demanda puede alcanzar hasta 8 mm por día" (p.24).

d. Luminosidad

Según, ASPROMOR (2012) señala que, una adecuada luminosidad ayuda el cuajado de los frutos y contribuye significativamente al incremento de la producción. Un fotoperíodo comprendido entre 8 y 14 horas es esencial para inducir la floración, mientras que la deficiencia de luz provoca un desarrollo subóptimo y una reducción en los rendimientos del cultivo.

1.2.10. Manejo agronómico del cultivo

a. Época de siembra

ASPROMOR (2012) indica que el cultivo de frijol presenta una notable capacidad para adaptarse a diferentes periodos de siembra, contribuyendo así a una mayor variedad en la producción, un incremento en la productividad y una mejora en la calidad del grano obtenido.

b. Densidad de siembra

Es la cantidad de grano empleada en una superficie determinada, como señala Rosas (2003) este factor es fundamental para asegurar el correcto desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol. Se recomienda establecer una población de 200,000 a 250,000 plantas por hectárea, manteniendo una separación de 50 a 60 cm entre hileras y de 7.5 a 10 cm entre plantas. En ciertas ocasiones, se opta por distancias menores entre hileras (30-40 cm) y plantas (20-30 cm), según las condiciones específicas del terreno. La cantidad de grano sugerida es de 40 a 50 kg por hectárea, siempre que tenga una alta capacidad germinativa, ajustándose este valor si la germinación es baja. Los granos deben ser colocadas a una profundidad de 2 a 3 cm, y la germinación normalmente ocurre entre el tercer y cuarto día, mientras que la emergencia se observa entre el quinto y sexto día.

c. Grano

El uso de grano de calidad es esencial para obtener un cultivo vigoroso y una buena cosecha. Se recomienda utilizar grano certificada o proveniente de lotes con baja presencia de enfermedades. Si el grano ha estado almacenado por mucho tiempo, se debe realizar la prueba de germinación antes de realizar la siembra. Además, es importante

tratar la grano con fungicidas e insecticidas según sea necesario, especialmente para prevenir enfermedades y plagas transmitidas por granos (Rosas, 2003).

d. Fertilización

La fertilización del cultivo de frijol es esencial, ya que, aunque los suelos puedan tener características físicas favorables, siempre carecen de los nutrientes esenciales para un adecuado desarrollo y productividad de las plantas. Los elementos más cruciales para la producción son el nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales deben ser suplementados cuando su concentración es insuficiente en el suelo. Además, condiciones como la alta acidez del suelo pueden limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes, como el fósforo y el molibdeno, lo que puede corregirse mediante enmiendas, como el encalado (Rosas, 2003).

e. Aporque

Cámara de comercio Bogotá (2015) con respecto al aporque señala que:

> Esta labor cultural consiste en cubrir con tierra, ya sea parcial o totalmente según la especie, ciertas partes de la planta para robustecerla, formar adecuadamente la cama de siembra, controlar malezas y favorecer la aireación del suelo. El momento oportuno para realizar esta práctica varía en cada cultivo y puede combinarse con otras labores, como la fertilización. Además, junto con el tutorado, ayuda a mejorar el anclaje de la planta al suelo. (p.9)

f. Control de malezas

El control de malezas en el cultivo de frijol puede llevarse a cabo a través de diferentes métodos integrados, como la incorporación o quema de residuos vegetales en la preparación del suelo, deshierbes manuales o mecanizados en las fases V2–V3 (15–20 días) y V4–R5 (30–35 días), la implementación de rotaciones de cultivos con especies de cobertura que disminuyen la presencia de malezas y mejoran la calidad del suelo, así como la aplicación de herbicidas siguiendo las indicaciones técnicas y las recomendaciones del fabricante (Rosas, 2003).

Santiago (1998) manifiesta que la interferencia ocasionada por las malezas puede reducir los rendimientos por hectárea entre un 20 % y un 30 %. Además, estas contribuyen a la contaminación de semillas, disminuyen el valor comercial del cultivo y pueden actuar

como hospedadoras de patógenos y plagas. En consecuencia, incrementan los costos de producción y reducen la eficiencia del sistema productivo.

g. Control de plagas y enfermedades

Santiago (1998) señala que la presencia de plagas, insectos y otros organismos perjudiciales varía según la época de siembra, la rotación de cultivos, el manejo agronómico y la disponibilidad de plantas hospederas. En el marco del Manejo Integrado de Cultivos (MIC), se recomiendan prácticas como la rotación de cultivos, una adecuada preparación del terreno, la eliminación de malezas hospederas, la conservación de plantas trampa, el uso de trampas amarillas para el control de mosca blanca y pasador de la hoja, así como trampas blancas para trips. Asimismo, se destaca la utilización de cultivos asociados y el control biológico, cuya efectividad puede verse afectada por el uso irracional de insecticidas. No obstante, para cada plaga existe un controlador natural que debe ser estudiado y protegido. Finalmente, el autor no descarta el control químico, siempre que se aplique en las dosis recomendadas y únicamente cuando la población de la plaga alcance el umbral económico.

Las enfermedades representan uno de los principales factores bióticos que afectan la producción de caraota y frijol. Su origen se relaciona principalmente con hongos, bacterias y virus, cuya presencia e intensidad pueden variar cada año. Para reducir sus efectos, recomienda aplicar el Manejo Integrado de Cultivos (MIC), priorizando la prevención mediante la rotación de cultivos, el establecimiento de densidades y fechas de siembra apropiadas, el mantenimiento de un buen drenaje, la utilización de camellones elevados en suelos pesados, la desinfección de herramientas agrícolas, el uso de semillas certificadas y el control de vectores y malezas hospederas. Asimismo, considera necesario recurrir al control químico específico de acuerdo con la enfermedad identificada.(Pastor, 1995).

Entre las enfermedades más perjudiciales ocasionan síntomas como cambios de coloración, enrollamiento y deformación de hojas y vainas, amarillamiento y disminución del crecimiento de las plantas. Entre las principales se encuentran el virus del mosaico común, cuya transmisión ocurre mediante semillas, áfidos y herramientas contaminadas; el virus del mosaico rugoso, relacionado con la presencia de insectos perforadores, y otras enfermedades virales, como el mosaico sureño. (Madriz, 2012).

h. Cosecha y trilla

Según Rosas (2003), la recolección del frijol se efectúa al alcanzar la madurez fisiológica, momento en el que gran parte del follaje ha caído y las vainas se encuentran secas. En esta etapa, las plantas se extraen del suelo y se disponen en hileras con las raíces hacia arriba, dejándolas secar al sol durante dos o tres días para completar su deshidratación.

La cosecha se realiza cuando el tallo, las vainas y las hojas adquieren una coloración amarillo pajizo, y los granos presentan entre 14 % y 20 % de humedad. Esta actividad puede efectuarse manualmente, en pequeñas unidades productivas, o de manera semimecanizada, en explotaciones medianas y grandes. El proceso manual consiste en arrancar las plantas, secarlas al sol, realizar la trilla y el venteado para separar los residuos. Finalmente, los granos se almacenan en sacos para su consumo o comercialización, mientras que las semillas se conservan con productos tradicionales para prevenir el ataque de insectos. (Morros, 2001).

1.2.11. Abonos orgánicos

Según López et al. (2001) los abonos orgánicos consisten en materiales obtenidos de fuentes naturales como estiércoles, compostas y residuos de cultivos, que se emplean para optimizar la estructura del suelo, incrementar su capacidad para retener agua y facilitar la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Estos abonos resultan esenciales para preservar la fertilidad del suelo, sobre todo en áreas sometidas a cultivos intensivos. Asimismo, su uso contribuye a mejorar las características físicas y químicas del suelo, potenciando así el rendimiento de los cultivos.

1.2.12. Guano de islas

Según, Cancino (1950) es un abono natural derivado de la acumulación de excrementos de aves marinas en isla y puntas, especialmente en las costas del Perú. Utilizado históricamente por los Incas, se demostró en el siglo XIX que es orgánico y tiene una composición similar a la de los excrementos de aves acuáticas. Es higroscópico, absorbiendo agua, y su color varía en tonalidades naranjas. Con un fuerte olor amoniacal, el guano se convirtió en un fertilizante clave en la agricultura, especialmente a partir de 1841, cuando comenzó su explotación masiva.

Del mismo modo, El Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL, 2018) respecto al guano de islas, señala que:

> Este fertilizante se origina por la acumulación de las deyecciones de las aves guaneras que habitan las isla y puntas de nuestro litoral. Entre las especies más representativas se encuentran el Guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), el Piquero (*Sula variegata*) y el Pelícano (*Bougainvillii (Pelecanus thagus*). (p.11)

a. Composición de guano de islas

Tabla 1.2

Contenido de elementos nutritivos en guano de islas

Elemento	Símbolo/fórmula	Contenido (%)	Contenido (ppm)
Macroelementos			
Nitrógeno	N	10-14%	
Fósforo	P2O5	10-12%	
Potasio	K2O	2-3%	
Elementos secundarios			
Calcio	CaO	10%	
Magnesio	MgO	0.80%	
Azufre	S	1.50%	
Microelementos			
Hierro	Fe		600
Zinc	Zn		170
Cobre	Cu		23
Manganeso	Mn		48
Boro	B		187
Molibdeno	Mo		76
Flora microbiana (hongos y bacterias benéficas, principalmente)			

Nota: (AGRORURAL, 2018)

b. Propiedades nutricionales

AGRORURAL (2018) señala que el guano de islas es un fertilizante natural que contiene los nutrientes esenciales para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Además, es un producto ecológico, biodegradable y amigable con el ambiente,

cuya descomposición en el suelo permite la formación de humus y la liberación de nutrientes mediante la actividad de los microorganismos. Asimismo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo su estructura, la retención de agua y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). También aporta materia orgánica y microorganismos beneficiosos que estimulan la actividad biológica del suelo. Su solubilidad facilita la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. Finalmente, presenta efectos favorables cuando se combina con estiércol, incrementando la productividad agrícola, como se ha demostrado en experiencias realizadas con el cultivo de papa en diferentes regiones del Perú.

c. Disponibilidad de nutrientes

Con respecto a la disponibilidad de nutrientes AGRORURAL (2018) indica lo siguiente:

> El nitrógeno total del guano de islas se distribuye de la siguiente manera: un 35% se encuentra en forma disponible, de los cuales el 33% corresponde a nitrógeno amoniacal y el 2% a nitrógeno nítrico, mientras que el 65% restante se presenta en forma orgánica. Respecto al fósforo total, el 56% es soluble en agua y por lo tanto disponible para las plantas, mientras que el 44% permanece en forma orgánica. (p. 13)

En cuanto a las formas de nitrógeno y fósforo presentes en guano de islas, AGRORURAL (2018) detalla lo siguiente:

- Nitrógeno orgánico: 65%
- Nitrógeno disponible: 35% (23% amoniacal, 11.68% nítrico)
- Fósforo orgánico: 44%
- Fósforo disponible: 56%

d. Beneficios de guano de islas

AGRORURAL (2018) refiere que la aplicación de guano de islas aporta múltiples beneficios para el suelo, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas. En el aspecto físico, contribuye a reforzar la estructura tanto de suelos arenosos como arcillosos, favoreciendo la formación de agregados en los primeros y facilitando el manejo en suelos arcillosos compactados; además, incrementa la capacidad de retención de agua y optimiza el intercambio de gases. Desde el punto de vista químico, el guano

libera nutrientes esenciales para las plantas mediante procesos de mineralización, mejora la adsorción de nutrientes y la absorción de agua a través de la humificación, incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), eleva el poder tampón del suelo, modifica su coloración (los tonos oscuros reflejan buena fertilidad) y favorece la formación de quelatos. En cuanto a las propiedades biológicas, estimula la actividad microbiana, aumenta la población de microorganismos fijadores de nitrógeno como Azotobacter y promueve la producción de sustancias activadoras del crecimiento, como el ácido indolacético y el indolbutírico.

1.2.13. Sistemas de labranza

a. Labranza convencional

Cortés et al. (2009) indican que la labranza convencional hace referencia a las prácticas tradicionales de preparación del suelo para la agricultura, que incluyen el uso de arados y rastras de disco para modificar la estructura del suelo. Estas técnicas buscan crear una cama de granos adecuada, pero pueden tener efectos negativos como la compactación del suelo, reducción de macroporos y formación de capas endurecidas que dificultan el intercambio gaseoso, la penetración de agua y el crecimiento de raíces.

> De forma similar, Venegas (1990) indica que la labranza convencional
> Se desarrolla sin la adopción de nuevos aportes tecnológicos, siguiendo rutinas tradicionales, con el uso de implementos agresivos que invierten el suelo con un alto costo operativo, como son el arado de vertedera y arado de discos generando la destrucción y pérdida progresiva del recurso suelo. (p.5)

González et al. (2015) señalan que la sobreexplotación de los recursos naturales y el uso de prácticas de manejo inadecuadas y agresivas sobre el suelo y el agua pueden generar una disminución considerable en la productividad de estos recursos. En el caso específico del suelo, una de las principales causas de este deterioro es la utilización de sistemas de labranza inapropiados.

b. Labranza de conservación

Baker et al. (2007) sostienen que la agricultura de conservación constituye un sistema de producción que se fundamenta en tres principios esenciales: reducir al mínimo la alteración del suelo mediante la eliminación de la labranza, establecer rotaciones de cultivos e incorporar cultivos de cobertura, y conservar permanentemente los restos vegetales sobre la superficie del terreno. Estas prácticas contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica, mejorar las condiciones del suelo y garantizar la sostenibilidad de la actividad agrícola a largo plazo.

La agricultura conservacionista es un enfoque de manejo de los agroecosistemas orientado a incrementar sosteniblemente la productividad, la rentabilidad y la seguridad alimentaria, mientras protege y fortalece los recursos naturales y el ambiente. Se sustenta en tres principios relacionados: la siembra directa, la cobertura permanente del suelo y la diversificación de las especies cultivadas (Campos, 2016).

Venegas (1990) refiere que la labranza de conservación "está basado en el manejo racional de métodos de labranza, buscando disminuir los costos, aumentar la producción y fundamentalmente la conservación e incremento de la productividad del suelo" (p.4).

También Venegas (1990) sostiene que el sistema conservacionista involucra los sistemas de labranza y siembra donde el control de la vegetación y preparación de la camas de granos son mínimas o reemplazadas totalmente por el uso de herbecidas.

De igual forma González et al. (2015) manifiestan que

> La labranza conservacionista representa una alternativa efectiva para reducir la degradación de los suelos, ya que consiste en desarrollar las actividades agrícolas sin remover intensamente el terreno. Esta práctica surge ante la necesidad de disminuir los efectos negativos de la labranza mecánica, considerada uno de los factores que contribuyen significativamente al deterioro de las tierras agrícolas. (p.56)

c. labranza mínima o reducida

Con respecto a la labranza mínima, Venegas (1990) indica que,

> Se utiliza implementos de labranza vertical, realizando una o más operaciones simultaneas, disminuyendo al máximo el número de labores con maquinaria sobre el suelo y sin inversión de este, para mantener en la superficie un alto porcentaje de rastrojo de cultivo anterior. (p.5)

De acuerdo con Baker et al. (2007), la labranza mínima o labranza reducida se refiere a la práctica de limitar la remoción general del suelo al mínimo necesario para establecer el cultivo, controlar las malezas o aplicar fertilizantes. Este sistema se ubica en una posición intermedia entre la labranza cero y la labranza convencional. En su enfoque moderno, la labranza mínima o reducida no solo busca disminuir la alteración del suelo, sino también conservar una mayor cantidad de residuos vegetales sobre la superficie, como estrategia importante para la protección y conservación del suelo.

d. Labranza cero

Venegas (1990) indica que la labranza cero "es un sistema que no requiere de preparación del suelo, utilizando maquinaria especial para siembra directa y control químico de malezas, prácticamente todo el rastro queda en la superficie y con un mínimo de perturbación del suelo" (p.5).

La labranza cero, también denominada no labranza, siembra en surcos o siembra directa, consiste en la colocación de la semilla directamente sobre un suelo que no ha sido previamente removido ni preparado mediante labores mecánicas para formar una cama de siembra (Baker et al., 2007).

1.2.14. Beneficios de labranza de conservación

Venegas (1990) señala que la labranza de conservación ofrece diversos beneficios, entre ellos la reducción de la erosión del suelo, así como de los costos de mano de obra y energía. Además, contribuye a mejorar la capacidad de retención de agua, la estructura del suelo y la facilidad para realizar las labores de siembra. También favorece el incremento de la materia orgánica y de ciertos nutrientes, permite una mayor intensidad de cultivo y posibilita el aprovechamiento de terrenos con mayor pendiente, facilitando a su vez una mejor planificación de las épocas de siembra.

González et al. (2015) ratifican que “una medida para disminuir los procesos degradativos del suelo es el uso de sistemas de labranzas conservacionistas” (p.59).

La labranza de conservación también influye en diversas propiedades del suelo. Las investigaciones realizadas evidencian que incrementa de manera considerable los niveles de materia orgánica y mejora la capacidad del suelo para retener agua disponible para los cultivos. Asimismo, los sistemas de cero y mínima labranza generan temperaturas del suelo más bajas en comparación con la labranza convencional, reducen las pérdidas por escurrimiento y favorecen una mayor estabilidad de los agregados, contribuyendo así a disminuir la erosión. Además, estos sistemas pueden provocar una reducción del pH en los primeros 10 cm del perfil del suelo. Finalmente, los requerimientos de nitrógeno suelen ser más altos bajo labranza conservacionista, debido en parte a la elevada relación carbono: nitrógeno de los residuos que causa inmovilización del nitrógeno y una menor actividad microbiana (Venegas, 1990).

Baker et al. (2007) enfatizan que la labranza cero representa un cambio significativo en la metodología de la producción agrícola, especialmente frente a las prácticas desarrolladas durante los últimos cien años de mecanización. Este sistema exige que los productores adopten una nueva forma de pensar sobre qué aspectos deben modificarse y por qué es necesario realizar dichos cambios. En este sentido, comprender plenamente el propósito de la labranza cero permite avanzar con mayor confianza hacia un sistema moderno y exitoso de producción de alimentos. Asimismo, los autores señalan que sus ventajas a corto plazo superan las posibles desventajas, mientras que, a largo plazo, este sistema puede contribuir de manera decisiva a la sostenibilidad de la producción mundial de alimentos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el predio agrícola de Pampa de Arco (Campus de la ciudad universitaria de UNSCH) del distrito de Ayacucho, provincia Huamanga, región Ayacucho.

2.1.1. Ubicación política

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Lugar : Pampa de Arco

2.1.2. Ubicación geográfica

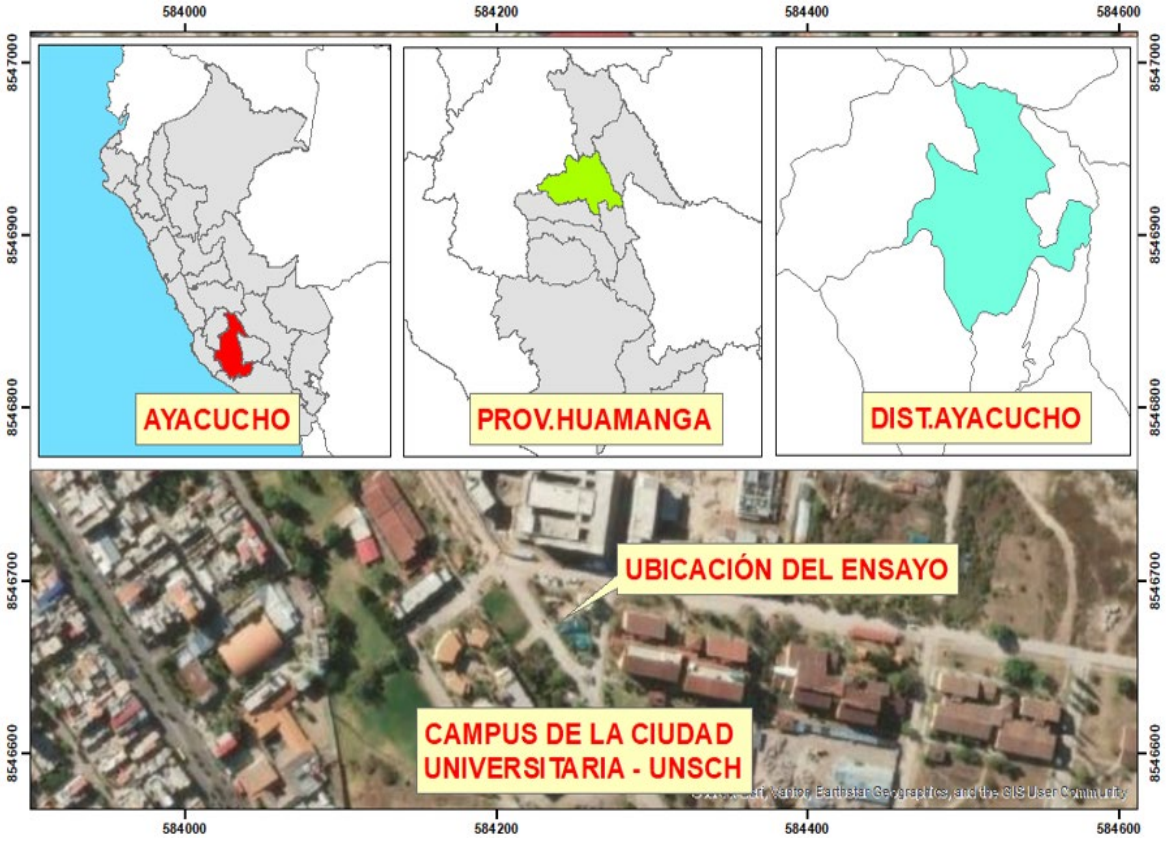
Latitud : 13° 08' 53" S
Longitud : 74° 13' 12" W
Altitud : 2760 m.s.n.m.

2.1.3. Ubicación ecológica

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida propuesta por Holdridge, Pampa de Arco corresponde a la zona de vida estepa espinosa–Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), la cual se distribuye aproximadamente entre los 2000 y 3100 m.s.n.m. (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN], 1976). Asimismo, de acuerdo con la clasificación de las regiones naturales del Perú, propuesta por Pulgar Vidal (1987), esta zona se encuentra ubicada dentro de la región quechua.

Figura 2.1

Mapa de ubicación geográfica del experimento



2.2. Antecedentes del terreno

El área de estudio permaneció en descanso durante los años 2022 y 2023, lo que permitió una recuperación parcial de la estructura y de la actividad biológica del suelo antes de la instalación del ensayo.

2.3. Análisis físico y químico del suelo

Se tomaron muestras de suelo hasta una profundidad de 20 cm en distintos sectores de la parcela experimental, de acuerdo con los procedimientos técnicos de muestreo. Luego, las submuestras fueron mezcladas uniformemente y reducidas mediante el método de cuarteo, hasta conseguir una muestra compuesta representativa de 1 kg. Finalmente, esta fue remitida al Laboratorio de Análisis de Suelos y Análisis Foliar para su evaluación correspondiente, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Análisis de caracterización e interpretación de los resultados del suelo

	Componentes	Valor	Interpretación
Químico	pH(moles/L)	8.02	Fuertemente alcalino
	N total (%)	0.04	bajo
	P disponible (ppm)	2.5	bajo
	K disponible (ppm)	249.7	alto
	Materia orgánica (%)	0.87	bajo
	C.E. (dS/m)	2.37	ligeramente salino
	Carbonatos (%)	4	medio
	C.I.C. (Cmol(+)/kg)	30.8	alto
Físico	Arena (%)	59.3	
	Limo (%)	20.9	FR-Ao
	Limo (%)	19.8	
	Clase textural		franco arenoso

Nota: Programa de investigación en pastos y ganadería "laboratorio de suelos y análisis foliar"

2.3.1. Interpretación del análisis del suelo

El terreno destinado a la producción de frijol presentó una textura franco arenosa, compuesta por 59.3 % de arena, 20.9 % de limo y 19.8 % de arcilla. Esta característica permite una adecuada circulación del aire y drenaje del agua, aunque reduce la capacidad de retener humedad y nutrientes, por lo que es necesario realizar un manejo apropiado del riego e incorporar materia orgánica, tal como se observa en la Tabla 2.1. En cuanto a sus características químicas, se registraron bajos contenidos de materia orgánica (0.87 %), nitrógeno total (0.04 %) y fósforo disponible (2.5 ppm), reflejando una fertilidad inicial limitada que podría afectar el crecimiento vegetativo, la formación de raíces, la floración y el desarrollo de vainas. Por otro lado, el potasio disponible alcanzó 249.7 ppm, considerado un nivel alto y beneficioso para el llenado de granos, la regulación del agua y la resistencia de las plantas frente al estrés. La conductividad eléctrica fue de 2.37 dS/m, correspondiente a una condición ligeramente salina, por lo que se requiere un control adecuado del riego y la fertilización, principalmente durante la germinación y emergencia. Finalmente, el pH de 8.02 evidencia una condición fuertemente alcalina, que puede disminuir la disponibilidad de fósforo y micronutrientes como hierro, zinc y manganeso, dificultando el desarrollo adecuado del cultivo. El contenido de carbonatos fue medio, con 4 %, lo cual está relacionado con la alcalinidad del suelo, mientras que la

capacidad de intercambio catiónico fue alta, con 30.8 cmol(+)/kg, reflejando una buena capacidad para retener cationes nutritivos. En conjunto, el suelo presenta condiciones físicas favorables por su buen drenaje y aireación; sin embargo, muestra restricciones asociadas al bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, además de la alcalinidad y ligera salinidad, por lo que resulta importante aplicar fuentes orgánicas como el guano de islas y prácticas de manejo conservacionista que contribuyan a mejorar la fertilidad y productividad del cultivo de frijol.

2.4. Análisis químico del abono (guano de islas)

Las características químicas del guano de islas fueron determinadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Análisis Foliar; los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2

Análisis químico y físico de guano de islas

% Materia orgánica	pH	C.E. (mS/cm)	Nitrógeno (%N)	fosforo (%P2O5)	Potasio (%K2O)	Calcio (%CaO)	Magnesio (%MgO)	Azufre (%SO4)
22.4	7.78	36	1.61	0.26	0.38	0.38	3.2	0.21

2.4.1. Interpretación del análisis de guano de islas

El análisis químico del guano de islas muestra un contenido de materia orgánica de 22.40 %, lo que indica que ayuda al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El pH de 7.78 evidencia una reacción ligeramente alcalina, mientras que la conductividad eléctrica de 36.00 mS/cm refleja una alta concentración de sales solubles, aspecto que debe considerarse al momento de su aplicación para evitar posibles efectos negativos sobre la germinación y el desarrollo inicial del cultivo. En cuanto a los nutrientes, el guano de islas presentó 1.61 % de nitrógeno, 0.26 % de fósforo como P_2O_5 y 0.38 % de potasio como K_2O, nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo radicular, floración y llenado de grano. Asimismo, contiene calcio, magnesio y azufre, destacando el magnesio con 3.20 %, elemento importante en la actividad fotosintética de las plantas.

2.5. Condiciones climáticas

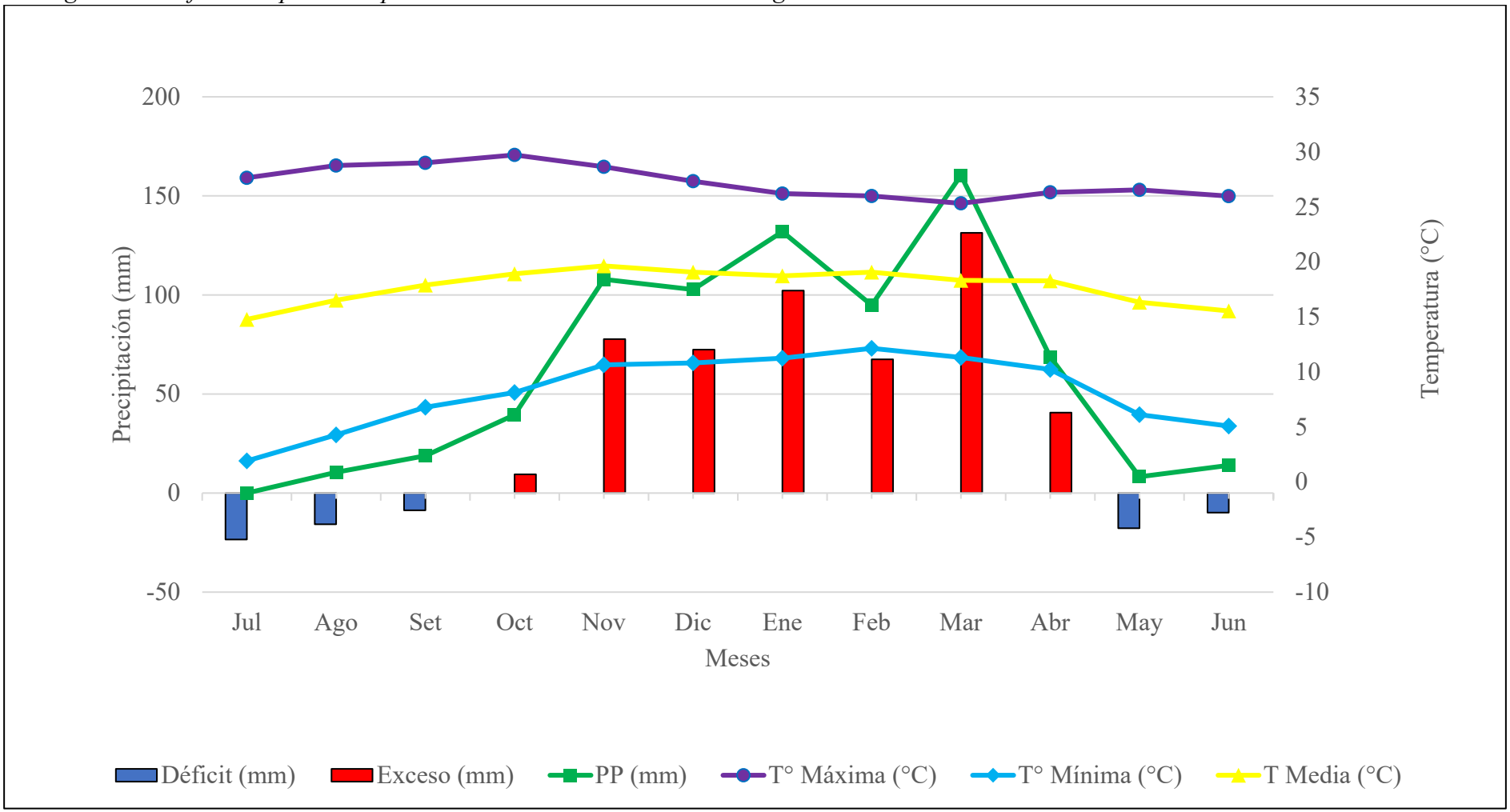
Tabla 2.3

Datos meteorológicos: temperaturas (máxima, mínima y media), precipitación, evapotranspiración y balance hídrico. Correspondiente al periodo comprendido desde el mes de julio de2024 hasta el mes de junio de 2025. Dicha información fue registrada en la estación meteorológica INIA-Canaán

Departamento: Ayacucho Provincia: Huamanga									Latitud: 13° 10' 00.06" S					
Distrito: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray									Longitud: 74° 12' 29.7" W Altitud: 2735 msnm.					
Año	Balance hídrico 2024 - 2025												Total	Promedio
Meses	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
T° Máxima(C°)	27.64	28.76	29	29.7	28.6	27.33	26.21	26	25.3	26.3	26.6	26		27.29
T° Mínima (°C)	1.92	4.28	6.8	8.13	10.7	10.82	11.25	12.2	11.3	10.2	6.12	5.09		8.23
T Media (°C)	14.78	16.52	17.9	18.9	19.6	19.07	18.73	19.1	18.3	18.3	16.3	15.5		17.76
Humedad R.	58.85	57.81	57.6	59.6	66.3	68.98	71.99	74.7	79.4	74.9	69.3	68.9		67.35
Factor	4.96	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8		
ETP	73.29	81.96	85.9	93.9	94.3	94.6	92.91	85.4	90.9	87.7	81	74.6	1036	
PP (mm)	0	10.5	18.8	39.5	108	102.7	131.9	94.8	160	68.7	8.2	14	757	
ETP Aju (mm)	23.45	26.23	27.5	30	30.2	30.27	29.73	27.3	29.1	28.1	25.9	23.9		
Déficit (mm)	-23.45	-15.73	-8.7								-17.7	-9.86		
Exceso (mm)				9.47	77.7	72.43	102.2	67.5	131	40.6				

Figura 2.2

Climograma de referencia para Pampa de Arco con la Estación Meteorológica INIA-Canaán



En la Tabla 2.3 y la Figura 2.2 se presenta el comportamiento climático del balance hídrico 2024–2025, registrado en la estación meteorológica INIA-Canaán, ubicada en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, a 2735 m s. n. m. Durante el periodo de cultivo (diciembre de 2024 a mayo de 2025), la temperatura media fluctuó entre 16.3 y 19.1 °C, condiciones cercanas al rango favorable para el desarrollo del frijol. La humedad relativa varió entre 68.98 y 79.4 %, evidenciando un ambiente húmedo que pudo favorecer el crecimiento vegetativo, aunque también incrementar el riesgo de enfermedades foliares. Asimismo, la precipitación acumulada fue de 527.1 mm, superando los requerimientos de 300 a 350 mm del cultivo. Las lluvias se concentraron entre diciembre y abril, coincidiendo con las principales etapas de desarrollo, floración, formación de vainas y llenado de grano.

En cuanto a la evapotranspiración potencial (ETP), esta representa la cantidad de agua que podría perderse hacia la atmósfera mediante la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas, bajo condiciones de disponibilidad suficiente de agua. En el presente estudio, según el procedimiento de cálculo reflejado en la tabla, se obtuvo multiplicando la temperatura media mensual por el factor correspondiente a cada mes. La ETP permite estimar la demanda atmosférica de agua y determinar las necesidades hídricas del cultivo, siendo importante para evaluar la disponibilidad de agua y establecer posibles periodos de déficit o exceso hídrico. Por otro lado, la evapotranspiración ajustada se obtiene multiplicando la evapotranspiración potencial por un coeficiente de ajuste (0.32), de acuerdo con los valores presentados en la tabla. Este ajuste permite adecuar la demanda hídrica estimada a las condiciones consideradas para el cultivo. Durante el periodo de evaluación, la ETP ajustada fluctuó entre 25.9 y 30.27 mm mensuales, mientras que la ETP potencial presentó valores entre 81.0 y 94.6 mm.

Entre diciembre y abril, las precipitaciones superaron la evapotranspiración ajustada, generando excedentes de humedad en el suelo. En mayo, la precipitación descendió a 8.2 mm, registrándose un déficit hídrico de 17.7 mm; sin embargo, al presentarse durante la etapa final del cultivo, esta menor disponibilidad de agua pudo favorecer la maduración fisiológica y el secado de las vainas y los granos. En conjunto, las condiciones climáticas fueron generalmente favorables para el desarrollo del frijol var. Caraota Molinero, aunque se presentaron excesos de humedad durante parte de la fase reproductiva.

2.6. Variables evaluadas

Los factores considerados para el presente estudio son:

Componentes de productividad:

- Altura de planta (cm)
- Número de ramas por planta
- Número de vainas por planta
- Longitud de vaina (cm)
- Número de granos por vaina

Componentes de rendimiento:

- Rendimiento por planta (gr)
- Rendimiento de grano/ha (kg)
- Índice de cosecha (%)

2.7. Factores de estudio

2.7.1 Factor labranza conservacionista (L)

L0 = labranza cero

L1 = labranza mínima

a. Criterios para la elección de los tipos de labranza

Se seleccionaron únicamente la labranza mínima y la labranza cero porque se buscó comparar dos modalidades contrastantes de labranza conservacionista: una con remoción reducida del suelo y otra sin remoción. La elección también se sustentó en antecedentes revisados que mostraron respuestas favorables de la labranza mínima, por lo que se consideró necesario profundizar su evaluación mediante la comparación directa con la labranza cero.

Rojas y Chávez (2002) y Martins et al. (2021) reportaron mayores rendimientos con labranza mínima en comparación con otros sistemas de labranza. Asimismo, Gálvez (2021) encontró un mayor índice de cosecha (51.02 %) con labranza reducida. Estos antecedentes justifican comparar la labranza mínima y la labranza cero para determinar cuál ofrece mejores resultados en la productividad del frijol en Pampa de Arco.

2.7.2 Factor guano de islas (G)

d0: 0.0 t ha^{-1}

d1: 0.5 t ha^{-1}

d2: 1 t ha^{-1}

d3: 1.5 t ha^{-1}

a. Criterio para la selección de la dosis

De acuerdo con AGRORURAL (2018), el frijol necesita una fertilización aproximada de 100-70-70 kg ha^{-1} de N-P_2O_5-K_2O. Asimismo, para obtener una producción de 1.5 a 2.0 t ha^{-1}, el cultivo absorbe alrededor de 98 kg ha^{-1} de nitrógeno, 41 kg ha^{-1} de fósforo, 78 kg ha^{-1} de potasio, 25 kg ha^{-1} de calcio y 16 kg ha^{-1} de magnesio. En función de estas necesidades nutricionales, AGRORURAL (2018), recomienda aplicar aproximadamente 0.9 t ha^{-1} de guano de islas para cubrir principalmente los requerimientos de nitrógeno, fósforo y parte del potasio.

Tomando dicha recomendación como referencia, se establecieron las dosis de 0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 t ha^{-1}. La dosis de 0.0 t ha^{-1} correspondió al testigo; 0.5 t ha^{-1}, a una dosis inferior; 1.0 t ha^{-1}, a una dosis cercana a la recomendación técnica; y 1.5 t ha^{-1}, a una dosis superior, con la finalidad de evaluar la respuesta progresiva del cultivo.

2.8. Descripción de los tratamientos

Tabla 2.4

Codificación y descripción de los tratamientos

Código	Combinación	Descripción
T1	L0*d0	Labranza cero * 0.0 t ha^{-1} de guano de islas
T2	L0*d1	Labranza cero * 0.5 t ha^{-1} de guano de islas
T3	L0*d2	Labranza cero * 1.0 t ha^{-1} de guano de islas
T4	L0*d3	Labranza cero * 1.5 t ha^{-1} de guano de islas
T5	L1*d0	Labranza mínima * 0.0 t ha^{-1} de guano de islas
T6	L1*d1	Labranza mínima * 0.5 t ha^{-1} de guano de islas
T7	L1*d2	Labranza mínima * 1.0 t ha^{-1} de guano de islas
T8	L1*d3	Labranza mínima * 1.5 t ha^{-1} de guano de islas

2.9. Diseño experimental y análisis estadístico

a. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial de dos tipos de labranza conservacionista y cuatro dosis de guano de islas, con tres repeticiones. La combinación factorial fue de 2L × 4D × 3 bloques, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Yijk = \mu + \beta k + \alpha i + Dj + (\alpha D)ij + \varepsilon ijk$$

Donde:

Yijk : Observación correspondiente al i-ésimo nivel del factor labranza conservacionista, j-ésimo nivel del factor dosis de guano de islas y k-ésimo bloque.

μ : Media general.

βk : Efecto del k-ésimo bloque.

αi : Efecto del i-ésimo nivel del factor labranza conservacionista.

Dj : Efecto del j-ésimo nivel del factor dosis de guano de islas.

(αD)ij : Efecto de la interacción entre labranza conservacionista y dosis de guano de islas.

εijk : Error experimental asociado a la observación del i-ésimo nivel de labranza conservacionista, j-ésimo nivel de dosis de guano de islas y k-ésimo bloque.

Donde: i = 1, 2; j = 1, 2, 3, 4; y k = 1, 2, 3.

b. Justificación del diseño experimental

Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) debido a la variabilidad existente en el terreno experimental. La parcela presentó una pendiente superior al 2 %, diferencias en la profundidad efectiva del suelo y sectores con distintas condiciones físicas; algunas áreas fueron más profundas y sueltas, mientras que otras resultaron más superficiales y compactadas. Estas condiciones podían influir en el crecimiento y rendimiento del cultivo. La conformación de bloques permitió agrupar unidades experimentales homogéneas, controlar la variabilidad del terreno, reducir el error experimental y mejorar la precisión en la comparación de los efectos de la labranza y las dosis de guano de islas.

2.10. Características del campo experimental

Las medidas de los bloques, el área experimental, la parcela y la densidad de siembra se presentan detalladamente en la tabla 2.5.

Tabla 2.5

Descripción y unidad de medida de la parcela experimental

Descripción	Unidad	Medida
Medidas de los bloques		
Número de bloques	unidades	3
Número de parcelas por bloque	unidades	8
Largo de cada bloque	m	20
Ancho de cada bloque	m	1.80
Área de cada bloque	m^2	36
Campo experimental		
Largo del campo experimental	m	20
Ancho del campo experimental	m	6.40
Área total del campo experimental	m^2	128
Ancho de calle entre bloques	m	0.50
Número total de parcelas	unidades experimentales	24
Parcela experimental		
Largo de la parcela	m	2.50
Ancho de la parcela	m	1.80
Área de la parcela	m^2	4.50
Orientación de la parcela	—	Vertical
Densidad de siembra del frijol		
Ancho entre surcos	m	0.60
Distancia entre golpes	m	0.30
Número de surcos por parcela	unidades	3
Número de surcos por bloque	unidades	24
Número total de surcos	unidades	72
Surco para evaluación	—	Surco central
Número de semillas por golpe	unidades	3

Figura 2.3

Representación gráfica de la distribución y medidas de los bloques experimentales

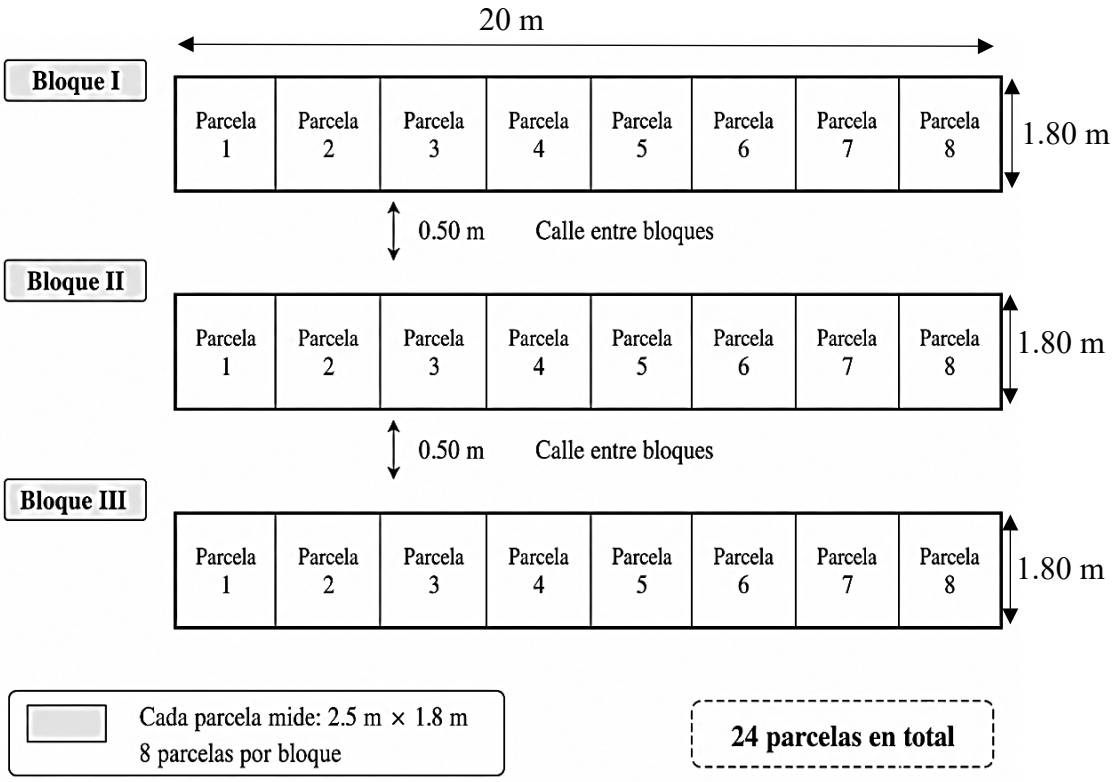


Figura 2.4

Representación gráfica de la unidad experimental

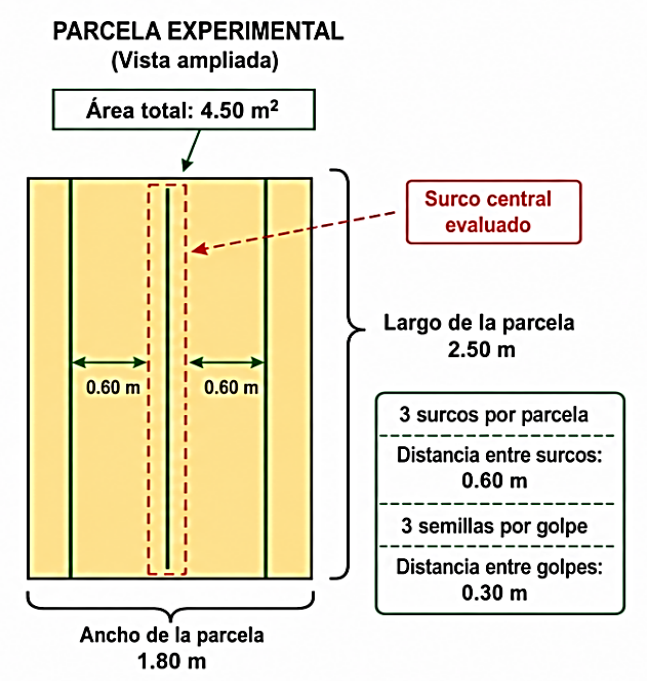


Figura 2.5

Distribución de tratamientos en cada bloque

Bloque I

T8 L1*d3	T6 L1*d1	T3 L0*d2	T4 L0*d3	T7 L1*d2	T2 L0*d1	T5 L1*d0	T1 L0*d0

Bloque II

T1 L0*d0	T5 L1*d0	T8 L1*d3	T2 L0*d1	T6 L1*d1	T7 L1*d2	T3 L0*d2	T4 L0*d3

Bloque III

T7 L1*d2	T4 L0*d3	T1 L0*d0	T6 L1*d1	T3 L0*d2	T5 L1*d0	T8 L1*d3	T2 L0*d1

2.11. Instalación y conducción del terreno

a. Actividades preliminares

Consistieron en la ubicación y limpieza del terreno, con el objetivo de preparar la parcela experimental para la instalación del ensayo. Asimismo, se gestionó la disponibilidad de materiales y herramientas necesarias para la ejecución del trabajo de campo. El guano de islas, utilizado como abono orgánico en los tratamientos, fue adquirido en una tienda comercial de huamanga. Los granos de frijol fueron obtenidos del centro experimental Canaán.

b. Preparación del suelo

La preparación del suelo se realizó el 17 de diciembre de 2024, mediante la limpieza manual del terreno, con la finalidad de eliminar residuos vegetales, piedras y otros materiales que pudieran interferir en la instalación del experimento. Esta labor permitió acondicionar un área uniforme y adecuada para el establecimiento del cultivo. Posteriormente, se efectuó la delimitación de los bloques y parcelas experimentales utilizando estacas y soguillas, de acuerdo con la distribución establecida en el diseño estadístico planteado.

c. Preparación e instalación de los tratamientos

Los tratamientos se instalaron bajo el diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro niveles de guano de islas (0, 0.5, 1.0 y 1.5 t ha^{-1}), distribuidos en tres bloques. El guano fue aplicado manualmente en los surcos y se incorporó de forma uniforme antes de la siembra del frijol. Se respetaron los distanciamientos establecidos y se identificaron correctamente las parcelas para asegurar una adecuada conducción y evaluación del experimento.

d. Siembra

La siembra se realizó de forma manual al inicio de la campaña agrícola 2024-2025, aprovechando las primeras lluvias para favorecer la germinación y el establecimiento del cultivo en campo. Se empleó una densidad de cuatro (4) granos por golpe, manteniendo un distanciamiento de 30 cm entre golpes y 60 cm entre hileras. Esta disposición permitió un desarrollo óptimo de las plantas y facilitó las labores culturales y el manejo agronómico del cultivo de frijol.

e. Riego

El riego se realizó a capacidad de campo inmediatamente después de la siembra, con la finalidad de asegurar una buena germinación del cultivo. Posteriormente, se aprovechó la época de lluvias propia de la campaña agrícola 2024-2025, lo cual permitió complementar las necesidades hídricas del frijol durante su desarrollo.

f. Raleo

Una vez alcanzada la emergencia total de las plantas de frijol, se realizó el raleo, eliminando una plántula por golpe y dejando tres plantas por golpe. Esta práctica se efectuó con el objetivo de asegurar un adecuado espaciamiento intraespecífico y favorecer el óptimo desarrollo vegetativo del cultivo.

g. Deshierbo

El deshierbo se llevó a cabo en dos ocasiones durante el ciclo del cultivo, con el objetivo de evitar la competencia por nutrientes y agua entre las plantas de frijol y las malezas. Además, esta práctica contribuyó a reducir el riesgo de infestación de plagas que pudieran hospedarse en las plantas indeseables.

h. Control fitosanitario

Durante el ciclo del cultivo, la principal plaga que afectó a las plantas de frijol fue *Diabrotica* spp., un insecto de la familia Chrysomelidae, que atacó principalmente las hojas, causando daños y afectando el crecimiento del frijol. Para el control de esta plaga, se aplicó el insecticida comercial "machazo" en dos ocasiones, siguiendo las dosis recomendadas para minimizar el impacto de la plaga sobre el cultivo.

i. Cosecha

La cosecha del frijol se realizó el día 15 de mayo del año 2025, en el momento en que las plantas alcanzaron su madurez fisiológica.

j. Recolección de datos

Para la recolección de datos, se evaluaron variables agronómicas clave como la altura de planta y el rendimiento de grano por hectárea. Los datos fueron registrados directamente en campo y posteriormente organizados en formatos adecuados para su análisis estadístico. La cosecha se realizó por separado en cada parcela experimental, garantizando la no mezcla de tratamientos. Tras la recolección, las muestras de frijol fueron debidamente secadas para proceder con el pesaje y análisis correspondiente.

2.12. Variables evaluadas

a. Altura de la planta (cm):

Para determinar la altura de las plantas, se seleccionaron al azar 10 plantas del surco central de cada parcela experimental. La medición se realizó con un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Los resultados fueron expresados en centímetros (cm).

b. Número de ramas por planta:

La cantidad de ramas se estableció mediante el conteo directo de las ramificaciones de 10 plantas elegidas aleatoriamente en el surco central de cada unidad experimental. Los datos obtenidos se expresaron en número de ramas por planta (N.° de ramas/planta).

c. Número de vainas por planta:

El número de vainas por planta se estableció mediante el conteo directo de las vainas formadas en 10 plantas elegidas aleatoriamente del surco central de cada unidad experimental. Los datos registrados se expresaron en cantidad de vainas por planta (N.° de vainas/planta).

d. Longitud de vaina (cm):

La longitud de las vainas se evaluó midiendo las vainas recolectadas de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente del surco central de cada unidad experimental, empleando un vernier. Las mediciones obtenidas se registraron en centímetros (cm).

e. Número de granos por vaina:

La cantidad de granos por vaina se evaluó mediante el conteo directo de los granos contenidos en las vainas recolectadas de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente del surco central de cada unidad experimental. Los datos obtenidos se expresaron en número de granos por vaina (N.° de granos/vaina).

f. Rendimiento por planta (g/planta):

El rendimiento por planta se evaluó mediante el pesaje de los granos secos provenientes de las vainas cosechadas y trilladas de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente del surco central de cada unidad experimental. Para ello, se utilizó una balanza analítica y los valores obtenidos se expresaron en gramos por planta (g/planta).

g. Rendimiento de frijol (kg ha^{-1}):

El rendimiento por hectárea se obtuvo pesando los granos trillados provenientes de las vainas cosechadas de cada parcela. Este pesaje también se realizó con una balanza analítica y los resultados se expresaron en kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}).

h. Índice de cosecha (%):

El índice de cosecha se determinó considerando el rendimiento biológico, correspondiente al peso seco total de la planta (raíz, follaje y granos), y el rendimiento agronómico, representado por el peso seco de los granos. Para su cálculo, se aplicó la fórmula respectiva.

$$IC = \frac{RA}{RB} X100$$

IC: Índice de cosecha

RA: Rendimiento agronómico (peso del grano comercial)

RB: Rendimiento biológico (peso total de la planta, incluyendo raíz, follaje y grano).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de la planta

Tabla 3.1

Análisis de varianza de altura de planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

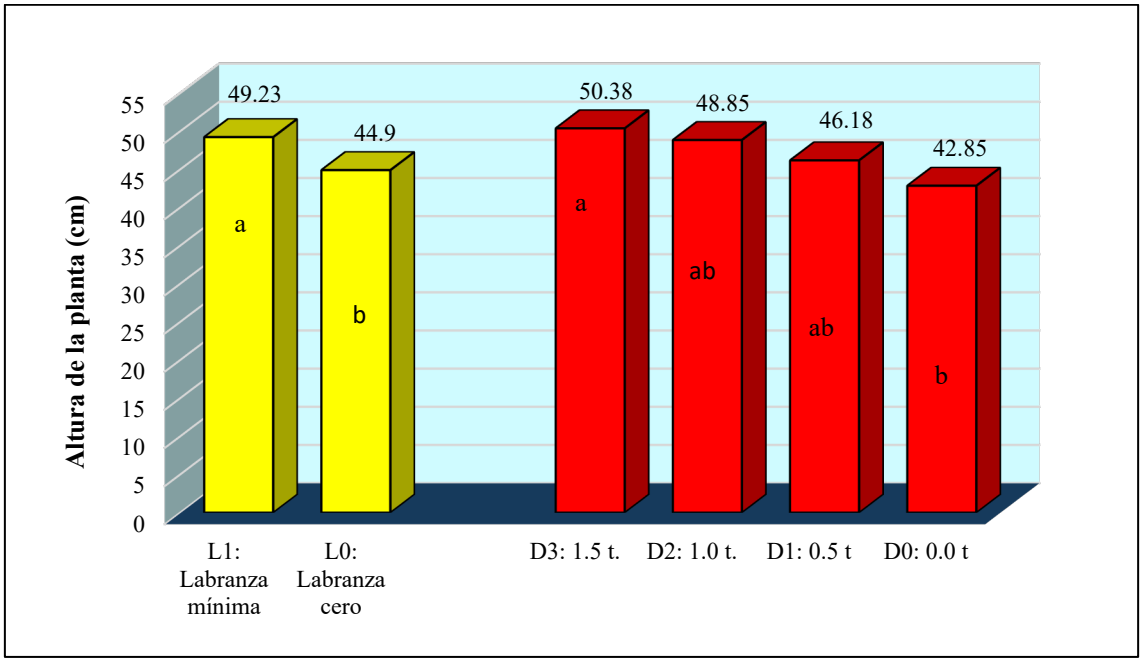
F. V	S.C	G. L	C.M	F	P-valor
Bloque	2106.08	2	1053.04	71.59	0.0001**
Labranza (L)	112.67	1	112.67	7.66	0.0151*
G. islas (G)	196.45	3	65.48	4.45	0.02140*
Inter (L x G)	52.07	3	17.36	1.18	0.3528ns
Error	205.93	14	14.71		
Total	2673.19	23			

C.V. (%): 8.15

En la Tabla 3.1, el análisis de varianza mostró significancia estadística en la labranza conservacionista y dosis de guano de islas. Por el contrario, en la interacción labranza por guano de islas (L x G), resulto no ser significativo. Esto indica que la labranza conservacionista y guano de islas influyeron de manera independiente en la altura de la planta de frijol, mas no combinada. Por tanto, se procede al análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 8.15%, lo que demuestra una alta homogeneidad y baja dispersión en los datos.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de altura de planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas



Según la prueba de Tukey en la Figura 3.1, la labranza mínima alcanzó el mayor promedio de altura de planta con 49.23 cm, superando estadísticamente a la labranza cero, que registró 44.90 cm. Asimismo, en cuanto a las dosis de guano de islas, el mayor promedio se obtuvo con la aplicación de 1.5 t ha^{-1}, con 50.38 cm de altura de planta, ubicándose en el grupo estadístico superior. Las dosis de 1.0 t ha^{-1} y 0.5 t ha^{-1} presentaron comportamientos intermedios, con 48.85 y 46.18 cm, respectivamente, mientras que la dosis de 0.0 t ha^{-1} registró el menor promedio de altura, con 42.85 cm.

Estos resultados demuestran que la labranza mínima favoreció una mayor altura de planta en comparación con la labranza cero, asimismo, se observó una respuesta positiva al incrementar la dosis de guano de islas (1.5 t ha^{-1}). En consecuencia, la dosis de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas, permitió obtener plantas de mayor altura, posiblemente debido a una mejor disponibilidad de nutrientes y a mejores condiciones físicas del suelo para el desarrollo radicular y vegetativo del cultivo.

Los resultados evidencian un incremento progresivo en la altura de las plantas conforme se elevan las dosis de guano de islas aplicadas. Esta tendencia coincide con lo reportado por Centeno (2024) en el distrito de Pichari, quien evaluó cinco niveles de

guano de islas en el cultivo de frijol castilla y obtuvo la mayor altura (85.67 cm) con la dosis de 2.5 t ha^{-1}, seguida de 2 t ha^{-1} (85.07 cm), 1.5 t ha^{-1} (81.33 cm), 1 t ha^{-1} (75.2 cm), 0.5 t ha^{-1} (74.93 cm) y el tratamiento testigo (74.47 cm). De igual manera, Urribarri (2022) encontró una respuesta favorable en el crecimiento del frijol al incrementar las cantidades de guano de islas, alcanzando una altura máxima de 53.3 cm con la aplicación de 3.0 t ha^{-1}.

Para el cultivo de frijol, en el presente estudio la altura de planta alcanzó un valor máximo de 54.80 cm, resultado ligeramente superior al reportado por Cabero (2023), quien registró una altura promedio de 54.76 cm bajo la aplicación de ácidos húmicos y fertilizante en el cultivo del frijol caraota. Sin embargo, Villalobos et al. (2016) reportaron alturas superiores, alcanzando un máximo de 67.40 cm en variedades de frijol negro cultivadas bajo un sistema de labranza mínima.

3.2. Número de ramas por planta

Tabla 3.2

Análisis de varianza del número de ramas por planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F. V	S.C	G. L	C.M	F	P-valor
Bloque	3.07	2	1.53	7.89	0.0051 **
Labranza (L)	0.13	1	0.13	0.69	0.4186 ns
G. islas (G)	0.62	3	0.21	1.06	0.3971 ns
Inter (L x G)	0.38	3	0.13	0.65	0.5966 ns
Error	2.72	14	0.19		
Total	6.92	23			

CV (%): 9.57

En la Tabla 3.2 se observa que ninguna de las fuentes de variación presentó diferencias estadísticamente significativas. Esto demuestra que los sistemas de labranza conservacionista y las dosis de guano de islas, tanto por separado como en interacción, no tuvieron un efecto significativo sobre el número de ramas por planta. Asimismo, el coeficiente de variación fue de 9.57 %, indicando una baja variabilidad experimental y una adecuada precisión de los resultados.

La ausencia de diferencias significativas en el número de ramas por planta indica que esta variable no respondió de manera marcada a las dosis de guano de islas ni al tipo de labranza conservacionista. Este comportamiento puede deberse a que la emisión de ramas en el frijol está influenciada principalmente por características genéticas de la variedad, además de factores ambientales como disponibilidad de luz, densidad de plantas, humedad del suelo y competencia intraespecífica.

En este sentido, Vidal et al. (2006) señalaron que algunos caracteres agronómicos del frijol presentan una variabilidad reducida debido a la estrecha relación genética existente entre los materiales evaluados. Está limitada diversidad genética restringe la expresión de diferencias significativas entre los genotipos, aun cuando se implementen distintas prácticas de manejo agronómico o se modifique la disponibilidad de nutrientes en el suelo. En consecuencia, la respuesta de ciertos caracteres de crecimiento y desarrollo puede ser menos evidente, ya que el componente genético ejerce una influencia importante sobre su expresión fenotípica.

3.3. Número de vainas por planta

Tabla 3.3

Análisis de varianza del número de vaina por planta de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F. V	S.C	G. L	C.M	F	P-valor
Bloque	1380.22	2	690.11	52.29	<0.0001 **
Labranza (L)	65.34	1	65.34	4.95	0.0430 *
G. islas (G)	285.35	3	95.12	7.21	0.0037 **
Inter (L x G)	30.48	3	10.16	0.77	0.5299 ns
Error	184.78	14	13.20		
Total	1946.17	23			

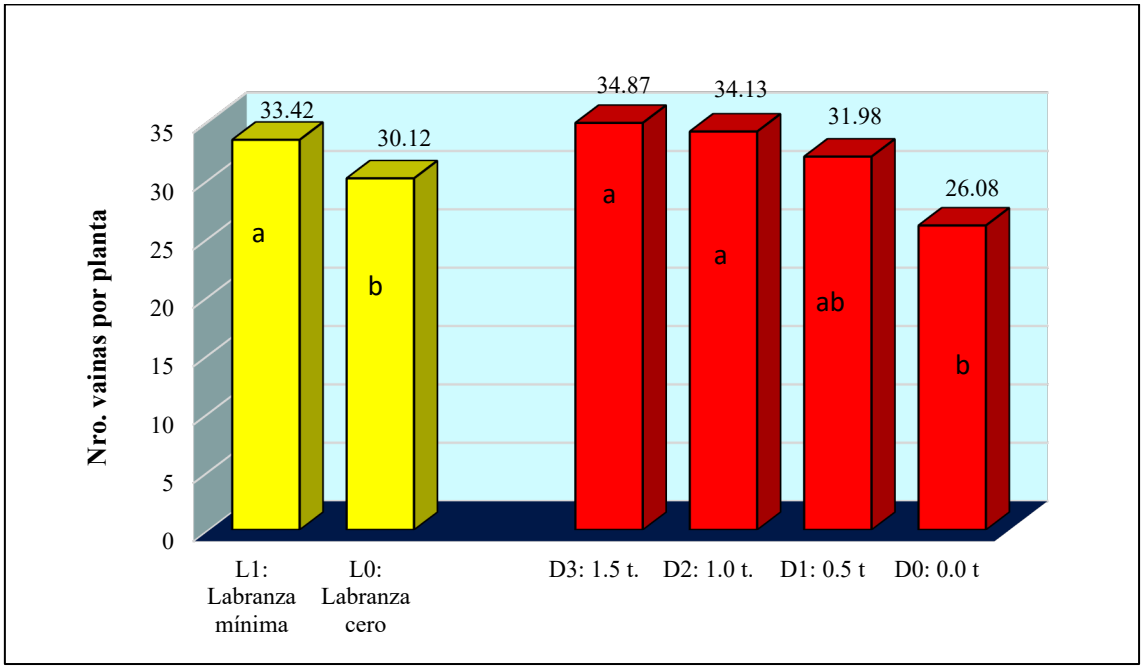
CV (%): 11.44

En la Tabla 3.3, el análisis de varianza evidenció significación estadística en la labranza conservacionista y altamente significativa para la dosis de guano de islas; no obstante, la interacción (L × G), no fue significativa. Esto indica que la labranza conservacionista y el guano de islas independientemente tienen efecto, mas no de manera combinada en el número de vainas por planta de frijol, por esta razón, se realiza el análisis

de los efectos principales de cada factor. Por otro lado, el coeficiente de variación fue de 11.44%, indicando una alta precisión experimental.

Figura 3.2

Prueba de Tukey del número de vainas por planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas



De acuerdo con la prueba de Tukey presentada en la Figura 3.2, la branza mínima alcanzó el mayor promedio con 33.42 vaina por planta superando estadísticamente a la labranza cero, que registró 30.12 vainas por planta. Asimismo, para las dosis de guano de islas, los altos promedios se registraron con la aplicación de 1.5 t ha^{-1} y 1.0 t ha^{-1} de guano de islas, con 34.87 y 34.13 vainas por planta, sin diferencias estadísticas entre ambas, la dosis de 0.5 t ha^{-1} que presentó el comportamiento intermedio, con 31.98 vainas por planta, mientras que la dosis de 0.0 t ha^{-1} obtuvo el menor promedio, con 26.08 vainas por planta.

Estos resultados demuestran que la labranza mínima favoreció el número de vainas por planta en comparación con la labranza cero, asimismo, se observó una respuesta positiva al incrementar la dosis de guano de islas (1.5 t ha^{-1}). En consecuencia, la labranza mínima y la dosis de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas, permitió obtener plantas con un mayor número de vainas, este comportamiento podría atribuirse a la mejora de las

condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que incremento la porosidad, la infiltración y retención de agua para el desarrollo radicular y la disponibilidad de nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo de la planta.

Los resultados obtenidos en este trabajo demostraron que el sistema de labranza mínima propicio un mayor número de vainas por planta en comparación con la labranza cero. Esta resultado concuerda con lo reportado con Escajadillo (2023), quien realizó una investigación en la misma parcela de "Pampa de Arco" con la aplicación de *Rhizobium* y dos sistemas de labranza conservacionista (mínima y cero) en el cultivo de arveja. Bajo el sistema de labranza mínima, obtuvo 9.43 vainas por planta, en comparación con la labranza cero, con 7.93 vainas por planta.

Con respecto al número de vaina por planta, se observó una tendencia creciente en relación con el incremento de la dosis de guano de islas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Moisés (2017), en el Centro Experimental de Canaán, quien empleo dosis de guano de islas y densidad de plantas en el rendimiento de vaina verde de arveja, registro 30.1, 28.3, 26.4 y 24.4 vainas para las dosis de 2; 1.5; 1 y 0.5 t ha^{-1} de guano de islas, frente a 22.5 vainas obtenidas en el testigo. Asimismo, estos resultados coinciden a lo señalado por Falcón y Lorenzo (2019), quienes encontraron mayores resultados, 18.93 y 16.95 vainas por planta, con las aplicación de 0.5 y 0.4 t ha^{-1} de guano en el vainita, destacando de este modo un mejor comportamiento productivo con los niveles óptimos niveles de abonamiento orgánico.

El valor máximo de vainas por planta alcanzado en la presente investigación fue de 38.40, resultado que superó lo señalado por Cabero (2023), quien obtuvo un promedio de 21.71 vainas mediante la aplicación de ácidos húmicos y fertilizantes en el cultivo de frijol caraota. Asimismo, Villar (2025), al estudiar dos cultivares de grano negro utilizando nitrógeno, inoculante y fertilización de fondo con NPK, registró 32.8 vainas por planta. En contraste, Najarro (2025) reportó un promedio superior de 78.7 vainas por planta en su investigación sobre la aplicación de microorganismos y abonos orgánicos en tres variedades de frijol negro.

3.4. Longitud de vainas

Tabla 3.4

Análisis de varianza de longitud de vaina de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F.V.	S.C	G.L	C.M	F	p-valor
Bloque	0.54	2	0.27	5.87	0.0141 *
Labranza (L)	0.03	1	0.03	0.62	0.4448 ns
G. islas (G)	0.22	3	0.07	1.58	0.2391 ns
Inter (L x G)	0.03	3	0.01	0.23	0.8707 ns
Error	0.65	14	0.05		
Total	1.48	23			

CV: 2.42%

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3.4, el análisis de varianza evidenció que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los sistemas de labranza conservacionista, las dosis de guano de islas ni en la interacción de ambos factores (L × G). Estos resultados indican que la aplicación individual o conjunta de los tratamientos evaluados no generó efectos estadísticamente significativos sobre esta característica. Por otra parte, el coeficiente de variación alcanzó un valor de 2.42 %, lo cual demuestra una baja dispersión de los datos experimentales y una adecuada precisión en las mediciones realizadas.

La longitud de vaina se obtuvo en este trabajo un promedio 9.08 cm. Este resultado fue inferior al reportado por López (2009), quien registró una longitud promedio de 10.40 cm utilizando humus de lombriz y estiércol de vacuno en el cultivo de caraota. De igual manera, Pareja (2011) observó una longitud promedio de 9.80 cm bajo diferentes dosis de guano de islas en el cultivo de caraota, mientras que Romero (2015) reportó una longitud de 11.30 cm con dos análogos de brasinoesteroides en frijol negro.

El menor promedio de longitud de vaina podría atribuirse principalmente al carácter genético de la variedad Caraota Molinero, debido a que esta variable presenta una fuerte influencia varietal. Asimismo, pudo estar condicionada por la liberación

gradual de nutrientes del guano de islas y por las características químicas del suelo, como su elevada alcalinidad y baja disponibilidad de materia orgánica y fósforo. Estas condiciones habrían limitado parcialmente la respuesta de la planta durante la formación y elongación de las vainas. En consecuencia, la longitud de vaina estaría determinada por la interacción entre el potencial genético de la variedad, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones edafoclimáticas, lo que explicaría la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

3.5. Número de granos por vaina

Tabla 3.5

Análisis de varianza del número de granos por vaina de frijol, bajo el efecto de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F.V.	SC	G.L	CM	F	p-valor
Bloque	0.21	2	0.11	4.53	0.0303 *
Labranza	0.03	1	0.03	1.38	0.2592 ns
G. Islas (G)	0.1	3	0.03	1.47	0.2648 ns
Labranza*G. de Isla	0.02	3	0.01	0.22	0.8789 ns
Error	0.33	14	0.02		
Total	0.69	23			

CV: 2.55 %

Según el análisis de varianza presentados en la Tabla 3.5, los factores de labranza conservacionista y las dosis de guano de islas no mostraron diferencias estadísticas significativas como también, la interacción entre ambos factores (L × G). Esto demuestra que, los tratamientos aplicados, tanto de forma independiente como en combinación, no ocasionaron variaciones estadísticamente significativas. Asimismo, se obtuvo un coeficiente de variación de 2.55 %, valor que evidencia una escasa variabilidad de los datos y una alta precisión experimental.

El número de granos por vaina en esta investigación, alcanzó un valor de 6.16 granos, siendo inferior a los reportados por otros autores. López (2009) obtuvo un valor de 6.2 granos por vaina mediante la aplicación de humus de lombriz y estiércol de vacuno en el cultivo de frijol caraota.

De igual manera, Najarro (2025) registró 6.6 granos por vaina, mientras que Rodríguez et al. (2014) reportaron 6.4 granos por vaina en siembras realizadas en diferentes fechas durante la campaña otoño-invierno en el cultivo de frijol negro.

El menor promedio de número de granos por vaina obtenido en la presente investigación podría atribuirse principalmente al carácter genético de la variedad Caraota Molinero, debido a que esta variable está estrechamente relacionada con el potencial reproductivo varietal. Asimismo, pudo estar influido por el tipo de abono orgánico utilizado, ya que el guano de islas libera sus nutrientes de manera gradual y su disponibilidad depende de los procesos de mineralización y de las condiciones del suelo. Además, la elevada alcalinidad y la baja disponibilidad de fósforo pudieron limitar parcialmente la absorción de nutrientes durante la floración, fecundación y formación de granos. En consecuencia, esta variable habría respondido principalmente al componente genético, al comportamiento nutricional del abono orgánico y a las condiciones edafoclimáticas, lo que explicaría la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

3.6. Rendimiento de grano por planta (g/planta)

Tabla 3.6

Análisis de varianza del rendimiento de grano por planta de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F. V	S.C	G. L	C.M	F	P-valor
Bloque	199.69	2	99.85	33.2	<0.0001 **
Labranza (L)	14.88	1	14.88	4.95	0.0431 *
G. islas (G)	60.32	3	20.11	6.69	0.005 **
Inter (L x G)	5.73	3	1.91	0.64	0.6043 ns
Error	42.1	14	3.01		
Total	322.74	23			

CV (%): 8.09

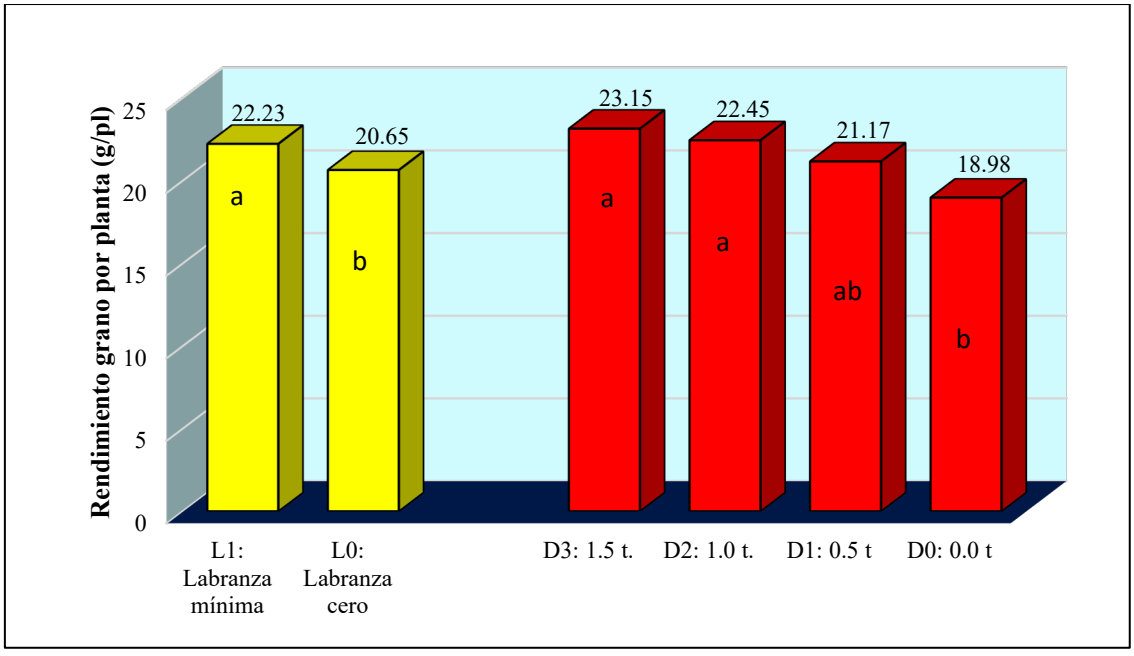
En la Tabla 3.6, el análisis de varianza mostró alta significación estadística para las dosis de guano de islas. Asimismo, el factor labranza conservacionista presentó significancia estadística. Por el contrario, la interacción entre labranza y guano de islas

(L × G) no mostró diferencias significativas. Esto indica que la labranza conservacionista y las dosis de guano de islas influyeron de manera independiente en el rendimiento de grano seco por planta de frijol, mas no combinada. Por lo que se procede a realizar el análisis de los efectos principales. El coeficiente de variación fue de 8.09%, lo que refleja una variabilidad experimental muy baja y una buena precisión en los resultados obtenidos.

De acuerdo a la prueba de Tukey en la Figura 3.3, la labranza mínima alcanzó el mayor promedio de rendimiento de grano seco por planta, con 22.23 g/planta, superando estadísticamente a la labranza cero, que registró 20.65 g/planta. Asimismo, para las dosis de guano de islas, los mayores promedios se lograron con la aplicación de 1.5 t ha^{-1} y 1.0 t ha^{-1}, con 23.15 y 22.45 g/planta, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ambas. La dosis de 0.5 t ha^{-1} presentó un comportamiento intermedio, con 21.17 g/planta, mientras que la dosis de 0.0 t ha^{-1} obtuvo el menor promedio, con 18.98 g/planta

Figura 3.3

Prueba de Tukey (α = 0.05) de rendimiento de grano seco por planta de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas



Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la labranza mínima presentó un mejor comportamiento con respecto a la labranza cero. De igual manera, se observó una tendencia favorable conforme se incrementó la cantidad de guano de islas, alcanzando

mejores resultados con 1.5 t ha^{-1}. La combinación de labranza mínima y esta dosis de abono orgánico habría contribuido a generar condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo. La labranza mínima y el aporte de guano de islas pudieron mejorar la estructura, porosidad y humedad del suelo, reduciendo la compactación y favoreciendo el desarrollo radicular. Asimismo, el abono orgánico aportó materia orgánica y nutrientes esenciales (N, P y K), contribuyendo a una mejor disponibilidad de nutrientes y nutrición del cultivo.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Falcón y Lorenzo (2019), quien encontró una tendencia creciente en el rendimiento de vainita con la aplicación de guano de islas. Aunque dicho estudio se realizó vainas verdes en vainita, los hallazgos coinciden con la tendencia observada en el presente trabajo, donde la fertilización con guano de islas favoreció el rendimiento individual de las plantas.

El rendimiento por planta alcanzado en esta investigación fue mayor al obtenido por Cabero (2023), quien reportó 17.14 g por planta en el cultivo de frijol caraota mediante la aplicación de ácidos húmicos y fertilizantes.

3.7. Rendimiento de grano seco de frijol (kg ha^{-1})

Tabla 3.7

Análisis de varianza del rendimiento de grano seco de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F.V.	S.C	G. L	C.M	F	p-valor
Bloque	5555951.98	2	2777975.99	33.51	<0.0001 **
Tratamiento	2245264.43	7	320752.06	3.87	0.0150 *
Labranza (L)	409927.48	1	409927.48	4.95	0.0431 *
G. islas (G)	1673460.46	3	557820.15	6.73	0.0049 **
Inter (L x G)	161876.48	3	53958.83	0.65	0.5954 ns
Error	1160445.67	14	82888.98		
Total	8961662.07	23			

CV: 8.06%

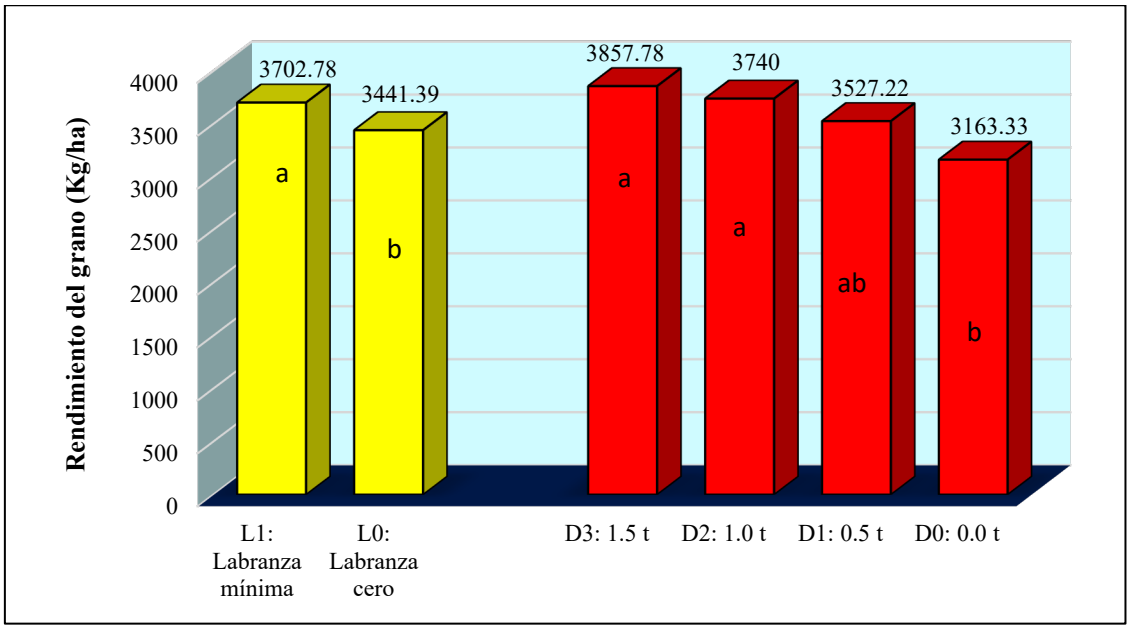
De acuerdo con el análisis de varianza presentado en la Tabla 3.7, el rendimiento de grano seco de frijol mostró diferencias altamente significativas para las dosis de guano

de islas y diferencias significativas para el factor labranza conservacionista. Sin embargo, la interacción entre ambos factores (L × G) no presentó significancia estadística. Estos resultados indican que cada factor ejerció un efecto independiente sobre el rendimiento, por lo que corresponde analizar sus efectos principales. Asimismo, el coeficiente de variación fue de 8.06 %, lo que refleja una adecuada precisión experimental y una baja dispersión de los datos.

Los resultados de la prueba de Tukey (Figura 3.4) muestran que la labranza mínima obtuvo el mayor rendimiento de grano, con 3702.78 kg ha^{-1}, superando estadísticamente a la labranza cero, que alcanzó 3441.39 kg ha^{-1}. Respecto a las dosis de guano de islas, los valores más altos correspondieron a 1.5 y 1.0 t ha^{-1}, con rendimientos de 3857.78 y 3740.00 kg ha^{-1}, respectivamente, sin diferencias significativas entre ambos tratamientos. Por su parte, la dosis de 0.5 t ha^{-1} registró un rendimiento intermedio de 3527.22 kg ha^{-1}, mientras que el tratamiento sin aplicación de guano presentó el menor valor, con 3163.33 kg ha^{-1}.

Figura 3.4

Prueba de Tukey de rendimiento de grano de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas



Estos resultados demuestran que la labranza mínima favoreció el rendimiento en comparación con la labranza cero; asimismo, se observó una respuesta positiva al

incrementar la dosis de guano de islas (1.5 t ha^{-1}). la labranza mínima y la aplicación de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas permitió obtener mayores rendimientos, debido a la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas. La práctica de labranza mínima mejora condiciones físicas del suelo, tales como menor compactación, mayor aireación, mejor infiltración de agua y mejor desarrollo radicular. Estas condiciones favorecen las exploraciones de las raíces y el aprovechamiento más eficiente del agua y nutrientes disponibles del suelo. Por otro lado, la aplicación de guano de islas contribuyo al incremento del rendimiento debido a su aporte de nutrientes esenciales para crecimiento y desarrollo del cultivo, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, las cuales participan en la formación de vainas y el llenado de granos.

La preparación del suelo mediante la labranza, junto con otras prácticas complementarias de manejo, permite recuperar de manera significativa y en un período relativamente corto las áreas que presentan algún grado de degradación. Esta práctica favorece la formación de un lecho de siembra adecuado para el establecimiento del cultivo y contribuye a corregir diversas limitaciones físicas del suelo que pueden restringir la productividad agrícola. Entre estas limitaciones se encuentran la compactación, la formación de costras superficiales, la baja infiltración de agua y otros factores que afectan el desarrollo normal de las plantas y la sostenibilidad de la producción de los cultivos. (Homer & Casanova, 2011)

Los resultados evidenciaron que la labranza mínima permitió alcanzar un mayor rendimiento en comparación con la labranza cero. Estos resultados guardan relación con lo señalado por Rojas y Chávez (2002) en Costa Rica, quienes, al evaluar dos sistemas de labranza en el cultivo de frijol variedad Brunca, obtuvieron 930 kg ha^{-1} con labranza mínima y 676 kg ha^{-1} con labranza convencional. De manera similar, Martins et al. (2021), en Brasil, al estudiar tres sistemas de labranza en frijol, reportaron rendimientos de 3543.61 kg ha^{-1} con labranza cero, 3605.05 kg ha^{-1} con labranza mínima y 3980.90 kg ha^{-1} con labranza convencional, mostrando diferencias en el rendimiento según el sistema de labranza empleado.

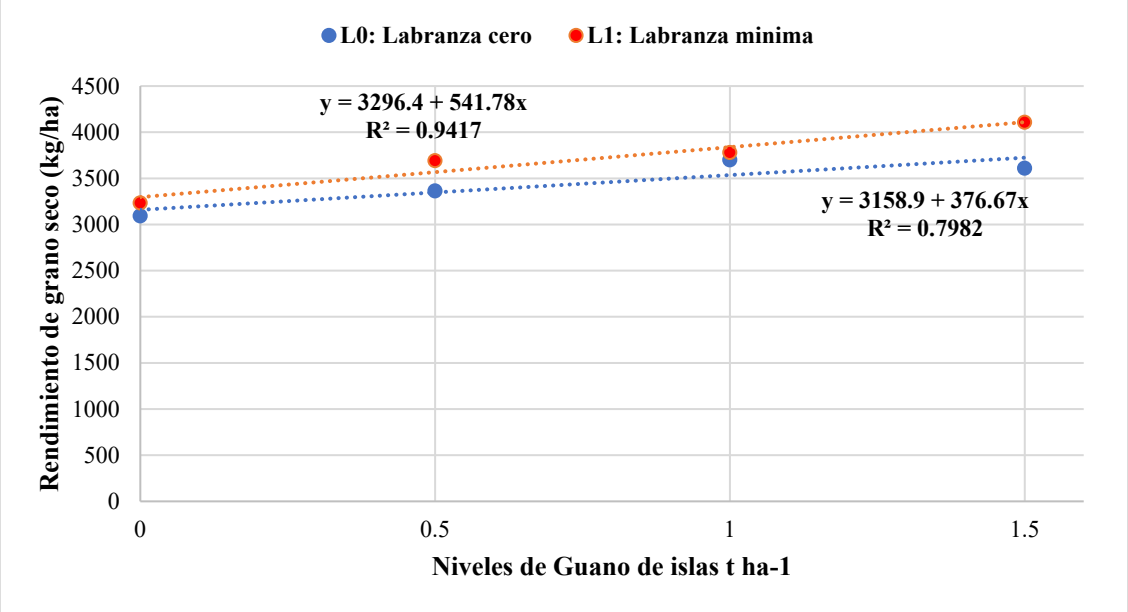
Asimismo, estos hallazgos concuerdan con Urribarri (2022), quien señaló que el aumento de las dosis de guano de islas favoreció el rendimiento del cultivo. En su investigación, las dosis de 2.0 y 3.0 t ha^{-1} permitieron obtener 3024.7 y 3043.4 kg ha^{-1},

respectivamente. De igual manera, Centeno (2024) reportó los mayores rendimientos en frijol castilla con la aplicación de 2.5 y 2.0 t ha^{-1} de guano de islas, alcanzando 2689.67 y 2675.67 kg ha^{-1}, respectivamente. A pesar de las diferencias en la especie cultivada y las condiciones edafoclimáticas, ambos estudios evidencian una respuesta favorable del rendimiento ante la aplicación de este abono orgánico.

En la presente investigación, el cultivo de frijol caraota (grano negro) alcanzó un rendimiento de 4106.67 kg ha^{-1}, superando lo obtenido por Villar (2025), quien reportó 3635.95 kg ha^{-1} al evaluar dos cultivares de frijol negro con aplicación de nitrógeno, inoculante y fertilización de fondo NPK. En cambio, Najarro (2025) registró un rendimiento mayor, de 5527.7 kg ha^{-1}, al estudiar el efecto de microorganismos y abonos orgánicos en tres variedades de frijol negro.

Figura 3.5

Modelo de regresión lineal del rendimiento de grano seco de frijol



En la Figura 3.5 se muestra la tendencia del rendimiento de grano seco (kg ha^{-1}) según la dosis de guano de islas, bajo dos tipos de labranza. Para el caso de la labranza mínima (y = 541.78x + 3296.4) Por cada tonelada adicional de guano de islas por hectárea, el rendimiento aumenta en 541.78 kg ha^{-1}. Por otro lado, en la labranza cero (y = 376.67x + 3158.9) el rendimiento aumenta solo 376.67 kg ha^{-1} por cada tonelada adicional. En ambos sistemas, la regresión es lineal y ascendente, lo que indica que el

rendimiento aumenta a medida que se incrementa la dosis del guano de islas. Además, los valores de R^2 indican (labranza mínima 0.9417 y labranza cero 0.7982) Indican que el 94.17% y el 79.82% de la variabilidad del rendimiento se explican por las dosis de guano de islas aplicado. esto evidencia la confiabilidad de los modelos y resalta que la labranza mínima potencia la respuesta del cultivo frente al uso de guano de islas.

El uso de guano de islas mostró un impacto lineal positivo en el frijol. A partir del rendimiento mínimo de 1984.89 kg ha^{-1} en el testigo (T7), la producción aumentó 0.9917 kg ha^{-1} por cada 250 kg ha^{-1} de abono. El rendimiento máximo promedio alcanzó los 3010 kg ha^{-1} en el tratamiento T4 (1000 kg ha^{-1} de fertilizante), demostrando que la productividad se eleva de forma proporcional a la dosis aplicada (Pareja, 2011).

3.8. Índice de cosecha

Tabla 3.8

Análisis de varianza del índice de cosecha de frijol, bajo los efectos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas

F. V	S.C	G. L	C.M	F	P-valor
Bloque	84.2	2	42.1	23.62	<0.0001 **
Labranza (L)	22.23	1	22.23	12.48	0.0033 **
G. islas (G)	64.25	3	21.42	12.02	0.0004 **
Inter (L x G)	9.27	3	3.09	1.73	0.2057 ns
Error	24.95	14	1.78		
Total	204.91	23			

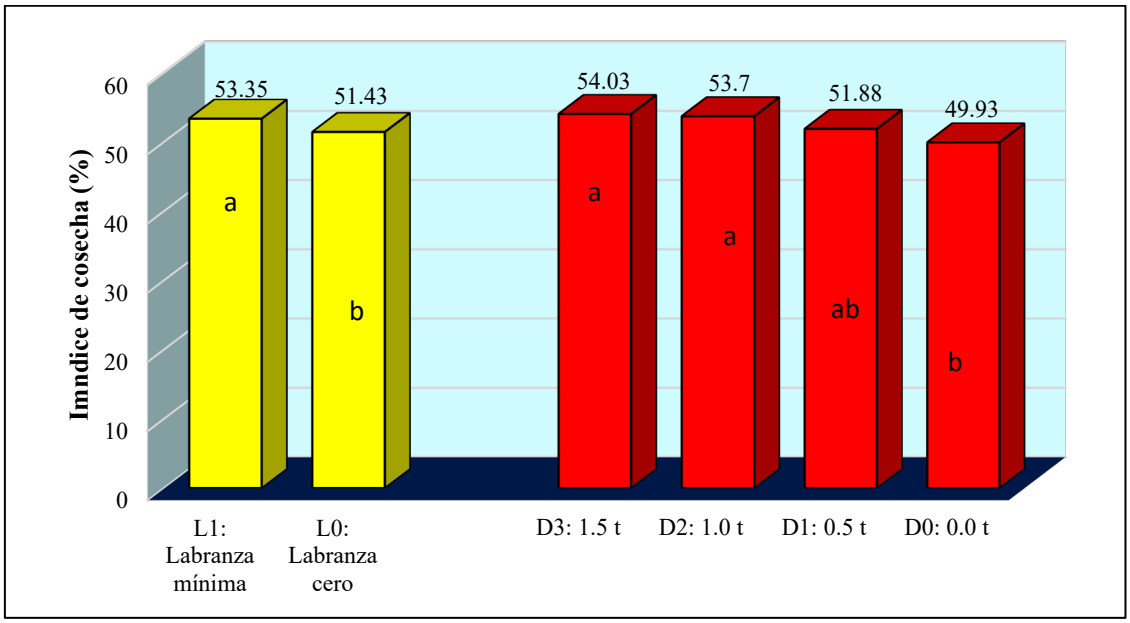
CV (%):2.55

Según el análisis de varianza presentado en la Tabla 3.8, el índice de cosecha del frijol presentó diferencias altamente significativas para los factores de labranza conservacionista y dosis de guano de islas. Sin embargo, la interacción entre ambos factores (L × G) no mostró significancia estadística, lo que evidencia que sus efectos se manifestaron de forma independiente y no conjunta. Por esta razón, se procede a evaluar los efectos principales de cada factor. Asimismo, el coeficiente de variación fue de 2.55 %, indicando una baja dispersión de los datos y una adecuada precisión experimental.

De acuerdo a la prueba de Tukey en la Figura 3.6, para los tipos de labranza conservacionista, la labranza mínima alcanzó el mayor promedio de índice de cosecha, con 53.35%, superando estadísticamente a la labranza cero, que registró 51.43%. Asimismo, para las dosis de guano de islas, los mayores promedios se obtuvieron con la aplicación de 1.5 t ha^{-1} y 1.0 t ha^{-1}, con 54.03% y 53.70%, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ambas. La dosis de 0.5 t ha^{-1} presentó un comportamiento intermedio, con 51.88%, mientras que la dosis de 0.0 t ha^{-1} obtuvo el menor promedio, con 49.93%.

Figura 3.6

Prueba de Tukey (α = 0.05) de índice de cosecha de frijol, bajo los efectos principales de labranza conservacionista y dosis de guano de islas



Con el incremento de la dosis de guano de islas se obtuvo un mayor índice de cosecha, demostrando una relación directamente proporcional entre ambas variables. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Centeno (2024), quien evaluó niveles de guano de islas en frijol castilla, donde las dosis de 2.5 y 2.0 t ha^{-1} de guano de islas, se registraron índices de cosecha de cosecha del 44.4 y 44 % respectivamente.

Bajo el sistema de la labranza mínima se obtuvo 53.35 %, valor superior al de la labranza cero 51.43%. Estos resultados coinciden con lo reportado por Escajadillo

(2023), quien registró 52.50% en labranza mínima y un 50.65 %. en la labranza cero al inocular el cultivo de arveja con *Rhizobium.*

En el presente estudio, el cultivo de frijol alcanzó un índice de cosecha de 56.06 %, superando el valor obtenido por Villar (2025), quien reportó un 52.00 % al evaluar dos cultivares de frijol negro mediante la aplicación de nitrógeno, inoculante y fertilización de fondo con NPK.

CONCLUSIONES

1. En cuanto a las variables vegetativas y componentes de productividad, el tratamiento de labranza mínima destacó con una altura de planta de 49.23 cm, un promedio de 33.42 vainas por planta y un índice de cosecha del 53.35 %. Por su parte, la dosis de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas registró los valores más elevados, alcanzando 50.38 cm de altura, 34.87 vainas por planta y 54.03 % de índice de cosecha.

2. En relación con el rendimiento del cultivo, la labranza mínima obtuvo las cifras más altas con 22.23 g/planta y 3702.78 kg ha^{-1}. Un comportamiento similar se observó con la aplicación de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas, dosis que reportó la mayor productividad con 23.15 g/planta y 3857.78 kg ha^{-1}.

RECOMENDACIONES

1. Emplear la práctica de labranza mínima en la producción de frijol

2. Emplear la dosis de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas en la producción de frijol

3. Emplear la labranza mínima, en conjunto con la dosis de 1.5 t ha^{-1} de guano de islas en la producción del frijol

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRORURAL. (2018). *MANUAL DE ABONAMIENTO CON GUANO DE LAS ISLAS*. https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I..pdf

Alvarez, S. S., & Estrella, A. H. (2015). El frijol en la era genómica. *Revista digital universitaria*, *16*(2). http://www.revista.unam.mx/ojs/index.php/rdu/article/view/372

La Dirección Regional de Agricultura de Piura y Asociación de Productores Agropecuarios del Distrito de Morropón - ASPROMOR. (2012). *Manual de cultivo de frijol caupi*. https://www.academia.edu/36670560/Manual_de_cultivo_de_frijol_caupi

Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R., Chamen, W. C. T., Reicosky, D. C., Ribeiro, M. F. S., Justice, S. E., & Hobbs, P. R. (2007). *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación*. https://openknowledge.fao.org/items/32396436-ad80-44c1-845e-2c60240716c0

Cabero, R. W. (2023). *Influencia de los Ácidos Humicos en la fenología del frijol caraota (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de Barranca* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de Barrancaa. https://repositorio.unab.edu.pe/item/8679ee4c-4674-4484-9b62-737d61828898

Cámara de comercio Bogotá. (2015). *Manual Frijol*. https://bibliotecadigital.ccb.org.co/items/be40d1d9-cd61-4037-93e9-a44fa61b0b6f

Campos., S. (2016). Análisis de rentabilidad en la mecanización del cultivo de frijol (Phaseolusvulgaris) Blanco Molinero según agricultura de conservación en INIA La Molina-UNALM. *Anales Científicos*, *77*(2), 218–228. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171225

Cancino, J. M. (1950). *La naturaleza del guano de islas*. https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3666

Centeno, C. R. (2024). *Niveles de guano de isla en el rendimiento de frijol castilla (Vigna unguiculata L. Walp), Pichari, Cusco, 2023* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7321

Cortés, E., Álvarez, F., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: Gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *4*(2), 151–160. https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428102015.pdf

Debouck, D. G. (1984). *Morfología de la planta de frijol común*. CIAT. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=AtOLF2NhJogC&oi=fnd&pg=PA9&dq=ciat+frijol&ots=f37nIwcBFW&sig=wYkT-MzX5SlzZdJ1dX9_5XwuDgo

Debouck, D. G., Toro, O., Paredes, O. M., Johnson, W. C., & Gepts, P. (1993). Genetic diversity and ecological distribution ofPhaseolus vulgaris (Fabaceae) in northwestern South America. *Economic Botany*, *47*(4), 408–423. https://doi.org/10.1007/BF02907356

Escajadillo, P. P. (2023). *Influencia del Rhizobium y labranza de conservación en la producción de arveja en verde (Pisum sativum L.), Ayacucho* [Tesis de Pregrado].

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5766

Falcón, L. L., & Lorenzo, T. O. (2019). *Dosis de guano de isla en el rendimiento del cultivo de vainita (Phaseolus vulgaris var. Jade) en condiciones edafoclimáticas de Pillco Marca—Huánuco, 2018* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. https://repositorio.unheval.edu.pe/item/412e9877-5293-41bd-8a19-ceb8ef19aae4

Fernández, F., Gepts, P. L., & López, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. https://cgspace.cgiar.org/items/bb02dd93-f06c-4c5d-8014-8350b4f3bb04

Gálvez, Y. (2021). *Agricultura de conservación en la producción de arveja Pisum sativum L. En grano verde, Ayacucho, 2016*. [Tesis de Posgrado]. Universidad Nacional Federico Villarreal. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=349057

González, A. R., Porrua, J. A., Cañizares, J. A. M., Lamas, J. G., Lazo, G. C., & Castro, J. F. (2015). Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*, *5*(2), 55–60. https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261425010.pdf

Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández-Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: Avances y perspectivas. *Revista fitotecnia mexicana*, *36*(2), 95–104. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802013000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Homer, I., & Casanova, M. (2011). *Labranza de conservación en laderas* (pp. 56–72). Sociedad chilena de la ciencia del suelo. https://www.researchgate.net/publication/268871052_Labranza_de_conservacion_en_laderas

Kay, D. (1979). Legumbres Alimenticias. Edit. Acribia. SA 1 ra Edic. *Zaragoza-Espana*. https://goo.su/gYPnV

López, C. F. (2009). *Efecto de dos tipos de abonos orgánicos y cuatro distanciamientos de siembra en la producción del frijol variedad caraota (Phaseolus vulgaris L).* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/items/af33e9db-ea5e-42bf-810b-09780785427d

López, J. D., Estrada, A. D., Rubin, E. M., & Cepeda, R. D. V. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, *19*(4), 293–299. https://www.redalyc.org/pdf/573/57319401.pdf

Madriz, P. M. (2012). El cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y el frijol (Vigna unguiculata L. Walp). *Revista de la Facultad de Agronomía*. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15240

Martins, R. N., Fagundes, P. M., Fialho, M. H. M., Ribeiro, M. ni, Fim, R. J. T., & Orlando, J. W. de A. (2021). Influence of tillage systems on soil physical properties, spectral response and yield of the bean crop. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *22*, 100517. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100517

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. MIDAGRI (2024). *140 mil familias producen legumbres en el Perú*. MIDAGRI.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). *Boletín estadístico mensual El agro en cifras: diciembre de 2024*. Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas.

Moisés, L. J. (2017). *Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento en vaina verde de arveja (Pisum sativum L.) bajo labranza de conservación. Tambillo 2688 msnm—Ayacucho* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3247

Moreno, A. N. (2018). *Efecto de diferentes dosis de nitrógeno en el rendimiento de frijol castilla (vigna unguiculata l.), En el distrito de supe puerto, provincia de Barranca, Lima 2018* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. https://biblioteca.unasam.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=26118&query_desc=an%3A%2210861%22%20and%20holdingbranch%3ABECA

Morros, M. E. (2001). *Cultivo de la Caraota con énfasis en el estado Lara*. http://sian.inia.gob.ve/pdfpnp/Cultivo_caraota.pdf

Najarro, T. J. (2025). *Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (Phaseolus vulgaris L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://hdl.handle.net/20.500.14612/8485

ONERN. (1976). *Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1976). Mapa ecológico del Perú: Guía explicativa. Lima, Perú.* https://lix.li/PIMJqu

Padilla-Ramírez, J. S., Ochoa-Márquez, R., Acosta-Díaz, E., Acosta-Gallegos, J. A., Mayek-Pérez, N., & Kelly, J. D. (2003). Grain yield of early and late dry bean

genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, México. *ANNUAL REPORT-BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE*, *46*, 89–90. https://goo.su/ZwzD5Wg

Pareja, H. G. (2011). *Niveles de guano de isla en el redimiento delcultivo de frijol caraota (Phaseolus vulgaris L.), CANAAN - 2735 msnm, Ayacucho* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/acfbea5f-da0c-4dba-8d0a-c7afa59ef56a/content

Pastor, M. A. (1995). *Problemas de campo en los cultivos de frijol en el trópico*. CIAT. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB608.B3_C3_Problemas_de_campo_en_los_cultivos_de_frijol_en_el_tr%C3%B3pico.pdf

Pulgar Vidal, J. (1987). *Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales, la regionalización transversal, la microregionalización*. https://cir.nii.ac.jp/crid/1971993809750112052

Rojas, L. A., & Chavez, G. (2002). Efecto de la labranza mínima y la convencional en frijol (*phaseolus vulgaris* L.) en la región Hueta Norte de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, *13*(2), 105–110.

Romero, M. K. (2015). *Evaluación de 2 análogos de brasinoesteroides a nivel de invernadero en una variedad de frijol negro (Phaseolus vulgaris)* [Tesis de Pregrado]. BenemeritaUniversidad Autonoma de Puebla. https://hdl.handle.net/20.500.12371/6158

Rosas, J. C. (2003). *El cultivo del frijol común en América Tropical*. Escuela Agricola Panamericana, 2014. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2424/1/prueba%2009.pdf

Santiago, J. (1998). La producción de leguminosas con referencia especial a las comunidades campesinas de Venezuela. *Un programa integral de investigación en leguminosas. Caracas, Venezuela*, 49–58.

Takeoka, G. R., Dao, L. T., Full, G. H., Wong, R. Y., Harden, L. A., Edwards, R. H., & Berrios, J. D. J. (1997). Characterization of Black Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*(9), 3395–3400. https://doi.org/10.1021/jf970264d

Urribarri, W. (2022). *Densidades de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Var. Red Kidney, Pichari-550 msnm Cusco* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5641/1/TESIS%20AF23_Urr.pdf

Valladolid, A. (2001). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú* (Primera Edición).

Venegas, C. V. (1990). *Labranza conservacionista*. https://biblioteca.inia.cl/bitstreams/96cff860-910b-4e79-bbdd-4b2a44a4fe43/download

Vidal, B. A., Lagunes, E. L. del C., Moctezuma, E. V., & Ortiz, G. C. F. (2006). Variabilidad morfológica y molecular de cultivares criollos y mejorados de frijol común en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *29*(4), 273–273. https://doi.org/10.35196/rfm.2006.4.273-281

Villalobos, O. A., Gonzáles, M. A., Santiago, B. F., Alitza, A. A., Martínez, R. J., & Martínez, M. M. (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes variedades de fríjol negro (*phaseolus vulgaris*. L.) en la finca «las María» del municipio primero de enero. *ResearchGate*.

https://www.researchgate.net/publication/316033436_COMPORTAMIENTO_AGROPRODUCTIVO_DE_DIFERENTES_VARIEDADES_DE_FRIJOL_NEGRO_*PHASEOLUS_VULGARIS*_L_EN_LA_FINCA_LAS_MARIA_DEL_MUNICIPIO_PRIMERO_DE_ENERO

Villar, B. N. (2025). *Rendimiento del frejol de grano negro (Phaseolus vulgaris L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm—Ayacucho 2023* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7630

Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Ciat. https://goo.su/MPicyst

Anexo

Anexo 1 . *Cuadro de datos ordenados general*

Bloque	Labranza	G. de Isla	Altura de planta (cm)	N°. De ramas/planta	N°. De vainas/ planta	Longitud de vaina (cm)	N°. De granos/vaina	Rendimiento por planta (g/pl.)	Rendimiento (Kg ha^{-1})	Índice de cosecha (%)
I	L0	D0	35.6	4.5	19.20	8.66	5.88	17.4	2893.33	47.0
I	L0	D1	31.8	3.6	21.20	8.49	5.82	18.6	3103.33	48.5
I	L0	D2	33.6	3.7	22.90	8.72	5.86	18.4	3073.33	50.2
I	L0	D3	33.9	4.3	22.80	8.99	6.12	17.3	2886.67	48.8
I	L1	D0	33.1	3.6	18.20	8.67	5.82	15.6	2603.33	48.7
I	L1	D1	38.3	4.6	30.50	9.05	6.06	21.0	3493.33	50.2
I	L1	D2	35.0	4.1	21.50	8.62	5.97	18.6	3093.33	52.6
I	L1	D3	45.8	4.9	31.10	8.82	5.92	21.2	3533.33	54.6
II	L0	D0	39.7	4.1	23.10	8.26	5.6	18.2	3030.00	49.4
II	L0	D1	46.9	4.7	29.60	8.87	6.02	19.5	3256.67	51.1
II	L0	D2	51.0	4.9	32.50	9.10	6.08	22.6	3766.67	53.6
II	L0	D3	43.5	4.6	32.40	9.02	5.76	20.8	3460.00	51.2
II	L1	D0	47.4	4.7	26.70	8.80	6.01	16.9	2816.67	49.2
II	L1	D1	42.7	4.3	23.50	8.65	5.72	18.8	3126.67	55.0
II	L1	D2	49.4	4.6	36.60	8.81	5.92	23.0	3830.00	54.8
II	L1	D3	51.4	5.1	36.40	9.10	6.22	23.7	3946.67	55.1
III	L0	D0	48.4	4.3	31.50	9.16	6.11	20.1	3356.67	51.4
III	L0	D1	53.0	4.7	42.40	9.10	6.04	22.4	3730.00	54.1
III	L0	D2	60.9	5.6	45.00	9.05	5.99	25.6	4260.00	55.8
III	L0	D3	60.5	5.4	38.80	8.89	6.16	26.9	4480.00	56.0
III	L1	D0	52.9	5.4	37.80	9.00	6.02	25.7	4280.00	53.9
III	L1	D1	64.4	5.3	44.70	9.04	6.12	26.7	4453.33	52.4
III	L1	D2	63.2	4.7	46.30	9.27	6.2	26.5	4416.67	55.2
III	L1	D3	67.2	4.9	47.70	9.31	6.34	29.0	4840.00	58.5
Promedio			**47.06667**	**4.60833**	**31.76667**	**8.89400**	**5.99000**	**21.43259**	**3572.08333**	**52.38883**

Anexo 2. *Resultados del análisis del suelo de la parcela experimental del Pampa de Arco*

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 del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : Pampa del Arco – Ciudad Universitaria
Proyecto : "TESIS"
Solicitante : Sr. Reynaldo Huamani Cayampi

HR: 00603

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H_2O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	$CaCO_3$ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiables (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca^{++}	Mg^{++}	K^{+}	Na^{+}	Al^{+3}	H^{+}	
01	59.3	20.9	19.8	Fr-Ao	8.02	2.37	4.0	0.87	0.04	2.5	249.7	21.1	5.16	1.02	0.84	0.0	0.0	30.8

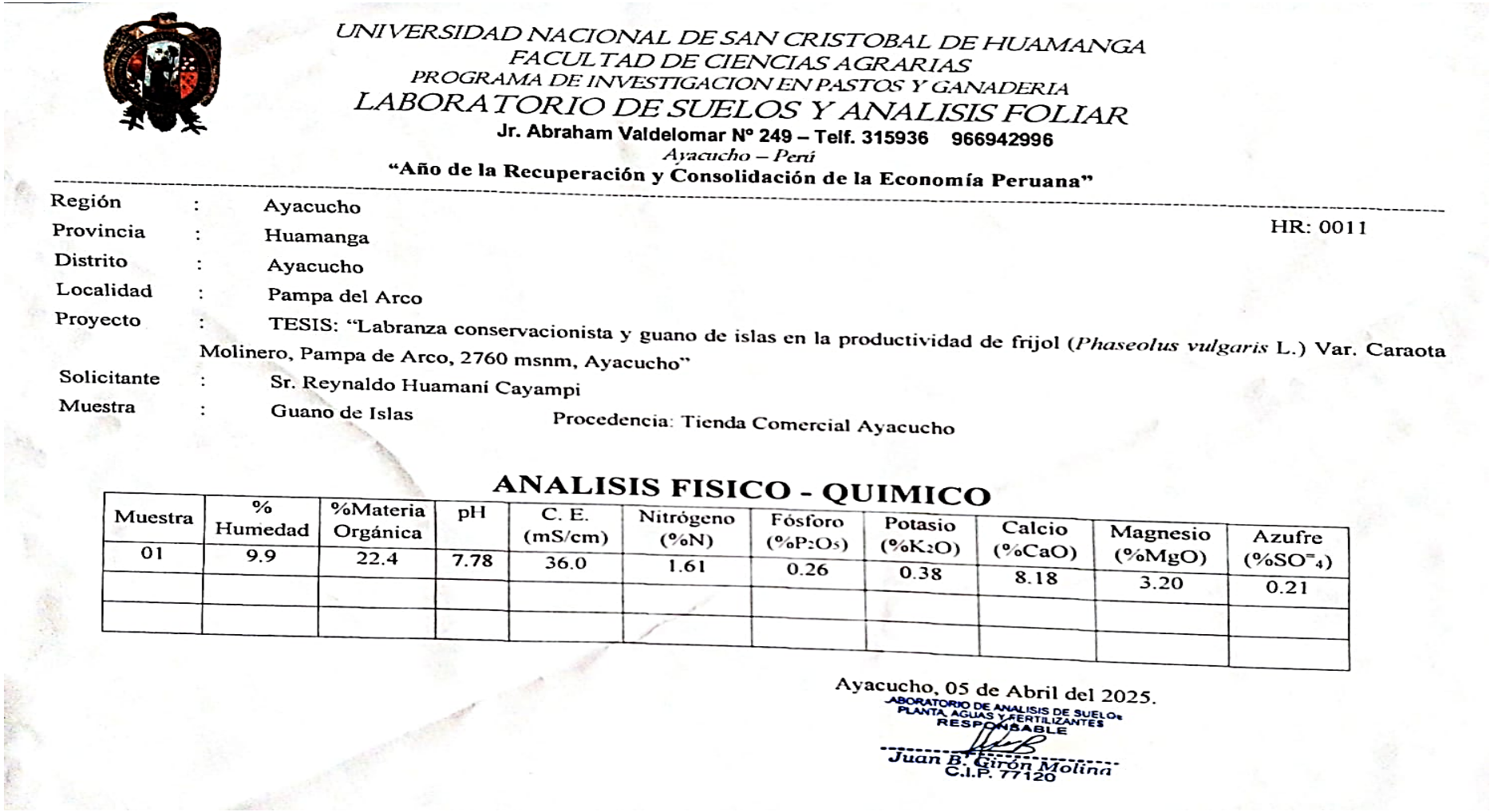
Ayacucho, 25 de Diciembre del 2024.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Cirón 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

Nota. Reporte de caracterización de análisis de suelo, por el laboratorio de suelos y análisis foliar -Ayacucho

Anexo 3. *Resultados del análisis de guano de islas*



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 Nº 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú
"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Localidad : Pampa del Arco
Proyecto : TESIS: "Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm, Ayacucho"
Solicitante : Sr. Reynaldo Huamaní Cayampi
Muestra : Guano de Islas Procedencia: Tienda Comercial Ayacucho

HR: 0011

ANALISIS FISICO - QUIMICO

Muestra	% Humedad	%Materia Orgánica	pH	C. E. (mS/cm)	Nitrógeno (%N)	Fósforo ($\%P_2O_5$)	Potasio ($\%K_2O$)	Calcio (%CaO)	Magnesio (%MgO)	Azufre ($\%SO^{=}_4$)
01	9.9	22.4	7.78	36.0	1.61	0.26	0.38	8.18	3.20	0.21

Ayacucho, 05 de Abril del 2025.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE
Juan B. Girón Molina
C.I.P. 77120

Nota. Reporte de análisis físico y químico de guano de islas, por el laboratorio de suelos y análisis foliar -Ayacucho

Anexo 4. *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y guano de islas*

4.1 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en la altura de planta*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.		
L1	G3	54.80	3	2.21	A	
L1	G2	49.20	3	2.21	A	B
L0	G2	48.50	3	2.21	A	B
L1	G1	48.47	3	2.21	A	B
L0	G3	45.97	3	2.21	A	B
L1	G0	44.47	3	2.21	A	B
L0	G1	43.90	3	2.21	A	B
L0	G0	41.23	3	2.21		B

4.2 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en la altura de planta en el número de ramas por planta*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.	
L1	G3	4.97	3	0.25	A
L0	G3	4.77	3	0.25	A
L0	G2	4.73	3	0.25	A
L1	G1	4.73	3	0.25	A
L1	G0	4.57	3	0.25	A
L1	G2	4.47	3	0.25	A
L0	G1	4.33	3	0.25	A
L0	G0	4.30	3	0.25	A

4.3 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el Número de vainas por planta*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.		
L1	G3	38.40	3	2.10	A	
L1	G2	34.80	3	2.10	A	B
L0	G2	33.47	3	2.10	A	B
L1	G1	32.90	3	2.10	A	B
L0	G3	31.33	3	2.10	A	B
L0	G1	31.07	3	2.10	A	B
L1	G0	27.57	3	2.10		B
L0	G0	24.60	3	2.10		B

4.4 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en la longitud de vaina*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.	
L1	G3	9.08	3	0.12	A
L0	G3	8.97	3	0.12	A
L0	G2	8.96	3	0.12	A
L1	G1	8.91	3	0.12	A
L1	G2	8.90	3	0.12	A
L1	G0	8.82	3	0.12	A
L0	G1	8.82	3	0.12	A
L0	G0	8.69	3	0.12	A

4.5 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el número de granos por vaina*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.		
L1	G3	6.16	3	0.09	A	
L1	G2	6.03	3	0.09	A	
L0	G3	6.01	3	0.09	A	
L0	G2	5.98	3	0.09	A	
L1	G1	5.97	3	0.09	A	
L0	G1	5.96	3	0.09	A	
L1	G0	5.95	3	0.09	A	
L0	G0	5.86	3	0.09	A	

4.6 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el rendimiento de grano seco por planta*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.		
L1	G3	24.63	3	1.00	A	
L1	G2	22.70	3	1.00	A	B
L0	G2	22.20	3	1.00	A	B
L1	G1	22.17	3	1.00	A	B
L0	G3	21.67	3	1.00	A	B
L0	G1	20.17	3	1.00	A	B
L1	G0	19.40	3	1.00	A	B
L0	G0	18.57	3	1.00		B

4.7 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el rendimiento de grano seco kg ha⁻¹*

Labranza	G. de Isla	Medias	n	E.E.		
L1	D3	4106.67	3	166.23	A	
L1	D2	3780.00	3	166.23	A	B
L0	D2	3700.00	3	166.23	A	B
L1	D1	3691.11	3	166.23	A	B
L0	D3	3608.89	3	166.23	A	B
L0	D1	3363.33	3	166.23	A	B
L1	D0	3233.33	3	166.23		B
L0	D0	3093.33	3	166.23		B

4.8 *Test de Tukey de la interacción de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el índice de cosecha (I.C)*

L1	G3	56.07	3	0.77	A		
L1	G2	54.20	3	0.77	A	B	
L0	G2	53.20	3	0.77	A	B	
L1	G1	52.53	3	0.77	A	B	C
L0	G3	52.00	3	0.77		B	C
L0	G1	51.23	3	0.77		B	C
L1	G0	50.60	3	0.77		B	C
L0	G0	49.27	3	0.77			C

Anexo 5. *Fotografías de limpieza y estacado del terreno para la instalación de la investigación*



Anexo 6. *Fotografías del muestreo del suelo para su análisis*



Nota. extracción y homogeneización de muestras de suelo para análisis físico-químico en laboratorio.

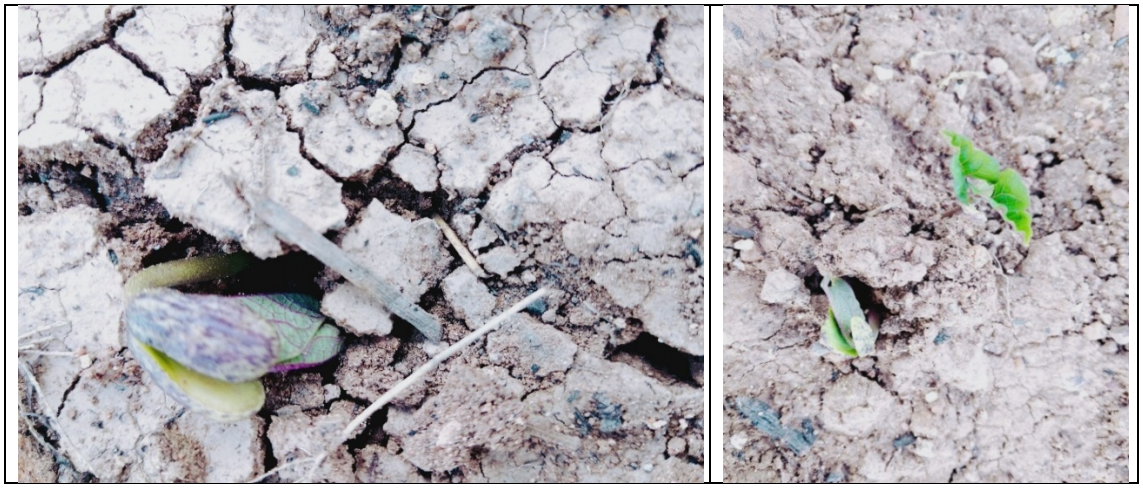
Anexo 7. *Pesaje de guano de islas según tratamiento*



Anexo 8. *Abonamiento y siembra en el terreno según los tratamientos planteados*



Anexo 9. *Emergencia de las semillas de frijol negro caraota molinera*



Anexo 10. *Registro fotográfico de deshierbo y desahijé*



Anexo 11. *Registro fotográfico de control fitosanitario*



Anexo 12. *Registro fotográfico de floración y envainado del frijol negro caraota molinero*





Anexo 13. *Registro fotográfico de madurez fisiológica y madurez de cosecha*



Anexo 14. *Registro fotográfico recolección y selección de muestras*



Anexo 15. *Colección de vainas, conteo y pesado de semillas del frijol negro*







UNSCH FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. REYNALDO HUAMANI CAYAMPI

R.D. N° 379-2026-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho, a los dos días del mes de noviembre del año dos mil veintiséis, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Dr. Yuri Gálvez Gastelú como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **REYNALDO HUAMANI CAYAMPI.**

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 invitó 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	14	14	14	14
Dr. Yuri Gálvez Gastelú	16	16	16	16
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	14	15	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	15	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				**15**

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

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

.....
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Asesor

.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Jurado

.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Jurado

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

UNSCH FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por la R.D N° 437-2026-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado:

Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

Autor : Reynaldo HUAMANI CAYAMPI
Asesor : Yuri GÁLVEZ GASTELÚ

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de diecisiete por ciento **(17 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 3100233701

Ayacucho, 25 de noviembre de 2026



Dimas Alberto Quintanilla Melgar
M. Sc. en Producción Animal
E.P. Agronomía
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

por Reynaldo HUAMANI CAYAMPI

Fecha de entrega: 25-nov-2026 09:39p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3100233701
Nombre del archivo: TESIS_REYNALDO_HUAMANI_CAYAMPI_2026.pdf (7.19M)
Total de palabras: 22661
Total de caracteres: 121711

Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	15%	6%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unah.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Villar Gonzales, Eyner Eloy. "Efecto de abonos orgánicos, Microorganismos eEficaces (EM) en la producción forrajera de avena (Avena sativa L.), y microbiota del suelo del Distrito de Vilque - Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1%
8	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	vdocuments.com.br Fuente de Internet	<1%
12	orcid.org Fuente de Internet	<1%
13	Solano Larico, Mario Ángel. "Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L. cv. Roja arequipeña) en la ciudad	<1%

universitaria UNA Puno campaña agrícola 2018-2019", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)
Publicación

14	smcsmx.org Fuente de Internet	<1 %
15	datos.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		

Labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de arco, 2760 msnm

Reynaldo Huamani Cayampi

reynaldo.huamani.01@unsch.edu.pe

Yuri Gálvez Gastelú

yuri.galvez@unsch.edu.pe

Área de investigación: Ingeniería y ciencias básicas

Línea de investigación: Ciencias de la Tierra y del ambiente

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el predio agrícola "Pampa de Arco", perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, durante el periodo comprendido entre diciembre de 2024 y mayo de 2025. El objetivo fue determinar el efecto de la labranza conservacionista y guano de islas sobre la productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Caraota Molinero, a 2760 msnm en Pampa de arco, Ayacucho. Se empleó un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, combinando dos tipos de labranza conservacionista y cuatro dosis de guano de islas. La labranza mínima registró los mejores resultados, alcanzando 49,23 cm de altura de planta, 33,42 vainas por planta y un índice de cosecha del 53,35 %. De manera similar, la dosis de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas mostró los valores más altos, con 50,38 cm de altura de planta, 34,87 vainas por planta y un índice de cosecha del 54,03 %. En cuanto al rendimiento, la labranza mínima obtuvo 22,23 g/planta y 3702,78 kg ha^{-1} de grano seco, mientras que la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas alcanzó 23,15 g/planta y 3857,78 kg ha^{-1} de grano seco. Se concluye que la labranza mínima, combinada con la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas, representa una alternativa de manejo agronómico favorable para el crecimiento y el rendimiento del cultivo de frijol bajo las condiciones agroecológicas de Pampa de arco.

Palabras clave: dosis de guano de islas, labranza conservacionista, productividad de frijol

Conservation Tillage and Island Guano on the Productivity of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2,760 m a.s.l.

ABSTRACT

The study was conducted at the agricultural plot "Pampa de Arco," belonging to the Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, located in the district of Ayacucho, province of Huamanga and department of Ayacucho, during the period from December 2024 to May 2025. The objective was to determine the effect of conservation tillage and island guano on the productivity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Caraota Molinero, at 2760 m a.s.l. in Pampa de arco, Ayacucho.A Completely Randomized Block Design was used, combining two types of conservation tillage and four doses of island guano. Minimum tillage recorded the best results, reaching 49.23 cm in plant height, 33.42 pods per plant, and a harvest index of 53.35%. Similarly, the dose of 1.5 t ha^{-1} of island guano showed the highest values, with 50.38 cm in plant height, 34.87 pods per plant, and a harvest index of 54.03%.Regarding yield, minimum tillage obtained 22.23 g/plant and 3702.78 kg ha^{-1} of dry grain, while the application of 1.5 t ha^{-1} of island guano reached 23.15 g/plant and 3857.78 kg ha^{-1} of dry grain.It is concluded that minimum tillage, combined with the application of 1.5 t ha^{-1} of island guano, represents a favorable agronomic management alternative for the growth and yield of the bean crop under the agroecological conditions of Pampa de arco.

Keywords: island guano dosage, conservation tillage, bean productivity.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales desafíos de la agricultura actual es conservar la fertilidad del suelo e incrementar la productividad de los cultivos mediante prácticas sostenibles. En este contexto, la agricultura de conservación constituye una alternativa que permite reducir los costos de producción y proteger los recursos naturales mediante la mínima remoción del suelo (Campos, 2016). El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las leguminosas de mayor importancia alimentaria y económica, cuya producción se extiende a nivel mundial, destacando América Latina con más del 45 % de la producción global (Voysest, 2000). En el Perú, durante 2024, la producción de frijol grano seco alcanzó 93 954 toneladas, con un rendimiento promedio de 1,44 t ha^{-1}, mientras que Ayacucho

registró una producción de 2 887 toneladas y un rendimiento de 1,91 t ha^{-1}, superior al promedio nacional (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2024; [MIDAGRI], 2025). Asimismo, el frijol destaca por su valor nutricional, adaptación agroecológica y capacidad de mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación simbiótica de nitrógeno (Rosas, 2003; Padilla-Ramírez et al., 2003). Entre las alternativas de fertilización orgánica, el guano de islas aporta nutrientes esenciales y materia orgánica, favoreciendo el desarrollo vegetal, la estructura del suelo y la retención de humedad (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRORURAL], 2018). Sin embargo, existe limitada información sobre el efecto combinado de la labranza conservacionista y diferentes dosis de guano de islas en la productividad del frijol variedad Caraota Molinero, bajo las condiciones agroecológicas de Pampa de Arco, a 2760 msnm, en Ayacucho. Por las consideraciones expuestas, se planteó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos.

Objetivo general

Determinar el efecto de labranza conservacionista y guano de islas en la productividad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero, Pampa de Arco, 2760 msnm

Objetivo especifico

1. Evaluar el efecto de los tipos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en los componentes de productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero.

2. Evaluar el efecto de los tipos de labranza conservacionista y dosis de guano de islas en el rendimiento de grano del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Caraota Molinero.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en Pampa de Arco, de la Ciudad Universitaria de la UNSCH, ubicada a una altitud de 2760 msnm, en Ayacucho, entre las coordenadas geográficas 13° 08' 38" S y 74° 13′ 17″ O.

2.2. Características del suelo

El suelo de Pampa del Arco presentó textura franco arenosa, reacción fuertemente alcalina, bajos niveles de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, alto contenido de potasio y capacidad de intercambio catiónico, además de ligera salinidad y nivel medio de carbonatos.

2.3. Características climáticas

Durante la campaña agrícola 2024-2025, la estación meteorológica INIA-Canaán registró temperaturas máxima, mínima y media de 27,29; 8,23 y 17,76 °C, respectivamente, con 67,35 % de humedad relativa, 1036,40 mm de evapotranspiración y 757,00 mm de precipitación anual. Las mayores lluvias se concentraron entre enero y marzo, siendo marzo el mes más lluvioso.

2.4. Material biológico

Cultivo de frijol variedad Caraota Molinero.

2.5. Tratamientos experimentales

Tabla 1

Tratamientos de los factores en estudio

Código	Combinación	Descripción
T1	L0*d0	Labranza cero * 0.0 t ha^{-1} de guano de islas
T2	L0*d1	Labranza cero * 0.5 t ha^{-1} de guano de islas
T3	L0*d2	Labranza cero * 1.0 t ha^{-1} de guano de islas
T4	L0*d3	Labranza cero * 1.5 t ha^{-1} de guano de islas
T5	L1*d0	Labranza mínima * 0.0 t ha^{-1} de guano de islas
T6	L1*d1	Labranza mínima * 0.5 t ha^{-1} de guano de islas
T7	L1*d2	Labranza mínima * 1.0 t ha^{-1} de guano de islas
T8	L1*d3	Labranza mínima * 1.5 t ha^{-1} de guano de islas

2.6. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un DBCA con arreglo factorial de dos tipos de labranza y cuatro dosis de guano de islas, con tres repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Los datos se

analizaron mediante ANOVA y la prueba de Tukey al 5 % para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

2.7. Unidades experimentales (U. E.)

El cultivo de frijol se condujo en parcelas de 4.8 m2 con tres surcos por parcela, con un distanciamiento de 0.60 m entre surcos y 0.30 m entre golpe; el experimento consistió de 24 parcelas (U. E.), ocho parcelas por bloque.

2.8. Instalación y conducción del experimento

El ensayo se instaló el 17 de diciembre de 2024 bajo dos sistemas de labranza (mínima y cero) y cuatro dosis de guano de islas. La siembra se realizó manualmente a 0.30 m entre golpes (4 semillas por golpe), raleando posteriormente a 3 plantas por golpe. El cultivo se condujo aprovechando el periodo lluvioso. El control fitosanitario incluyó aplicaciones puntuales de insecticida (MACHAZO® HC) para el manejo de *Diabrotica speciosa.* La cosecha se efectuó al alcanzar la madurez fisiológica. La evaluación del cultivo se realizó en 10 plantas seleccionadas al azar en los dos surcos centrales de cada unidad experimental.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 altura de la planta, numero de ramas por planta, numero de vainas por planta, longitud de vainas, numero de granos de por vaina, rendimiento de grano por planta, rendimiento de grano seco e índice de cosecha.

Tabla 2

Resumen de análisis de varianza de altura de planta, número de ramas por planta, número de vainas por planta, longitud de vainas, número de granos por vaina, rendimiento de granos por planta, rendimiento de grano seco e índice de cosecha

Fuente de variación	GL	Alt. (cm)	NRP	NVP	LV (cm)	NGV	RGP (g)	Rdto. (kg ha^{-1})	IC (%)
		p-valor	*p*-valor	*p*-valor	*p*-valor	*p*-valor	*p*-valor	*p*-valor	*p*-valor
Bloque	2	0.0001**	0.0051**	0.0001**	0.0141*	0.0303 *	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Labranza (L)	2	0.0151*	0.4186ns	0.0430*	0.4448ns	0.2592ns	0.0431*	0.0431*	0.0033**
Guano. islas (G)	3	0.0214*	0.3971ns	0.0037**	0.2391ns	0.2648ns	0.005**	0.0049**	0.0004**
Inter (L × G)	3	0.3528ns	0.5966ns	0.5299ns	0.8707ns	0.8789ns	0.6043ns	0.5954ns	0.2057ns
Error	14								
Total	23								
C. V (%)		8.15	9.57	11.44	2.42	2.55	8.09	8.06	2.55

Nota. Alt. (cm) = altura de planta (cm); NRP = número de ramas por planta; NVP = N.° de vainas por planta; LV = longitud de vainas (cm); NGV = N.° de granos por vaina;RGP = Rendimiento de grano por planta (g); Rdto. (kg ha-1) = rendimiento de grano seco (kg ha-1); IC (%) = índice de cosecha.

La Tabla 2 presenta los resultados del análisis de varianza, donde se observa que los factores labranza conservacionista y dosis de guano de islas presentaron efectos significativos sobre la altura de planta, número de vainas por planta, rendimiento de grano por planta, rendimiento de grano seco e índice de cosecha. Sin embargo, no mostraron efectos significativos sobre el número de ramas por planta, longitud de vainas y número de granos por vaina. Por otro lado, la interacción entre labranza y guano de islas no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas, lo que indica que ambos factores actuaron independientemente. Los coeficientes de variación oscilaron entre 2,42 y 11,44 %, evidenciando una adecuada precisión experimental.

Figura 3.1

Prueba de Tukey de efectos simples en la altura de planta de frijol

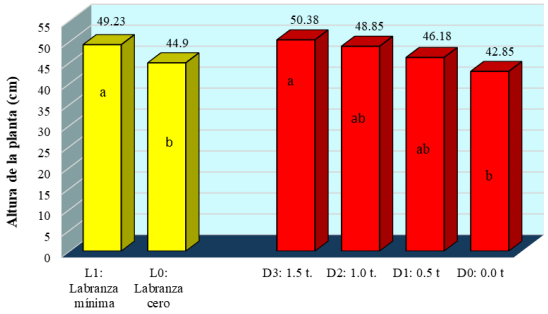


Figura 3.2

Prueba de Tukey de efectos simples en número de vainas por planta de frijol

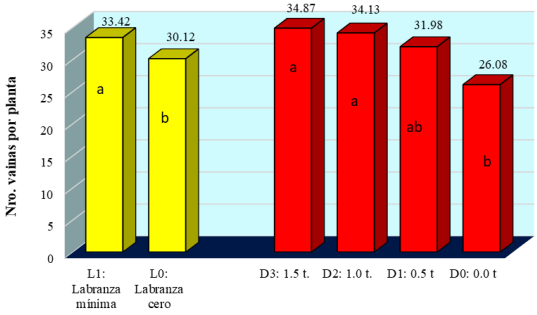


Figura 3.3

Prueba de Tukey de efectos simples en rendimiento por planta de frijol

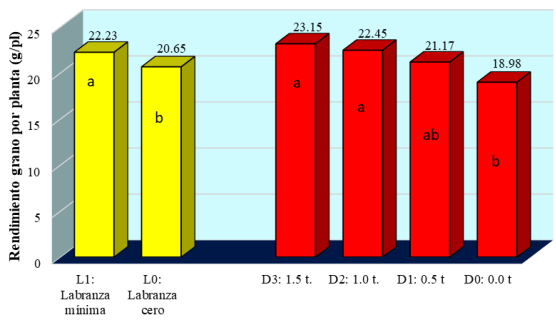


Figura 3.4

Prueba de Tukey de efectos simples en rendimiento de grano seco (kg/ha) de frijol

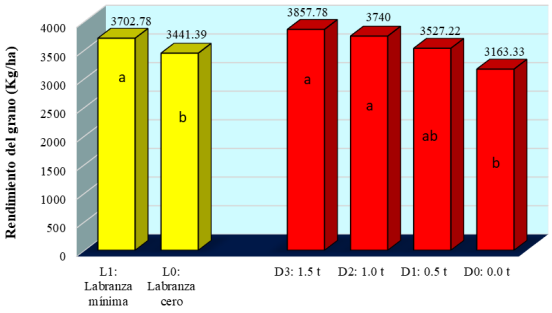
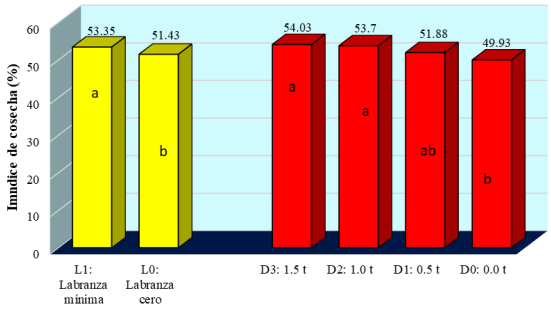


Figura 3.5

Prueba de Tukey de efectos simples en índice de cosecha de planta de frijol



Altura de la planta

Según la Figura 3.1, la labranza mínima alcanzó mayor altura de planta (49,23 cm) que la labranza cero (44,90 cm). Asimismo, la dosis de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas obtuvo el mayor promedio (50,38 cm), mientras que el 0.0 t ha^{-} presentó el menor (42,85 cm), evidenciando una tendencia creciente con el incremento de las dosis. La labranza mínima y el incremento de las dosis de guano de islas favorecieron la altura de planta, alcanzando un máximo de 54,80 cm con 1,5 t ha^{-1}. Estos resultados coinciden con Centeno (2024) y Urribarri (2022). El valor fue ligeramente superior al de Cabero (2023), pero inferior al de Villalobos et al. (2016).

Número de ramas por planta

La ausencia de diferencias significativas en el número de ramas por planta indica que esta variable estuvo poco influenciada por las dosis de guano de islas y el tipo de labranza, dependiendo principalmente de factores genéticos y ambientales, como la luz, humedad y densidad de plantas. En ese sentido, Vidal et al. (2006) señalaron que la similitud genética entre materiales de frijol limita la variabilidad de algunos caracteres agronómicos, reduciendo la expresión de diferencias significativas entre genotipos, incluso bajo diferentes condiciones de manejo y fertilización.

Número de vainas por planta

Según la Figura 3.2, la labranza mínima alcanzó el mayor promedio (33,42 vainas por planta), superando a la labranza cero (30,12). Asimismo, las dosis de 1,5 y 1,0 t ha^{-1} de guano de islas obtuvieron los mayores promedios (34,87 y 34,13 vainas por planta,

respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellas, mientras que el testigo registró el menor valor (26,08 vainas por planta). La labranza mínima y el incremento de las dosis de guano de islas favorecieron el número de vainas por planta, coincidiendo con Escajadillo (2023), Moisés (2017) y Falcón y Lorenzo (2019). El máximo obtenido fue de 38,40 vainas por planta, superior a los resultados de Cabero (2023) y Villar (2025), pero inferior al de Najarro (2025).

Longitud de vainas

La longitud promedio de vaina obtenida (9,08 cm) fue inferior a la reportada por López (2009), Pareja (2011) y Romero (2015), quienes registraron 10,40; 9,80 y 11,30 cm, respectivamente. Esta diferencia podría atribuirse al carácter genético de la variedad Caraota Molinero, así como a la disponibilidad de nutrientes y las condiciones del suelo, lo que explicaría la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Número de granos por vaina

El promedio de granos por vaina fue de 6,16, inferior a lo reportado por López (2009) y Najarro (2025). La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos podría atribuirse a la influencia genética de la variedad Caraota Molinero, que determina una respuesta relativamente estable frente a las condiciones de labranza y fertilización.

Rendimiento de grano por planta (g/planta)

En la Figura 3.3, la labranza mínima alcanzó el mayor rendimiento de grano seco por planta (22,23 g), superando a la labranza cero (20,65 g). Asimismo, las dosis de 1,5 y 1,0 t ha^{-1} de guano de islas obtuvieron los mayores promedios (23,15 y 22,45 g/planta, respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellas, mientras que el testigo presentó el menor rendimiento (18,98 g/planta). La labranza mínima y la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas favorecieron el rendimiento de grano por planta, posiblemente por mejorar las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes. Estos resultados coinciden con Falcón y Lorenzo (2019) y superan los obtenidos por Cabero (2023).

Rendimiento de grano seco (kg/ha)

Según la Figura 3.4, la labranza mínima obtuvo el mayor rendimiento de grano (3702,78 kg ha^{-1}), superando a la labranza cero (3441,39 kg ha^{-1}). Asimismo, las dosis de 1,5 y 1,0 t ha^{-1} de guano de islas alcanzaron los mayores rendimientos (3857,78 y 3740,00 kg ha^{-1},

respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellas, mientras que el testigo presentó el menor rendimiento (3163,33 kg ha^{-1}). La labranza mínima y la aplicación de 1,5 t ha^{-1} de guano de islas favorecieron el rendimiento del cultivo, posiblemente por mejorar las condiciones del suelo y aportar nutrientes esenciales. Estos resultados coinciden con estudios previos de Homer y Casanova (2011), Rojas y Chávez (2002), Martins et al. (2021), Urribarri (2022) y Centeno (2024). El rendimiento obtenido fue de 4106,67 kg ha^{-1}, superior al reportado por Villar (2025), pero inferior al de Najarro (2025).

Índice de cosecha

En la Figura 3.5, la labranza mínima alcanzó el mayor índice de cosecha (53,35 %), superando a la labranza cero (51,43 %). Asimismo, las dosis de 1,5 y 1,0 t ha^{-1} de guano de islas obtuvieron los mayores valores (54,03 y 53,70 %, respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellas, mientras que el testigo registró el menor índice (49,93 %). El índice de cosecha aumentó con las dosis de guano de islas y fue mayor en labranza mínima (53,35 %) que en labranza cero (51,43 %), coincidiendo con Centeno (2024) y Escajadillo Paredes (2023). El valor obtenido fue de 56,06 %, superior al reportado por Villar (2025).

CONCLUSIONES

1. En cuanto a las variables vegetativas y componentes de productividad, el tratamiento de labranza mínima destacó con una altura de planta de 49.23 cm, un promedio de 33.42 vainas por planta y un índice de cosecha del 53.35 %. Por su parte, la dosis de 1.5 t/ha de guano de islas registró los valores más elevados, alcanzando 50.38 cm de altura, 34.87 vainas por planta y 54.03 % de índice de cosecha.

2. En relación con el rendimiento del cultivo, la labranza mínima obtuvo las cifras más altas con 22.23 g/planta y 3702.78 kg/ha. Un comportamiento similar se observó con la aplicación de 1.5 t/ha de guano de islas, dosis que reportó la mayor productividad con 23.15 g/planta y 3857.78 kg/ha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRORURAL. (2018). *MANUAL DE ABONAMIENTO CON GUANO DE LAS ISLAS*. https://www.agrorural.gob.pe/wpcontent/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I..pdf

Cabero Rosario, W. E. (2023). *Influencia de los ácidos húmicos en la fenología del frijol caraota (Phaseolus vulgaris L.) bajo condiciones de Barranca.* https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12935/226

Campos., S. (2016). Análisis de rentabilidad en la mecanización del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) Blanco Molinero según agricultura de conservación en INIA La Molina-UNALM. *Anales Científicos*, *77*(2), 218-228.

Centeno Cruz, R. (2024). *Niveles de guano de isla en el rendimiento de frijol castilla (Vigna unguiculata L. Walp), Pichari, Cusco, 2023*. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7321

Escajadillo Paredes, P. (2023). *Influencia del Rhizobium y labranza de conservación en la producción de arveja en verde (Pisum sativum L.), Ayacucho*.

Falcón, L. L., & Lorenzo, T. O. (2019). Dosis de guano de isla en el rendimiento del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* var. Jade) en condiciones edafoclimáticas de Pillco Marca—Huánuco, 2018 [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. https://repositorio.unheval.edu.pe/item/412e9877-5293-41bd-8a19-ceb8ef19aae4

Homer, I., & Casanova, M. A. (2011). Labranza de conservación en laderas. En *ResearchGate* (Boletín Nº24). Sociedad chilena de la ciencia del suelo. https://www.researchgate.net/publication/268871052_Labranza_de_conservacion_en_laderas

López, C. F. (2009). Efecto de dos tipos de abonos orgánicos y cuatro distanciamientos de siembra en la producción del frijol variedad caraota (*Phaseolus vulgaris* L). [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/items/af33e9db-ea5e-42bf-810b-09780785427d

Martins, R. N., Fagundes Portes, M., Fialho e Moraes, H. M., Ribeiro Furtado Junior, M., Fim Rosas, J. T., & Orlando Junior, W. de A. (2021). Influence of tillage systems on soil physical properties, spectral response and yield of the bean crop. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *22*, 100517. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100517

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. MIDAGRI (2024). *140 mil familias producen legumbres en el Perú*. MIDAGRI.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). *Boletín estadístico mensual El agro en cifras: diciembre de 2024*. Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas.

Moisés, L. J. (2017). Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo labranza de conservación. Tambillo 2688 msnm—Ayacucho [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3247

Najarro, T. J. (2025). Microorganismos y abonos orgánicos en el rendimiento de tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), Canaán, 2750 msnm, Ayacucho, 2023 [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://hdl.handle.net/20.500.14612/8485

Padilla-Ramírez, J. S., Ochoa-Márquez, R., Acosta-Díaz, E., Acosta-Gallegos, J. A., Mayek-Pérez, N., & Kelly, J. D. (2003). Grain yield of early and late dry bean

genotypes under rainfed conditions in Aguascalientes, México. *ANNUAL REPORT-BEAN IMPROVEMENT COOPERATIVE*, *46*, 89-90.

Pareja, H. G. (2011). Niveles de guano de isla en el rendimiento del cultivo de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), CANAAN - 2735 msnm, Ayacucho [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/acfbea5f-da0c-4dba-8d0a-c7afa59ef56a/content

Rojas, L. A., & Chavez, G. (2002). Efecto de la labranza mínima y la convencional en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, *13*(2), 105-110.

Romero, M. K. (2015). Evaluación de 2 análogos de brasinoesteroides a nivel de invernadero en una variedad de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) [Tesis de Pregrado]. Benemerita Universidad Autonoma de Puebla. https://hdl.handle.net/20.500.12371/6158

Rosas, J. C. (2003). *El cultivo del frijol común en América Tropical*. Escuela Agricola Panamericana, 2014. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2424/1/prueba%2009.pdf

Urribarri, W. (2022). Densidades de plantas y niveles de guano de islas en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. Red Kidney, Pichari-550 msnm Cusco [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5641/1/TESIS%20AF23_Urr.pdf

Vidal-Barahona, A., del Carmen Lagunes-Espinoza, L., Moctezuma, E. V., & Ortiz-García, C. F. (2006). Variabilidad morfológica y molecular de cultivares criollos

y mejorados de frijol común en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *29*(4), 273-273.

Villalobos, A. O., Morales, A. G., Batista, F. S., Alfonso, A. I., Rodríguez, J. M., & Montero, M. E. M. (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*. L) en la finca «Las María» del municipio Primero de Enero. *Universidad & Ciencia*, *5*(2), 52-78.

Villar, B. N. (2025). Rendimiento del frejol de grano negro (*Phaseolus vulgaris* L.) con aplicación de nitrógeno e inoculante. Canaán 2735 msnm—Ayacucho 2023 [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7630

Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Ciat. https://goo.su/MPicyst