

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento
en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla,
Ayacucho - 2024**

**Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. Roy Wilmer DE LA CRUZ HUAMAN

ASESOR:

Dr. Raúl José PALOMINO MARCATOMA

AYACUCHO - PERÚ

2026

A mis queridos padres Rolando De La Cruz Mendoza y Concepción Huaman Álvarez, por su amor incondicional, esfuerzo y ejemplo de fortaleza que me inspiran cada día a seguir adelante.

A mis hermanos Antony, Weber, Edison, David y Jhon por su apoyo moral constante y por estar siempre presentes cuando más los necesitaba.

A mis seres queridos que hoy no me acompañan físicamente, mis amadas mamitas Vicenta Álvarez y Adelaida Mendoza, a quienes llevo siempre en mi corazón y memoria.

A mis amigos; Brayan, Brenda, Yordi, Yudith y Leydi, por las experiencias compartidas, las alegrías y los momentos que marcaron esta etapa de mi vida.

A mis tíos Yuri De La Cruz y Zenaida Caballa por su valioso apoyo, comprensión y confianza brindada en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi alma máter, por haber sido el pilar fundamental en mi formación profesional y por inculcarme el compromiso de aplicar los conocimientos adquiridos al servicio del desarrollo social de nuestra región y del país.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y, de manera especial, a la Escuela Profesional de Agronomía, por brindarme las herramientas académicas y científicas necesarias para mi desarrollo personal y profesional, fomentando en mí el espíritu de investigación, responsabilidad y vocación de servicio.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Raúl José Palomino Marcatoma, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su valiosa orientación, constante acompañamiento y aportes fundamentales durante la ejecución de la presente investigación. Su guía académica, paciencia y compromiso fueron determinantes para la culminación exitosa de este trabajo.

Finalmente, expreso mi profunda gratitud a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su permanente motivación durante todo el proceso de desarrollo de esta tesis. Su respaldo fue esencial para mantenerme firme en la meta trazada, culminando esta etapa con esfuerzo, dedicación y compromiso.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO	18
1.1. Antecedentes.....	18
1.2. La arveja	22
1.2.1. Origen y distribución	22
1.2.2. Clasificación taxonómica	22
1.2.3. Características botánicas.....	23
1.2.4. Importancia del cultivo	23
1.2.5. Variedad	24
1.2.6. Rendimiento del cultivo de arveja	25
1.2.7. Producción de arveja a nivel nacional y regional	25
1.2.8. Nutrición vegetal de la arveja.....	26
1.2.9. Fertilización y abonamiento	26
1.2.10. Morfología de la arveja.....	26
1.2.11. Condiciones agroecológicas.	27
1.2.12. Requerimiento nutricional	28

1.2.13.	Principales plagas	29
1.2.14.	Principales enfermedades	31
1.2.15.	Manejo agronómico	32
1.3.	Abonamiento orgánico y mineral	34
1.3.1.	Función de la materia orgánica.....	35
1.4.	El estiércol	37
1.5.	Gallinaza.....	39
1.6.	Estiércol de ovino	41
1.7.	Fertilización química	42
1.8.	Principios de la fertilización	42
CAPÍTULO II.....		44
METODOLOGÍA.....		44
2.1.	Ubicación del experimento.....	44
2.1.1.	Ubicación Política	44
2.1.2.	Ubicación geográfica	44
2.1.3.	Ubicación ecológica	44
2.2.	Antecedentes del campo experimental	44
2.3.	Condiciones climáticas	44
2.4.	Precipitación	46
2.5.	Análisis físico químico del suelo.....	48
2.6.	Análisis físico químico de la gallinaza	49
2.7.	Análisis físico químico del estiércol de ovino.....	50
2.8.	Materiales	51
2.8.1.	Material genético	51
2.8.2.	Dosis de estiércol de la gallinaza.....	51
2.8.3.	Dosis de estiércol de ovino	52
2.8.4.	Dosis de fertilizantes químicos.....	52

2.9.	Tratamientos en estudio	53
2.10.	Diseño experimental y análisis estadístico	54
2.11.	Descripción de la parcela experimental.....	54
2.12.	Instalación y conducción del campo experimental.....	57
2.13.	Métodos y criterios de evaluación empleados	61
2.14.	Variables evaluadas.....	61
CAPÍTULO III		64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		64
3.1.	De la altura de la planta	64
3.2.	De los días a la floración (dds)	68
3.3.	De la longitud de la vaina verde	72
3.4.	Del ancho de la vaina verde.....	76
3.5.	Materia seca de la vaina verde.....	78
3.6.	Número de vainas por planta	79
3.7.	Número de granos por vaina.....	82
3.8.	Del peso por vaina	83
3.9.	Del peso de 100 granos verdes	84
3.10.	Rendimiento de vainas verdes	88
3.11.	Rentabilidad económica.....	93
CAPÍTULO IV		96
CONCLUSIONES.....		96
RECOMENDACIONES		96
REFERENCIAS		97
ANEXOS		107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Composición nutricional del grano de arveja en estado verde y seco	24
Tabla 1.2. Características de la arveja variedad Usuy	24
Tabla 1.3. Requerimiento nutricional de la arveja	29
Tabla 1.4. Comparación del contenido de distintos tipos de estiércol (Sarmiento, 1998)	38
Tabla 1.5. Contenido de nutrientes en estiércol de ovino.	42
Tabla 2.1. Promedio de datos climáticos de la Estación Meteorológica de San Pedro de Cachi tomados de los años 2024 y 2025	46
Tabla 2.2. Resultado del análisis de caracterización del suelo de Huamanguilla.....	48
Tabla 2.3. Análisis físico químico de la gallinaza proveniente de la Costa.....	50
Tabla 2.4. Análisis del estiércol ovino procedente de las alturas de Huamanguilla	51
Tabla 2.5. Cantidad de fertilizantes y abonos orgánicos aplicados por surco en cada tratamiento experimental.	53
Tabla 2.6. Descripción de los tratamientos en estudio	53
Tabla 2.7. Descripción y unidad de medida de la parcela experimental	55
Tabla 3.1. Análisis de varianza para la altura promedio de la planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral.....	64
Tabla 3.2. Análisis de varianza para la precocidad a la floración de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	68
Tabla 3.3. Análisis de varianza de longitud para la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	72
Tabla 3.4. Análisis de varianza para ancho de la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	76
Tabla 3.5. Análisis de varianza de materia seca para la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral.....	78
Tabla 3.6. Análisis de varianza de número de vainas por planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	79

Tabla 3.7. Análisis de varianza para número de granos por vaina de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	83
Tabla 3.8. Análisis de varianza para el peso por vaina de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	84
Tabla 3.9. Análisis de varianza para el peso de 100 granos verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	84
Tabla 3.10. Análisis de varianza para el rendimiento promedio de vainas verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	89
Tabla 3.11. Rentabilidad económica de los tratamientos.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa de la parcela experimental; ubicado en el anexo de Tayancayocc, Huamanguilla- Huanta, Ayacucho	45
Figura. 2.2. Climograma de octubre 2024 a septiembre 2025 de San Pedro de Cachi, referencia climática para Huamanguilla	47
Figura 2.3. Disposición de una parcela en el bloque.....	56
Figura 3.1. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la altura promedio de la planta de arveja a los 90 dds, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral.....	66
Figura 3.2. Modelo de regresión del comportamiento para la altura promedio de la planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral).....	67
Figura 3.3. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la precocidad promedio de la planta de arveja hasta floración, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral.....	70
Figura 3.4. Modelo de regresión del comportamiento para la precocidad de arveja hasta la floración, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral).....	71
Figura 3.5. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la longitud de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral.....	74
Figura 3.6. Modelo de regresión del comportamiento para la longitud de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral y gallinaza + mineral).....	75
Figura 3.7. Modelo de regresión del comportamiento de ancho de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral)	77
Figura 3.8. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número promedio de vainas por planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	80
Figura 3.9. Modelo de regresión del comportamiento de número vainas verdes por planta, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral).....	81
Figura 3.10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el peso promedio de 100 granos verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	86

Figura 3.11. Modelo de regresión del comportamiento del peso promedio de 100 granos verdes, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral y gallinaza + mineral).....	87
Figura 3.12. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento promedio de vainas verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral	91
Figura 3.13. Modelo de regresión del comportamiento del rendimiento promedio de vainas verdes, bajo influencia de abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral y estiércol de ovino + mineral).....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₀	107
Anexo 2. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₁	109
Anexo 3. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₂	111
Anexo 4. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₃	112
Anexo 5. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₄	114
Anexo 6. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₅	116
Anexo 7. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₆	118
Anexo 8. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T ₇	120
Anexo 10. Resultados del análisis, gallinaza y estiércol de ovino	126
Anexo 11. Resultados del análisis de caracterización de los suelos.....	127
Anexo 12. Desarrollo de actividades preliminares y muestreo de suelo en el área de estudio.....	128
Anexo 13. Proceso de alineamiento y marcado de surco en el área de estudio	129
Anexo 14. Pesado y acondicionado de abonos orgánicos y fertilizantes minerales.....	130
Anexo 15. Desinfección de semilla de arveja, variedad Usui	131
Anexo 16. Instalación del experimento: aplicado de abonos y siembra del cultivo de arveja	131
Anexo 17. Emergencia del cultivo de arveja tras la instalación del ensayo experimental	132
Anexo 18. Aplicación de fungicida e insecticida en el cultivo de arveja.....	132
Anexo 19. Primera labor de escarda en el cultivo de arveja, dentro de las labores culturales del experimento	133
Anexo 20. Desarrollo vegetativo del cultivo de arveja antes de la floración.....	133
Anexo 21. Labores de campo correspondientes al segundo fraccionamiento del fertilizante y establecimiento del sistema de tutorado en el cultivo de arveja	134

Anexo 22. Aplicación del fungicida agrícola Folicur 250 EW para el control de Peronospora pisi (rancho) en el cultivo de arveja.....	135
Anexo 23. Evaluación de características morfoagronómicas de la arveja	135
Anexo 24. Evaluación de los componentes de rendimiento y rentabilidad de la arveja	136
Anexo 25. Control de áfidos en la etapa de floración del cultivo de arveja.....	138

RESUMEN

La degradación progresiva de los suelos agrícolas constituye uno de los principales factores limitantes de la productividad de los cultivos en los sistemas altoandinos, debido principalmente a la disminución del contenido de materia orgánica y a la deficiente disponibilidad de nutrientes. En este contexto, la fertilización integrada mediante la combinación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales representa una alternativa sostenible para incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad del suelo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del abonamiento orgánico y mineral sobre el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Usuy, bajo condiciones agroecológicas del distrito de Huamanguilla, Ayacucho. El experimento se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron diferentes combinaciones de estiércol de ovino, gallinaza y fertilización mineral (N–P₂O₅–K₂O). Se registraron variables relacionadas con el crecimiento vegetativo, componentes del rendimiento, rendimiento de vainas verdes y rentabilidad económica. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$); además, se realizaron análisis de regresión para determinar la respuesta productiva frente a las dosis de abonamiento.

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la mayoría de las variables evaluadas. El tratamiento constituido por 1,0 t ha⁻¹ de estiércol de ovino complementado con fertilización mineral (43,4–79,7–64,9 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O) presentó el mayor rendimiento de vainas verdes (7833,33 kg ha⁻¹), superando en más del doble al tratamiento testigo sin fertilización (3360,00 kg ha⁻¹). Asimismo, dicho tratamiento mostró mayor altura de planta, mejor desarrollo de los componentes del rendimiento y la mayor rentabilidad económica, alcanzando una rentabilidad de 317,99 % y una relación beneficio/costo de 2,65. Se concluye que la integración del abonamiento orgánico con fertilización mineral constituye una estrategia eficiente para incrementar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de arveja bajo condiciones de la sierra peruana, favoreciendo simultáneamente un manejo más sostenible de la fertilidad del suelo.

Palabras clave: fertilización integrada, gallinaza, estiércol de ovino, rendimiento, leguminosas, agricultura sostenible.

ABSTRACT

Soil degradation has become one of the main constraints affecting crop productivity in the Andean highlands because of the continuous decline in soil organic matter and nutrient availability. Integrated fertilization, combining organic amendments with mineral fertilizers, has emerged as a sustainable strategy to improve soil fertility and increase crop productivity. This study evaluated the effect of organic and mineral fertilization on the yield and profitability of pea (*Pisum sativum* L.) cv. Usuy under agroecological conditions in Huamanguilla, Ayacucho, Peru. The experiment was established using a randomized complete block design with eight treatments and three replications. Different combinations of sheep manure, poultry manure, and mineral fertilizers (N–P₂O₅–K₂O) were evaluated. Agronomic traits, yield components, green pod yield, and economic profitability were determined. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$), and regression analyses.

Significant differences among treatments were observed for most evaluated variables. The treatment consisting of 1.0 t ha⁻¹ sheep manure combined with 43.4–79.7–64.9 kg ha⁻¹ N–P₂O₅–K₂O produced the highest green pod yield (7833.33 kg ha⁻¹), more than doubling the unfertilized control (3360.00 kg ha⁻¹). This treatment also showed superior plant height, improved yield components, the highest economic profitability (317.99%) and the highest benefit-cost ratio (2.65). The results demonstrate that integrated organic-mineral fertilization represents an effective strategy to increase productivity and economic returns of pea cultivation while promoting sustainable soil fertility management under highland conditions.

Keywords: integrated fertilization, sheep manure, poultry manure, pea, yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) constituye una leguminosa de alto valor alimenticio, económico y agronómico, debido a su contenido de proteínas, carbohidratos y minerales esenciales, además de su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Esta característica contribuye a la mejora de la fertilidad del suelo y a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (FAO, 2022; Kumar et al., 2023).

En el Perú, el cultivo de arveja se desarrolla principalmente en las regiones andinas, entre los 2 000 y 3 800 m s. n. m., destacando los departamentos de Cajamarca, Cusco, Huancavelica y Ayacucho (MIDAGRI, 2023). A pesar de su importancia económica y social, los rendimientos promedio nacionales que fluctúan entre 1.2 y 1.5 t ha⁻¹ son inferiores a los alcanzados en países productores como Canadá o China, donde superan las 3 t ha⁻¹ (Mekonnen et al., 2021). Esta brecha productiva se asocia principalmente a deficiencias en el manejo agronómico, uso inadecuado de abonos y escasa reposición de nutrientes en los suelos (INIA, 2022).

El abonamiento orgánico y mineral se presenta como una alternativa eficiente para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad del cultivo. Los abonos orgánicos, como la gallinaza y el estiércol de ovino, aportan nutrientes esenciales, mejoran la estructura del suelo, incrementan la capacidad de retención de agua y promueven la actividad biológica. Por su parte, los fertilizantes minerales —especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)— son indispensables para el desarrollo vegetativo, la floración, la formación y llenado de vainas (Rodríguez et al., 2020). La combinación de ambos tipos de abono permite un suministro equilibrado de nutrientes, mejora la eficiencia de absorción y favorece la sostenibilidad del sistema productivo.

Investigaciones previas desarrolladas en distintas regiones andinas confirman la efectividad de esta combinación. Huamán et al., (2021) evidencian que la aplicación de gallinaza junto con NPK incrementa el rendimiento de arveja en más del 25 %, mejorando las propiedades físicas del suelo. En este contexto, la presente investigación tiene como

propósito evaluar el efecto del abonamiento orgánico (gallinaza y estiércol de ovino) y mineral, se emplearon nitrato de amonio (33,5 % N), superfosfato triple de calcio (46 % P_2O_5) y cloruro de potasio (60 % K_2O). en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo las condiciones agroecológicas del departamento de Ayacucho.

El objetivo general del estudio fue evaluar el efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho-2024

Los objetivos específicos son:

1. Evaluar el efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja
2. Cuantificar el efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En la región andina del Perú, Escalante (2018) analizó el impacto de diferentes sistemas de siembra y tipos de abono en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) determinando que la gallinaza fue el tratamiento más eficiente en términos de rendimiento. Los resultados evidenciaron que este abono permitió alcanzar 1698 kg ha⁻¹ de vaina verde y 968 kg ha⁻¹ de grano verde, superando tanto al estiércol vacuno como a la fertilización química. Del mismo modo, bajo el sistema de siembra en línea con chorro corrido y aplicación de gallinaza, se registró un total de 466 vainas por parcela, lo que demuestra que su incorporación no solo aportó nutrientes fácilmente asimilables, sino que también mejoró las propiedades físicas del suelo y favoreció la formación de vainas. En ese sentido, la gallinaza se consolida como una alternativa sostenible y de gran utilidad para pequeños agricultores de las zonas altoandinas.

Collazos et al. (2018), en una investigación realizada en Chachapoyas, evaluaron el rendimiento de tres cultivares de arveja con fertilización química y orgánica, encontrando diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El tratamiento con fertilización química en la variedad verde rugosa alcanzó un rendimiento de 3022,2 kg/ha y un peso de vaina verde de 6408,3 kg/ha, superando a los demás tratamientos evaluados. Los autores concluyeron que la fertilización incrementa considerablemente los componentes de rendimiento de la arveja, especialmente cuando existe adecuada disponibilidad de nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

De igual manera, Quispe Gonzales (2018), en la localidad de Pampa del Arco, Ayacucho, estudió el efecto del abonamiento orgánico y la inoculación en variedades de arveja. El autor encontró que los tratamientos inoculados y abonados con estiércol de ovino presentaron los mayores rendimientos, destacando la variedad Usuy con 7 870,0 kg ha⁻¹ en vaina verde y 1 500,67 kg ha⁻¹ en grano seco; asimismo, en la variedad Remate se obtuvo 6 605,0 kg ha⁻¹ en vaina verde y 1 293,0 kg ha⁻¹ en grano seco, en la variedad Común 6 463,33 kg ha⁻¹ y 1 248,0 kg ha⁻¹, y en la variedad Andina 6 423,0 kg ha⁻¹ y 1 166,87 kg ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados evidencian que la combinación de

inoculación con estiércol de ovino favorece significativamente la productividad del cultivo de arveja, al superar a los tratamientos sin inoculación ni abonamiento.

Por otro lado, Colos Ayala (2018), en una investigación desarrollada en Huamanga, Ayacucho, evaluó el efecto del abonamiento orgánico en cinco variedades de arveja utilizando estiércol de ovino, vacuno y cuy. Los resultados mostraron que la combinación de la variedad Usui con estiércol de vacuno alcanzó uno de los mayores rendimientos con 9,90 kg por parcela experimental de 10,80 m², además de presentar una rentabilidad de 200 %. El estudio concluyó que los abonos orgánicos contribuyen significativamente al incremento del número de vainas, longitud de vaina y rendimiento del cultivo, debido al aporte gradual de nutrientes y a la mejora de la estructura del suelo.

En investigaciones más recientes, González-Pedraza et al., (2023) evaluaron la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química en el cultivo de arveja en Pamplona, Norte de Santander. El estudio comparó seis tratamientos y reportó que el control alcanzó 5555,56 kg/ha, mientras que el tratamiento con vermicompost a dosis completa llegó a 7777,78 kg/ha y la combinación de abono orgánico con fertilizante químico alcanzó 7936,51 kg/ha; aunque no se hallaron diferencias estadísticas en el rendimiento, estos tratamientos superaron al control en 42,85 % y 39,99 %, respectivamente. En consecuencia, los autores concluyeron que es posible sustituir o complementar la fertilización química con enmiendas orgánicas para reducir el impacto ambiental.

De la misma manera, Devi y Manishwari (2024) evaluaron el efecto de fertilizantes nitrogenados orgánicos e inorgánicos en arveja, y encontraron que el tratamiento 50 % RDN + 50 % vermicompost obtuvo el mejor desempeño, con 13,70 q/ha de rendimiento de semilla, 19,68 q/ha de rastrojo y 42,12 % de índice de cosecha; además, superó al control, que registró 7,40 q/ha de rendimiento de semilla. El mismo tratamiento también mejoró el estado nutricional del suelo, con 252,67 kg/ha de N, 40,42 kg/ha de P y 328,76 kg/ha de K, lo que respalda su utilidad agronómica y económica.

Kadim (publicado en 2021, con ensayo de campaña 2018–2019) evaluó en Basora el efecto de la urea y de tres enmiendas orgánicas en arveja, entre ellas estiércol ovino a 20 t/ha. En ese estudio, el estiércol ovino alcanzó un rendimiento promedio de 1,71 t/d de semillas frescas y, con 100 kg/d de urea, llegó a 1,96 t/d; sin embargo, el mayor rendimiento total correspondió al humato de potasio, con 2,17 t/d en promedio y 2,52 t/d con 100 kg/d de urea. Por rigor académico, el antecedente debe presentarse así, porque el

tratamiento con estiércol ovino sí mejoró el rendimiento, pero no fue el de mayor valor absoluto.

Caldas (2023), en la región Huánuco, evaluó la aplicación de diferentes té de estiércol en el cultivo de *Pisum sativum* variedad INIA 103 remate, entre ellos el preparado a base de estiércol ovino. El estudio mostró que el mejor tratamiento fue el té de estiércol de cuy, con 11,87 t/ha de vaina verde, superando al testigo, que alcanzó 9,17 t/ha; además, dicho tratamiento registró 21,56 vainas por planta, 9,88 granos por vaina y 9,28 cm de longitud de vaina. Estos resultados evidencian que la aplicación líquida de estiércol constituye una alternativa práctica y accesible para pequeños productores de arveja.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, Troya (2020) llevó a cabo una investigación orientada a la recuperación de suelos erosionados mediante el uso de fertilización orgánica, empleando como cultivo indicador a la arveja (*Pisum sativum* L.). Para ello se aplicaron diferentes enmiendas, entre las que destacaron la gallinaza, el estiércol bovino y el vermicompost. Los resultados evidenciaron que todos los tratamientos orgánicos superaron al testigo sin fertilización, resaltando el vermicompost con un rendimiento promedio de 1 080.67 kg ha⁻¹ de grano seco, lo que representó el 90,06 % del rendimiento potencial estimado (1 200 kg ha⁻¹). No obstante, el uso de gallinaza también registró incrementos productivos significativos respecto al control, ubicándose en un nivel intermedio en comparación con las demás fuentes evaluadas. Estos hallazgos permiten concluir que la gallinaza constituye una alternativa viable para potenciar la productividad de la arveja en suelos con baja fertilidad, aunque su efecto final puede variar en función de las características edáficas y del manejo agronómico aplicado al cultivo.

En la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Trujillo (2021) llevó a cabo una revisión aplicada centrada en los requerimientos de fertilización y el manejo nutricional de la arveja (*Pisum sativum* L.). En dicho estudio se señala que, a nivel nacional, el rendimiento promedio de vaina verde alcanza 3,1 t ha⁻¹ y que la inclusión de abonos orgánicos, como la gallinaza, dentro de esquemas de fertilización integrada puede elevar la productividad aproximadamente en un 20 % en comparación con prácticas basadas únicamente en fertilización química. Este efecto se atribuye a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y en las propiedades físicas del suelo. Asimismo, el autor resalta la necesidad de realizar análisis edáficos y validar dosis en condiciones locales

antes de recomendar de manera general el uso de gallinaza en programas de nutrición para arveja.

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Orosco (2023) llevó a cabo la investigación titulada “*Abonamiento con dosis de gallinaza y su influencia en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.)*”, en la cual se analizaron diferentes niveles de aplicación de gallinaza en dicho cultivo. El tratamiento con 10 t ha⁻¹ evidenció la mejor respuesta agronómica, alcanzando una altura promedio de planta de 61,4 cm, un número de vainas por planta de 15,3 y un rendimiento en grano verde de 3 215,6 kg ha⁻¹, mientras que el testigo sin fertilización apenas registró 1 890,2 kg ha⁻¹. Estos resultados ponen de manifiesto que la gallinaza no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también mejora de manera significativa la productividad de la arveja, consolidándose como una alternativa sostenible para fortalecer los sistemas agrícolas de la sierra andina.

Anchivilca (2018) evaluó la influencia del abonamiento orgánico en combinación con la fertilización N, P₂O₅ y K₂O sobre el cultivo de arveja verde (*Pisum sativum L.*) cv. Rondo, bajo condiciones de riego por goteo en Tupicocha, Huarochirí. El tratamiento T5, correspondiente a 80-100-100 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, alcanzó el mayor rendimiento, con 15,80 t/ha de vaina verde, seguido por el tratamiento T2 con estiércol de ovino, que registró 14,72 t/ha. Además, T5 mostró mejores valores en número de granos por vaina, vainas por planta, peso de vaina y peso de 100 granos. Estos resultados evidencian que una fertilización balanceada de N, P₂O₅ y K₂O constituye un factor determinante para optimizar la productividad de la arveja en la sierra central.

En Bangladesh, Haque et al. (2022) llevaron a cabo un experimento durante la campaña agrícola Rabi 2018-2019 con el propósito de analizar la respuesta de la arveja (*Pisum sativum L.*) a la aplicación de estiércoles orgánicos en combinación con fertilizantes minerales N, P₂O₅ y K₂O. Los resultados mostraron que la dosis de 120-60-60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O favoreció un incremento en el número de vainas por planta 13,8 y en el rendimiento de semilla seca 2,45 t ha⁻¹, superando ampliamente al tratamiento sin fertilización 1,64 t ha⁻¹. No obstante, la integración de gallinaza con NPK alcanzó los mayores valores de rendimiento en vaina fresca, lo que evidencia la importancia de combinar fertilización química con aportes orgánicos para optimizar la producción en cultivos de ciclo corto.

1.2. La arveja

1.2.1. Origen y distribución

La arveja (*Pisum sativum* L.) ha sido cultivada desde tiempos muy remotos, con su centro de origen primario ubicado en Asia Central, la región del Mediterráneo y Etiopía, mientras que su centro secundario se encuentra en el Cercano Oriente. Su domesticación ocurrió hace más de 7,000 años antes de Cristo, específicamente en áreas que comprenden Irán, el sureste de Turquía y las tierras altas del valle del Jordán. Durante la conquista española, esta leguminosa fue introducida en la región andina, donde se adaptó fácilmente y se desarrollaron variedades nativas que contribuyen a la diversidad genética local (De Ron, 2015).

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una planta diploide que se ha difundido globalmente gracias a su gran diversidad genética, lo que le permite adaptarse y crecer en diversas regiones y climas. Los guisantes se encuentran entre las 15 legumbres más importantes utilizadas como alimento, ya sea en forma de cereales secos, frescos o en productos derivados como la harina (Bolaños, 1998).

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2024), la producción de arveja en Perú para el año 2024 mostró un crecimiento significativo, con un aumento en las áreas de siembra tanto de arveja grano seco como de arveja grano verde. En particular, la producción de arveja grano seco alcanzó aproximadamente 52,861 toneladas, lo que representa un incremento del 10.5% respecto al año anterior, mientras que la arveja grano verde llegó a cerca de 132,958 toneladas, con un crecimiento del 9.6%. Además, la Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra (ENIS) proyectó un aumento del 4.3% en la siembra total de cultivos transitorios para la campaña agrícola 2024-2025, incluyendo la arveja.

1.2.2. Clasificación taxonómica

Vilcapoma (1991), citado por Sollier (2019) presenta la clasificación taxonómica de la arveja de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
Subreino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Rosidae

Orden	: Fabales
Familia	: Fabaceae
Subfamilia	: Faboideae
Tribu	: Vicia
Género	: Pisum
Especie	: <i>Pisum sativum</i> L.
Nombre común	: Arveja, guisante, chicharos, etc.

1.2.3. Características botánicas

El órgano tradicionalmente consumido de la arveja es su semilla o grano inmaduro, que está compuesto por el embrión y su cubierta protectora llamada testa. El embrión presenta dos grandes cotiledones, además de la radícula, plúmula, hipocótilo, epicótilo y primordios foliares. Los cotiledones almacenan la reserva nutritiva y constituyen aproximadamente el 90% del peso total de la semilla en el momento de su madurez fisiológica. Los granos que están cerca de esta madurez presentan las características deseables para la horticultura: son redondeados, alcanzan casi el tamaño máximo para la variedad, tienen un color verde claro, son firmes y poseen un sabor ligeramente dulce (Castrillón, 2010).

1.2.4. Importancia del cultivo

La arveja (*Pisum sativum* L.) se cultiva principalmente en la sierra del país y es muy valorada por su alto contenido nutricional, destacándose por su aporte significativo de proteínas, minerales como hierro, fósforo y calcio, además de vitaminas (Suasnabar et al., 2021, p. 15). Este cultivo ofrece frutos que constituyen una de las principales fuentes alimenticias para el ser humano, aportando entre un 5 y 7% de proteína (Prado, 2008). A continuación, se presenta una tabla que detalla la composición química del grano de arveja.

Tabla 1.1. Composición nutricional del grano de arveja en estado verde y seco

Componente	Estado	
	Verde %	Seco %
Agua	70-75	10-12
Proteína	5.0-7.0	20-23
Carbohidratos	14-18	61-63
Grasa	0.2-0.4	1.5-2.0
Fibra	2.0-3.0	5.0-7.0
Cenizas	0.5-1.0	2.6-3.0

Nota: Prado (2008)

1.2.5. Variedad

Usuy. Esta variedad se cultiva en las regiones de Cajamarca, Junín, Lambayeque, Ancash, Ayacucho y Lima. Presenta un crecimiento indeterminado y produce granos esféricos y lisos, con un peso de 100 semillas que oscila entre 30 y 35 gramos. Su ciclo vegetativo es semi precoz, con una altura máxima de hasta 1.27 metros y un periodo de desarrollo de entre 120 y 130 días. Esta variedad se adapta bien a diferentes climas del Perú, destacándose por su buen sabor y color, características esenciales para su comercialización. Además, muestra tolerancia al “oídium” (*Erysiphe polygoni*) y responde eficazmente frente a otras enfermedades (Suasnabar et al., 2021).

Tabla 1.2. Características de la arveja variedad Usuy

Características	
Días de floración	72 días
Cosecha en vaina verde	125 días
Cosecha en grano seco	145 días
Altura de la planta	1.40 m
Longitud de la vaina	10-12 cm
Número de granos por vaina	8 a 9
Superficie del grano	Liso
Color de grano en seco	Crema verdosa
Rendimiento en vaina verde (Con tutorado)	10 t/ha
Rendimiento en vaina verde (Sin tutorado)	6 300 kg/ha

Nota. Suasnabar et al. (2021).

1.2.6. Rendimiento del cultivo de arveja

El rendimiento de la arveja (*Pisum sativum* L.) está determinado por factores genéticos, manejo agronómico, fertilización y condiciones edafoclimáticas. Diversas investigaciones reportan que, bajo sistemas de producción tecnificados con adecuada nutrición mineral y orgánica, los rendimientos pueden variar entre 6 y 12 t ha⁻¹ en vaina verde, alcanzando incluso valores superiores a 14 t ha⁻¹ en condiciones óptimas de manejo y fertilización balanceada. En este contexto, la aplicación combinada de abonos orgánicos y fertilizantes minerales contribuye significativamente al incremento del rendimiento del cultivo, al mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la eficiencia de absorción por la planta (INIA, 2024; MIDAGRI, 2025).

1.2.7. Producción de arveja a nivel nacional y regional

La arveja (*Pisum sativum* L.) constituye una de las leguminosas de mayor importancia económica y alimentaria en el Perú, cultivándose tanto en vaina verde como en grano seco, principalmente en las regiones de la sierra. Según estadísticas oficiales del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), la producción nacional de arveja grano verde alcanzó aproximadamente 156 mil toneladas en el año 2025, mientras que la producción de arveja grano seco llegó a 57.3 mil toneladas a nivel nacional, evidenciando la relevancia del cultivo dentro de la agricultura peruana y su aporte a la seguridad alimentaria y economía rural (BCRP, 2025). Además, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) informó que durante la campaña agrícola 2025/2026 se proyectó un incremento de 5.4 % en las áreas sembradas de cultivos transitorios, incluyendo arveja grano verde y arveja grano seco, debido a mejores condiciones climáticas, disponibilidad hídrica y mayor demanda del mercado nacional (MIDAGRI, 2025).

A nivel regional, Ayacucho se consolidó como uno de los principales productores nacionales de arveja grano seco. Según reportes de la Cámara de Comercio de Ayacucho, la región produjo aproximadamente 8 265 toneladas de arveja seca, representando alrededor del 32.9 % de la producción nacional. Este liderazgo productivo se atribuye a las condiciones agroecológicas favorables de la región y a la amplia participación de pequeños productores dedicados al cultivo de leguminosas en zonas altoandinas, donde la arveja constituye una importante fuente de ingresos económicos y alimento para las familias rurales (Cámara de Comercio de Ayacucho, 2024).

1.2.8. Nutrición vegetal de la arveja

La nutrición vegetal es el proceso mediante el cual las plantas absorben, transportan y utilizan nutrientes esenciales para cumplir funciones fisiológicas y metabólicas. En el cultivo de arveja, nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio cumplen funciones importantes en el crecimiento vegetativo, formación de raíces, floración y llenado de granos. El nitrógeno participa en la formación de proteínas y clorofila; el fósforo favorece el desarrollo radicular y la floración; mientras que el potasio interviene en la regulación hídrica y transporte de carbohidratos. Una adecuada nutrición mineral favorece el crecimiento y rendimiento del cultivo (Foth, 1990).

1.2.9. Fertilización y abonamiento

La fertilización consiste en la aplicación de nutrientes al suelo o directamente a la planta para mejorar su crecimiento, desarrollo y productividad. El abonamiento orgánico aporta materia orgánica y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando la retención de humedad y actividad microbiana. Por otro lado, la fertilización mineral proporciona nutrientes de rápida disponibilidad y absorción por la planta, permitiendo cubrir los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. La combinación del abonamiento orgánico y mineral constituye una estrategia importante para incrementar la fertilidad del suelo y mejorar el rendimiento de la arveja en sistemas agrícolas sostenibles (INIA, 2024).

1.2.10. Morfología de la arveja

Raíz. La arveja presenta una raíz pivotante, con una raíz principal robusta y múltiples raíces secundarias, las cuales a su vez generan raíces terciarias delgadas, formando así un sistema radicular de tipo fasciculado (Huamanchay, 2013).

Tallo. Los tallos de la arveja son largos, delgados y huecos en su interior. Según su tamaño, las variedades se clasifican en tres grupos: las variedades bajas que alcanzan hasta 45 centímetros de altura; las de crecimiento medio, que crecen de forma postrada y pueden llegar hasta 70 centímetros; y las variedades de enrame, que pueden medir hasta 2 metros y requieren soporte o tutores para su desarrollo (Huamanchay, 2013).

Hoja. Durante el desarrollo de la planta, las dos primeras hojas se conocen como “brácteas trifidas” y se originan justo encima del nudo cotiledonar, pudiendo estar bajo tierra o en la superficie. Las hojas verdaderas son compuestas, alternas y paripinnadas; en

la parte inferior de las ramas son bifoliadas, y a medida que se asciende, pueden presentar hasta seis foliolos con forma ovalada y bordes enteros o dentados. El extremo del raquis termina en estructuras delgadas llamadas zarcillos, que pueden ser simples o ramificados, y son más largos que el pecíolo. Estas estructuras tienen la particularidad de ser sensibles y pre-sensibles (Suasnabar et al., 2021).

Flor. El cultivo de arveja se caracteriza por una polinización autógama, en la cual el polen de las anteras se deposita en el estigma de la misma flor dentro de una misma planta. La estructura floral de la arveja incluye el estandarte, las alas, la quilla, el ovario que contiene los óvulos, así como los estambres y anteras (Nicho, 2018).

Vaina y el grano. Los frutos de la arveja son vainas o legumbres que presentan una ligera curvatura y varían en grosor, dentro de las cuales se encuentran los granos. Cada vaina contiene entre 4 y 10 semillas. Al secarse, estos granos son esféricos y pueden tener colores que van desde el blanco y crema hasta el verde claro, presentándose con superficies lisas o arrugadas (Huamanchay, 2013).

Semilla. Las semillas de arveja pueden tener forma esférica o angular y su tamaño varía según el diámetro, clasificándose en pequeños (menos de 8 mm), medianos (entre 8 y 10 mm) y grandes (más de 10 mm). Su superficie puede ser lisa o rugosa, y presentan colores que van desde blanco lechoso, verde claro, azul verdoso, gris hasta amarillo pálido. El hilum es pequeño, ovalado y puede ser claro o negro, dependiendo de la variedad (Suasnabar et al., 2021).

1.2.11. Condiciones agroecológicas.

De acuerdo con Puga (1992), el cultivo de arveja se desarrolla adecuadamente en altitudes comprendidas entre 2,400 y 3,200 m s. n. m., bajo condiciones de precipitación anual que oscilan entre 500 y 1,000 mm y temperaturas óptimas de 12 a 18 °C. Además, requiere suelos de textura franca, con un pH que varía de 6.0 a 7.5. El mismo autor indica que la arveja requiere las siguientes condiciones agroclimáticas:

Temperatura. La arveja es un cultivo propio de climas templados y ligeramente húmedos, capaz de tolerar condiciones frías durante la germinación y en las primeras fases de desarrollo, lo que favorece el establecimiento radicular. A medida que avanza el ciclo vegetativo, el requerimiento térmico se incrementa, siendo particularmente importante en la etapa de floración y en el llenado de vainas. De manera general, la

temperatura óptima para su desarrollo se sitúa entre 12 y 18 °C, mientras que la mínima tolerada puede descender hasta aproximadamente 10 °C.

Precipitación. El cultivo de arveja demanda una precipitación promedio comprendida entre 500 y 1,000 mm a lo largo de su ciclo vegetativo, condición necesaria para un adecuado crecimiento y desarrollo.

Luminosidad. El cultivo de arveja necesita una disponibilidad lumínica diaria de aproximadamente 5 a 9 horas de sol, condición que favorece sus procesos fisiológicos y el desarrollo óptimo de la planta.

Altitud. La arveja presenta mejor adaptación en zonas ubicadas entre 2,400 y 3,200 m s. n. m., rango altitudinal que le proporciona condiciones favorables para su desarrollo y productividad.

Suelos. La arveja es un cultivo que muestra capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelos, desde franco-arenosos hasta franco-arcillosos, siempre que presenten buen drenaje, adecuada estructura, profundidad y fertilidad. Se recomienda un pH comprendido entre 6.0 y 7.5, además de una adecuada capacidad de retención y almacenamiento de agua, condición fundamental para garantizar el normal abastecimiento hídrico durante el ciclo del cultivo, especialmente en las etapas de floración y llenado de vainas.

1.2.12. Requerimiento nutricional

La arveja (*Pisum sativum* L.) es una especie que produce granos con un alto contenido proteico, que oscila entre el 20 y 24%, y requiere una nutrición rica en nitrógeno para su desarrollo óptimo (Ferraris y Couretot, 2013). A continuación, se presentan los requerimientos nutricionales específicos para este cultivo.

Tabla 1.3. *Requerimiento nutricional de la arveja*

Nutrientes	Kg t ⁻¹ producida
Nitrógeno (N)	42
Fósforo (P)	05
Potasio (K)	24
Magnesio (Mg)	04
Azufre (S)	02

Nota: Ferraris y Couretot (2013).

1.2.13. Principales plagas

Según Suasnabar et al. (2021), las plagas más comunes que afectan al cultivo de arveja o guisante son las siguientes:

El gusano picador *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: *Pyralidae*) es una plaga que, aunque es cada vez más significativa en el cultivo de maíz, también afecta a los guisantes, considerándose una plaga potencial para este cultivo. Esta especie se encuentra distribuida a lo largo de todo el continente americano y, en Perú, está presente en la costa, en los valles cálidos de la sierra y en la selva alta

Los gusanos cortadores o gusanos de tierra, pertenecientes a las especies *Agrotis ipsilon*, *Agrotis malefida* y *Agrotis subterranea*, causan daños principalmente en la etapa inicial del cultivo de arveja, al cortar las plántulas recién germinadas, lo que disminuye la densidad de plantas por hectárea. Estas plagas tienen una distribución global y, en Perú, se encuentran presentes en todas las regiones donde existen plantas hospedantes.

Los escarabajos verdes de la hoja, que incluyen las especies *Diabrotica viridula*, *Diabrotica speciosa* y *Diabrotica decempunctata*, son considerados plagas secundarias y, por lo general, no generan daños que resulten en pérdidas económicas significativas. En el Perú, estas especies están distribuidas en tres regiones naturales diferentes.

La mosca minadora de las hojas (*Liriomyza huidobrensis*) provoca daños tanto en su etapa adulta como larval, aunque las larvas son las que generan el mayor impacto. Las perforaciones realizadas por las hembras adultas durante la oviposición y la alimentación no representan un problema económico relevante. Sin embargo, las larvas se alimentan del parénquima foliar, creando galerías y minas que posteriormente se secan o necrosan, lo cual reduce la superficie foliar disponible. Este daño afecta el proceso fotosintético de la planta hospedera y, en consecuencia, disminuye el rendimiento del cultivo, ocasionando pérdidas económicas.

Los áfidos o pulgones (*Myzus persicae*) dañan las plantas al extraer la savia del floema, lo que provoca un debilitamiento y detención del crecimiento debido a la falta de nutrientes. La concentración de proteínas en la cámara filtradora y la excreción de azúcares afectan negativamente la fotosíntesis. Además, las toxinas presentes en la saliva de estos insectos causan deformaciones en las hojas.

La mosca blanca del tabaco, representada por *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*, causa daños tanto en su etapa adulta como en la de ninfa. El perjuicio directo ocurre cuando estos insectos succionan la savia de las plantas, lo que disminuye su vigor y afecta la productividad del cultivo. En casos de infestaciones severas, las hojas presentan síntomas como amarillamiento y sequedad. Además, el daño indirecto se produce debido al desarrollo de hongos que crecen sobre la melaza excretada por la mosca blanca, formando fumagina, la cual impide el proceso de fotosíntesis.

La arañita roja (*Tetranychus cinnabarinus*) causa daños al alimentarse, insertando su estilete en las hojas para extraer el contenido celular. Esto genera manchas amarillentas y áreas secas en la superficie foliar, afectando también a las vainas. En casos de infestaciones severas, puede producirse la caída de las hojas, lo que disminuye significativamente el rendimiento del cultivo.

1.2.14. Principales enfermedades

Según Sáenz (2020), las enfermedades pueden presentarse en diversas etapas del desarrollo vegetativo del cultivo de arveja.

La aparición de enfermedades en el cultivo de arveja se presenta en todas las etapas vegetativas, aumentando desde un 3,4% durante el desarrollo vegetativo hasta alcanzar niveles de daño de hasta el 18,08% en la fase de llenado de vainas.

En las primeras etapas del cultivo, se identifican enfermedades como *Damping off* y *Fusarium*, las cuales afectan negativamente la capacidad de crecimiento de las plántulas de arveja.

Durante la etapa vegetativa de floración, el cultivo puede verse afectado por la presencia de *Fusarium*, *Oídium* y *Tizón*.

La antracnosis. Newholland (2022), es conocida como mancha de ascochyta, es causada por un conjunto de hongos, principalmente (*Ascochyta pisi*), que pueden sobrevivir durante el invierno en los restos de plantas o ser transmitidos a través de semillas infectadas durante la siembra. Generalmente, los síntomas asociados a esta enfermedad incluyen:

- Pequeñas manchas irregulares de color marrón que aparecen en las hojas inferiores, los tallos y los zarcillos.
- Podredumbre en la base del tallo.
- Las lesiones en la base provocan debilitamiento del tallo, lo que puede causar el encamado del cultivo y una disminución en el rendimiento.

La pudrición de raíz. La pudrición de la raíz, provocada por diversos hongos como (*Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*), es una enfermedad común en el cultivo de arveja. Esta condición se agrava en suelos fríos y húmedos. Las semillas pueden ablandarse y pudrirse, mientras que las plántulas suelen morir debido a daños en el tallo. Los síntomas característicos de esta enfermedad incluyen:

- Manchas de color marrón rojizo a negro en las raíces primarias y secundarias.
- La unión de estas manchas en etapas avanzadas, formando una banda circular alrededor de la base del tallo.
- Crecimiento reducido, amarillamiento y necrosis en la zona basal.

Para prevenir la pudrición de la raíz de los guisantes, considere comprar semillas libres de enfermedades o semillas que hayan sido tratadas previamente con fungicidas. Además,

es importante rotar los cultivos y sembrar con un espaciamiento adecuado en un suelo bien drenado. También se recomienda no regar en exceso (Newholland, 2022).

Roya del guisante. La enfermedad es provocada por el hongo biotrófico obligado *Uromyces pisi*, el cual afecta las partes aéreas de la planta, incluyendo hojas, tallos, pecíolos y ocasionalmente las vainas. Bajo condiciones favorables, las pérdidas en el cultivo pueden ser significativas (Barilli, 2007).

El oídio. Se presenta en la costa y en las zonas montañosas (sierra), donde los síntomas más severos suelen manifestarse durante la fructificación y el envejecimiento del cultivo. La oidiosis es la enfermedad más común y extendida en las plantas.

Es causada por el hongo *Erysiphe polygoni*, que se desarrolla en la superficie del huésped. Este hongo forma un micelio escaso compuesto por conidios con forma de barril. La producción de cleistotecios globosos es rara; sin embargo, cuando aparecen, pueden encontrarse agrupados o dispersos (Suasnabar et al., 2021).

Mildiu. Estos patógenos atacan principalmente las hojas jóvenes y tiernas de las plantas, propagándose rápidamente y afectando tejidos como hojas, ramas y vainas. La enfermedad es causada por *Peronospora viciae* (Suasnabar et al., 2021).

En las plántulas germinadas, los síntomas sistémicos incluyen oscurecimiento y deformación. En las áreas afectadas se observa una erupción de color gris plomo, que corresponde a la esporulación del hongo. En el haz de las hojas inferiores aparecen grandes manchas amarillentas, mientras que en el envés se forman zonas grisáceas y peludas debido a la fructificación fúngica (esporangioforos y esporangios). En casos graves, los síntomas pueden extenderse también al lado superior de la hoja (Velázquez, 2015).

1.2.15. Manejo agronómico

De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020) y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA, 2020), para un manejo adecuado del cultivo es importante considerar las siguientes acciones:

Época de siembra. El período óptimo para la siembra se extiende desde septiembre hasta diciembre (INIA, 2004)

Selección de semillas. Es fundamental verificar que las semillas estén libres de enfermedades antes de la siembra. Se recomienda desinfectarlas y almacenarlas en un lugar con buena ventilación (INIA, 2020).

Tipo de siembra. La siembra se realiza preferentemente en lomo del surco, ya que este sistema facilita el riego de los cultivos. La distancia entre surcos debe estar entre 0,8 m a 1,0 m (INIA, 2020).

Abonamiento. INIA (2020) recomienda la aplicación de 10 toneladas por hectárea de materia orgánica, como humus y compost, entre otros. La dosis de fertilización debe ajustarse según el análisis del suelo, aunque se sugiere una fertilización con una proporción de 40-80-60 de N-P₂O₅-K₂O

Aporque. Esta actividad se lleva a cabo 45 días después de la siembra, lo que contribuye a mejorar la estabilidad del cultivo, incrementa la aireación del sistema radicular y ayuda a mantener el terreno libre de malezas (INIA, 2004).

Riego. Es importante evitar el riego excesivo por inundación, sobre todo en suelos con drenaje deficiente.

Control de maleza. Los métodos más comunes para el control de malezas en el cultivo de arveja son:

Control cultural: consiste en eliminar las malezas una vez que han emergido en el campo, ya sea de forma manual o mecánica.

Control químico: implica el uso de herbicidas autorizados por SENASA. Se recomienda alternar los herbicidas empleados para prevenir que las malezas desarrollen resistencia a los productos.

Dado que las malezas compiten intensamente con la arveja, es aconsejable mantener el terreno libre de arvenses durante los primeros 45 días después de la siembra (SENASA, 2020, p. 6).

Uso de tutores. El uso de soportes al cultivar ciertas variedades de arveja puede incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del cultivo. Este manejo facilita una mejor captación de la luz solar, un control más efectivo de plagas y enfermedades, así como una cosecha más sencilla (SENASA, 2020).

Cosecha. La recolección manual de las vainas verdes comienza aproximadamente a los 80 días después de la siembra. En cambio, la cosecha del grano seco se realiza cortando la planta al nivel del suelo (INIA, 2020).

1.3. Abonamiento orgánico y mineral

Abonamiento orgánico mineral se define como la aplicación combinada de abonos orgánicos y fertilizantes minerales con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Según Foth (1990), los abonos orgánicos contribuyen al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementando la materia orgánica, retención de humedad y actividad microbiana. Por otro lado, los fertilizantes minerales aportan nutrientes de rápida disponibilidad, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), necesarios para el adecuado desarrollo fisiológico de las plantas.

Asimismo, Marschner (2012) sostiene que la nutrición mineral constituye un componente esencial del crecimiento vegetal, debido a que los elementos minerales participan en procesos fisiológicos decisivos para la formación de tejidos, el metabolismo y la productividad de los cultivos. En esa misma dirección, el abonamiento orgánico puede definirse como la incorporación al suelo de estiércoles, compost, residuos vegetales o enmiendas de origen biológico, cuyo efecto principal no se limita al suministro de nutrientes, sino que incluye la mejora de la materia orgánica, la estructura del suelo, la retención de humedad, la actividad microbiana y la disponibilidad progresiva de nutrientes. Por su parte, el abonamiento mineral se refiere a la aplicación de fertilizantes inorgánicos que aportan nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, en formas rápidamente disponibles para la planta; no obstante, su uso debe ser racional, porque la sobre fertilización puede ocasionar pérdidas de nutrientes, contaminación de aguas y deterioro ambiental. En el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), la combinación de abonamiento orgánico y mineral resulta particularmente relevante, ya que permite satisfacer la demanda nutricional del cultivo en etapas críticas, favorecer el crecimiento vegetativo, promover una mayor formación de vainas y contribuir al incremento del rendimiento, sin descuidar la conservación de la fertilidad del suelo a mediano y largo plazo.

1.3.1. Función de la materia orgánica

La materia orgánica juega un papel esencial en la salud del suelo, ya que aumenta su capacidad de retener agua, mejora la estructura del mismo y facilita el acceso de las plantas a nutrientes vitales. Asimismo, sirve como fuente de carbono y energía para los microorganismos del suelo, que son fundamentales en los procesos biológicos que apoyan el desarrollo vegetal. De acuerdo con un informe del Soil Health Institute citado por el CIMMYT, un incremento del 1% en el contenido de carbono orgánico del suelo puede aumentar la retención de agua en cerca de 3 milímetros, lo cual fortalece la resistencia del suelo ante condiciones de sequía y contribuye a una mayor productividad agrícola (Fonteyne, 2023).

El uso de abonos orgánicos en el suelo favorece la actividad biológica, mejora la capacidad de intercambio de nutrientes, regula el balance hídrico y eleva el contenido de materia orgánica, contribuyendo a una mejor estructura edáfica. Como consecuencia, los suelos presentan menor susceptibilidad a la erosión, mayor capacidad de retención de nutrientes y un desarrollo radicular más eficiente en los cultivos. Estos efectos, a su vez, potencian la acción de los fertilizantes minerales, incrementando la productividad agrícola y optimizando su utilización económica (Escalante, 2018).

Un suelo con un nivel adecuado de materia orgánica se convierte en un sistema activo, ya que proporciona suficiente dióxido de carbono para la síntesis microbiana y mantiene una dinámica biológica constante. Los compuestos húmicos, fúlvicos y las huminas, generados durante el proceso de descomposición, mejoran la capacidad del suelo para solubilizar y liberar minerales esenciales. Asimismo, la materia orgánica constituye una fuente importante de nutrientes y de sustancias con efecto promotor del crecimiento vegetal (Rojas, 2017).

Propiedades físicas. Se ha señalado que la aplicación de abonos orgánicos en dosis adecuadas favorece la agregación del suelo, reduce su densidad aparente y mejora la conductividad eléctrica. La materia orgánica humificada, en interacción con los minerales de arcilla, contribuye a una mejor estructura edáfica, lo que se traduce en una adecuada aireación y un drenaje interno más eficiente. Estos efectos corrigen problemas de exceso o deficiencia de aireación y drenaje tanto en suelos arcillosos como arenosos. Asimismo, el abonamiento orgánico incrementa de manera directa e indirecta la capacidad del suelo para almacenar agua, al optimizar propiedades físicas como la granulación (Álvarez et al., 2021).

Según Sánchez (2018), los abonos orgánicos pueden clasificarse en función de sus propiedades físicas, las cuales determinan su comportamiento y efecto en el suelo como:

Su coloración oscura, incrementa la capacidad del suelo para absorber radiación solar, lo que eleva su temperatura y contribuye a una mayor disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes por las plantas.

Mejorar la textura del suelo, aligerando los suelos arcillosos y compactos, en tanto que aportan mayor consistencia a los de textura arenosa. Asimismo, favorecen la regeneración de la permeabilidad del suelo, al mejorar simultáneamente sus condiciones del drenaje y aireación.

Disminuir los procesos de erosión hídrica y eólica, al mismo tiempo que incrementan la capacidad del suelo para retener agua, favoreciendo su conservación y sostenibilidad.

Fortalecer el poder tampón del suelo, lo que atenúa las variaciones en su pH. Asimismo, incrementa la capacidad de intercambio catiónico, favoreciendo una mayor retención y disponibilidad de nutrientes, lo que repercute positivamente en la fertilidad edáfica.

Mejoran la aireación y el nivel de oxigenación del suelo, al estimular tanto la actividad radicular como el dinamismo de los microorganismos aerobios que intervienen en los procesos biológicos del ecosistema edáfico.

Fuente primaria de energía para los microorganismos edáficos, estimulando su proliferación y, en consecuencia, la conservación de los recursos del suelo y el incremento del rendimiento agrícola. Asimismo, promueven la estabilidad de la biota edáfica y constituyen un componente estratégico para mantener la fertilidad biológica, física y química del suelo, lo cual favorece el desarrollo óptimo de los cultivos y la obtención de cosechas de mayor calidad y productividad.

Propiedades químicas. La materia orgánica está integrada por diversos compuestos que inciden directamente en las propiedades del suelo. En este sentido, los suelos tienden a acidificarse cuando presentan un alto contenido de ácidos húmicos, situación asociada también a la presencia de compuestos poliurómicos. Asimismo, posee una considerable cantidad de radicales carboxilos que, al ionizarse, liberan iones H^+ , lo que la convierte en una fuente importante de protones. Los componentes de la materia orgánica son variados y, en gran medida, corresponden a nutrientes esenciales para las plantas. Durante

su proceso de descomposición, dichos nutrientes pasan a la solución del suelo, quedando disponibles para la absorción vegetal (Quispe, 2018).

Propiedades biológicas. En cuanto a las propiedades biológicas, la materia orgánica constituye un soporte fundamental para una amplia diversidad de microorganismos, convirtiendo al suelo en un sistema activo y dinámico. Además, actúa como fuente de compuestos que promueven el crecimiento, entre ellos hormonas y fitohormonas, lo que reafirma su papel esencial como base del desarrollo de la vida microbiana en el suelo (Cáritas del Perú, 2007).

Relación carbono nitrógeno de los abonos. Tisdale y Nelson (1982) señalan que la proporción entre el carbono y el nitrógeno en los materiales orgánicos, conocida como relación C/N, refleja el equilibrio de estos dos elementos en el suelo. De manera general, la materia orgánica presenta una relación cercana a 10:1. Cuando los residuos orgánicos poseen una relación C/N superior a 30, se produce inmovilización del nitrógeno durante las primeras fases de descomposición; en cambio, cuando la relación se ubica entre 20 y 30, no suele presentarse inmovilización ni liberación significativa de nitrógeno mineral. Finalmente, si la relación C/N es menor a 20, generalmente ocurre una liberación de nitrógeno mineral al inicio del proceso de descomposición.

1.4. El estiércol

Los estiércoles se definen como residuos orgánicos producidos a partir de la digestión de los alimentos consumidos por los animales. En las unidades agrícolas, la crianza de especies como ovinos, cuyes, aves, équidos, bovinos y porcinos permite obtener este recurso, el cual es ampliamente utilizado para mejorar la fertilidad de los suelos (Gomero et al., 1999)

La aplicación de estiércol en los suelos genera múltiples beneficios, entre los que destacan el suministro de nutrientes, la mejora en la retención de humedad y el estímulo de la actividad biológica, factores que en conjunto favorecen el incremento de la productividad agrícola. Además de su aporte a la materia orgánica, diversos estudios evidencian que la práctica del estercolado contribuye a mejorar las propiedades físicas del suelo, ya que reduce la densidad aparente, incrementa la porosidad total y la macroporosidad, fortalece la estabilidad estructural y optimiza la capacidad de almacenamiento de agua, efectos observados con la incorporación de diferentes tipos de estiércoles (Gros, 1992).

El abonado orgánico influye de manera significativa en la condición biológica del suelo. El estiércol, debido a la diversidad y abundancia de microorganismos que contiene, ejerce un efecto positivo al promover transformaciones químicas tanto en el propio material orgánico como en el suelo. Dichos procesos permiten que nutrientes inicialmente no disponibles pasen a formas asimilables por las plantas. Asimismo, la incorporación de estiércol favorece el incremento en la población y actividad de organismos de la fauna edáfica, como las lombrices (CLADES, 1998).

Los animales solo logran asimilar una fracción reducida de los alimentos que consumen, mientras que cerca del 80% de los nutrientes restantes se eliminan junto con el estiércol. Este contenido de elementos nutritivos convierte al estiércol en una fuente importante para enriquecer los suelos (Labrador, 2001).

La composición química de los estiércoles presenta variaciones significativas determinadas por la especie animal, el tipo de alimentación y el manejo aplicado, lo que genera distintos efectos en el suelo. No obstante, de manera general se les atribuye un contenido promedio de 0,5% de nitrógeno, 0,25% de fósforo y 0,5% de potasio; con ello se evidencia que, en comparación con el nitrógeno y el potasio, el aporte de fósforo suele ser menor (Labrador, 2001).

Tabla 1.4. Comparación del contenido de distintos tipos de estiércol (Sarmiento, 1998)

Especie	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CE (mS/cm)	pH	C/N
Vaca	1.95	3.43	3.33	19.0	7.8	34.9
Cabra	12.8	1.26	2.91	11.0	8.5	17.2
Cerdo	4.0	6.98	0.52	5.4	7.1	9.8
Gallina	2.0	4.08	2.02	9.2	7.1	10.9
Codorniz	1.5	0.19	1.19	20.0	8.2	22.4
Oveja	8.2	2.1	8.4	-	8.51	14.3

Fuente: (Sarmiento, 1998)

Según Andrade (2012), la agricultura orgánica se concibe como una estrategia de desarrollo orientada a superar las limitaciones de la producción convencional. Más que un simple conjunto de técnicas de cultivo, representa un enfoque integral que se sustenta en el manejo adecuado del suelo, la promoción del uso de insumos locales, la generación de valor agregado y el establecimiento de cadenas de comercialización más equitativas.

Funica (s.f.) señala que el estiércol animal empleado como abono orgánico tiene como propósito acondicionar el suelo, incrementando su contenido de humus y mejorando su

estructura, además de favorecer la actividad microbiana y mesofauna edáfica. De manera complementaria, aporta macro y micronutrientes, con concentraciones que varían entre 1.1–3.0 % de N, 0.3–1.0 % de P y 0.8–2.0 % de K los cuales son liberados de forma gradual, a diferencia de lo que ocurre con los fertilizantes químicos.

1.5. Gallinaza

La gallinaza es reconocida como un fertilizante orgánico cuyo valor agronómico varía según la dieta de las aves y el sistema de crianza empleado. En explotaciones de piso, este residuo está conformado por las deyecciones de las gallinas mezcladas con materiales absorbentes como viruta, pasto seco o cascarilla, los cuales permanecen acumulados en el galpón durante todo el ciclo productivo. En contraste, la gallinaza proveniente de sistemas en jaula está compuesta por excretas, plumas, restos de alimento y fragmentos de huevos rotos que se acumulan al caer al suelo. Este tipo de gallinaza presenta un alto contenido de humedad y de nitrógeno, el cual se volatiliza con rapidez, ocasionando olores desagradables y disminuyendo su calidad como abono orgánico (Estrada, 2005)

Cuando la materia orgánica contenida en la gallinaza se mineraliza de manera adecuada, gran parte de ella se transforma en humus, un compuesto con alto contenido de carbono que favorece la mejora de las características físicas y químicas del suelo (Barahona et al., 2015)

El uso de gallinaza tiene el potencial de incrementar de manera considerable la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, efecto que está estrechamente relacionado tanto con la dosis aplicada como con las características propias del tipo de suelo (Dikinya et al., 2010)

Existen dos clases de gallinaza, Estrada (2005) menciona:

La gallinaza proveniente de sistemas de crianza en jaulas se genera a partir de los desechos de las aves, como plumas, excretas y restos de alimento, que se van acumulando en dichos espacios. Su composición nutricional, que incluye nitrógeno, minerales y fibra; depende principalmente del tipo de ave, su dieta y el tiempo de permanencia del material en la cama. De acuerdo con estudios, no se observan diferencias relevantes entre la gallinaza de piso y la de jaula, ya que ambas aportan nutrientes fácilmente asimilables por las plantas. En promedio, un kilogramo de gallinaza, independientemente de su origen, contiene alrededor de 17 g de nitrógeno, 0.81 g de fósforo, 5.70 g de potasio, 1.12 g de calcio, 0.70 g de

magnesio y 2.10 g de azufre. Además, presenta un pH cercano a 8.2, lo que la convierte en una alternativa favorable para la corrección de suelos ácidos.

La gallinaza producida en sistemas de crianza en piso proviene de aves mantenidas sobre camas elaboradas con materiales como cascarilla de arroz, aserrín u otros sustratos absorbentes. Se estima que cada gallina genera en promedio 138 gramos de deyecciones por día, lo que representa cerca de 50 kilogramos al año, de los cuales alrededor del 25% corresponde a materia seca. En términos prácticos, esto equivale a unos 12.5 kilogramos de excretas secas por ave anualmente. Cabe señalar que únicamente el 19% del nitrógeno ingerido es aprovechado en la producción de carne o huevos, mientras que el porcentaje restante se expulsa mediante las excretas y la orina.

En las camas utilizadas para el engorde de pollos, el contenido de nitrógeno tiende a reducirse a partir de los dos meses, principalmente por el proceso de volatilización. A medida que transcurre el tiempo, en el caso de las aves ponedoras, se observa un incremento en el contenido de cenizas, lo que se atribuye a la acumulación de excretas con alto contenido mineral, la pérdida de nitrógeno y materia orgánica, así como la mezcla con partículas de suelo generada cuando las aves escarban. Asimismo, se ha reportado que durante el almacenamiento de las excretas pueden perderse hasta un 75% del nitrógeno y alrededor del 50% de la materia orgánica en un lapso de diez semanas.

La importancia de la gallinaza, Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI, 2015) señala:

La industria avícola, por su alta producción, no solo abastece de carne y huevos, sino que también genera residuos orgánicos valiosos como la gallinaza. Este subproducto se considera una enmienda agrícola de gran importancia, ya que aporta nutrientes esenciales entre ellos nitrógeno, fósforo y potasio, contribuye al incremento de la materia orgánica en el suelo, mejorando de esta manera la fertilidad y las condiciones productivas del mismo.

La gallinaza corresponde a la acumulación de excretas de gallinas ponedoras durante el periodo de producción o de desarrollo de las aves, las cuales se mezclan con restos de alimento y plumas. Según el sistema de manejo empleado, este

material puede estar acompañado o no de los componentes de la cama utilizada en la crianza.

La calidad de la gallinaza depende de diversos factores, entre ellos la dieta suministrada a las aves, la edad de los pollos, la presencia de plumas, el nivel de desperdicio de alimento, así como las condiciones ambientales de temperatura y ventilación dentro del gallinero. Un aspecto clave es el tiempo de permanencia del estiércol en el galpón, ya que su almacenamiento prolongado favorece la liberación de amoníaco y con ello una reducción considerable del nitrógeno disponible. De igual forma, los procesos de manejo posteriores, como el secado, tienen una influencia directa en las características finales del abono (Estrada, 2005)

Cuando se maneja de manera adecuada, el estiércol de gallina constituye una fuente orgánica de fertilización muy eficiente, ya que proporciona altos niveles de nitrógeno junto con cantidades relevantes de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y diversos micronutrientes. Su incorporación al suelo favorece la mejora de la fertilidad, la calidad y el aumento de la materia orgánica. Sin embargo, la composición y valor nutritivo de la gallinaza pueden variar en función de diferentes factores, por lo que se recomienda realizar un análisis previo en un laboratorio especializado para determinar su aporte real de nutrientes y establecer una dosis de aplicación adecuada. A diferencia de otros abonos orgánicos, la gallinaza destaca por su mayor concentración de elementos esenciales (INTAGRI, 2015).

Berrocal (2013) señala que el guano de las islas no solo aporta nutrientes, sino también microorganismos benéficos que enriquecen el microbiota del suelo y aumentan significativamente su actividad biológica, lo cual le confiere características de un “organismo vivo”. Entre dichos microorganismos destacan las bacterias nitrificantes de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. El primer grupo convierte el amonio en nitrito, mientras que *Nitrobacter* transforma el nitrito en nitrato, que constituye la principal forma en que las plantas absorben el nitrógeno del suelo (NO_3^-).

1.6. Estiércol de ovino

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008), el estiércol de ovino se caracteriza por contener compuestos de lenta descomposición, lo que provoca que su liberación de nutrientes ocurra de manera gradual. Durante el primer año, puede aportar hasta un 30% del nitrógeno total disponible,

mientras que el efecto residual se mantiene en los años siguientes. Dicho impacto depende de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas, las prácticas de manejo agrícola y los cultivos establecidos, además de las combinaciones con otros fertilizantes.

El estiércol de ovino está constituido principalmente por las heces y la orina de este ganado, además de materiales que suelen mezclarse en su cama, como paja u otros residuos vegetales. Este abono se considera una enmienda orgánica que mejora las propiedades físicas del suelo, ya que favorece la infiltración del agua, promueve el desarrollo radicular, incrementa la aireación y contribuye a disminuir la erosión. Asimismo, al elevar la capacidad de intercambio catiónico (CIC), permite retener una mayor cantidad de nutrientes y, en consecuencia, reduce las pérdidas por lixiviación, Servicio de Parques de Lim (SERPAR, 2004)

Tabla 1.5. *Contenido de nutrientes en estiércol de ovino.*

Parámetro	Estiércol de ovino
% M. seca	16
% N	2
% P ₂ O ₅	0.5
% K ₂ O	1.8
% MgO	0.25
% SO	0.36

Fuente: (SERPAR, 2004)

1.7. Fertilización química

Según Domínguez (1982), un fertilizante puede definirse de manera general como cualquier sustancia que aporte, en forma aprovechable, cantidades significativas de uno o más nutrientes esenciales para los cultivos. Sin embargo, el término se ha utilizado con mayor frecuencia para designar a los fertilizantes químicos inorgánicos que suministran los macronutrientes principales: nitrógeno, fósforo y potasio, pudiendo también contener otros elementos nutritivos.

Porta (1999) explica que los fertilizantes minerales aportan nutrientes en formas químicas fácilmente absorbidas por las plantas, tales como NO₃⁻, NH₄⁺, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻ y K⁺, a diferencia de los abonos orgánicos, cuya disponibilidad es más lenta.

1.8. Principios de la fertilización

La fertilidad del suelo se concibe como la capacidad que este posee para proporcionar a las plantas todos los nutrientes que requieren, en el momento oportuno, en cantidades

suficientes y en una forma que puedan asimilar. La disponibilidad de dichos nutrientes no depende únicamente de la forma química en que se encuentren, sino también de factores como las condiciones climáticas, las características genéticas de la planta, su etapa de desarrollo, así como de las propiedades físicas y químicas del suelo y de las prácticas de manejo aplicadas (García y Ruano, 2009, citado por Romero, 2019).

Ley de la restitución. Es fundamental reponer los nutrientes que las cosechas extraen para evitar la pérdida de fertilidad del suelo y asegurar una adecuada nutrición de los cultivos futuros; sin embargo, la fertilización no debe limitarse únicamente a esta restitución, sino que su objetivo principal es conservar y mejorar la fertilidad del suelo. Esto se debe a que muchos suelos son naturalmente pobres y requieren la incorporación de diversos nutrientes, además de que fenómenos como la erosión y el lavado incrementan las pérdidas, y las plantas presentan necesidades nutricionales en momentos específicos de su desarrollo, cuando las reservas del suelo pueden resultar insuficientes (García y Ruano, 2009, citado por Romero, 2019).

Ley del mínimo de Justus von Liebig. En 1840 se formuló el principio según el cual el rendimiento de un cultivo está condicionado por el nutriente presente en menor cantidad, de modo que la carencia de un elemento esencial no puede ser compensada por el exceso de otros. Este planteamiento subraya la necesidad de garantizar un suministro equilibrado de nutrientes para alcanzar una producción óptima. Asimismo, los nutrientes no actúan de manera aislada, sino que establecen interacciones positivas; por ejemplo, un adecuado aporte de potasio potencia la eficiencia del nitrógeno, y en el suelo la presencia de compuestos como el sulfato y el nitrato amónico favorece la solubilidad del fósforo (García y Ruano, 2009, citado por Romero, 2019).

Ley de los rendimientos decrecientes. La Ley de los rendimientos decrecientes, también conocida como Ley de Mitscherlich, plantea que conforme se incrementa la aplicación de fertilizantes, el aumento en la producción por cada unidad adicional aplicada tiende a ser menor, hasta alcanzar un punto en el que los rendimientos dejan de crecer e incluso pueden disminuir. El rendimiento máximo se obtiene cuando se aplica una cantidad suficiente de fertilizante sin considerar los costos, mientras que el rendimiento óptimo o económico se alcanza cuando el beneficio obtenido de la cosecha justifica la inversión en fertilización. En este proceso, factores como el precio de los fertilizantes y el valor de los productos agrícolas resultan determinantes para establecer el nivel de aplicación más conveniente (García y Ruano, 2009, citado por Romero, 2019).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

2.1.1. *Ubicación Política*

Departamento : Ayacucho
 Provincia : Huanta
 Distrito : Huamanguilla
 Sector : Anexo de Tayancayocc-Chullcupampa

2.1.2. *Ubicación geográfica*

Latitud Sur : 12°59'29.97" S
 Longitud Oeste : 74°9'55.60" W
 Altitud : 3 458 m.s.n.m.
 Zona de vida : Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)

2.1.3. *Ubicación ecológica*

De acuerdo con la zonificación ecológica propuesta por Holdridge y adaptada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) en 1986, el distrito de Huamanguilla, forma parte de la “Zona de vida”: bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS). En la figura 2.1 se muestra el mapa de ubicación.

2.2. Antecedentes del campo experimental

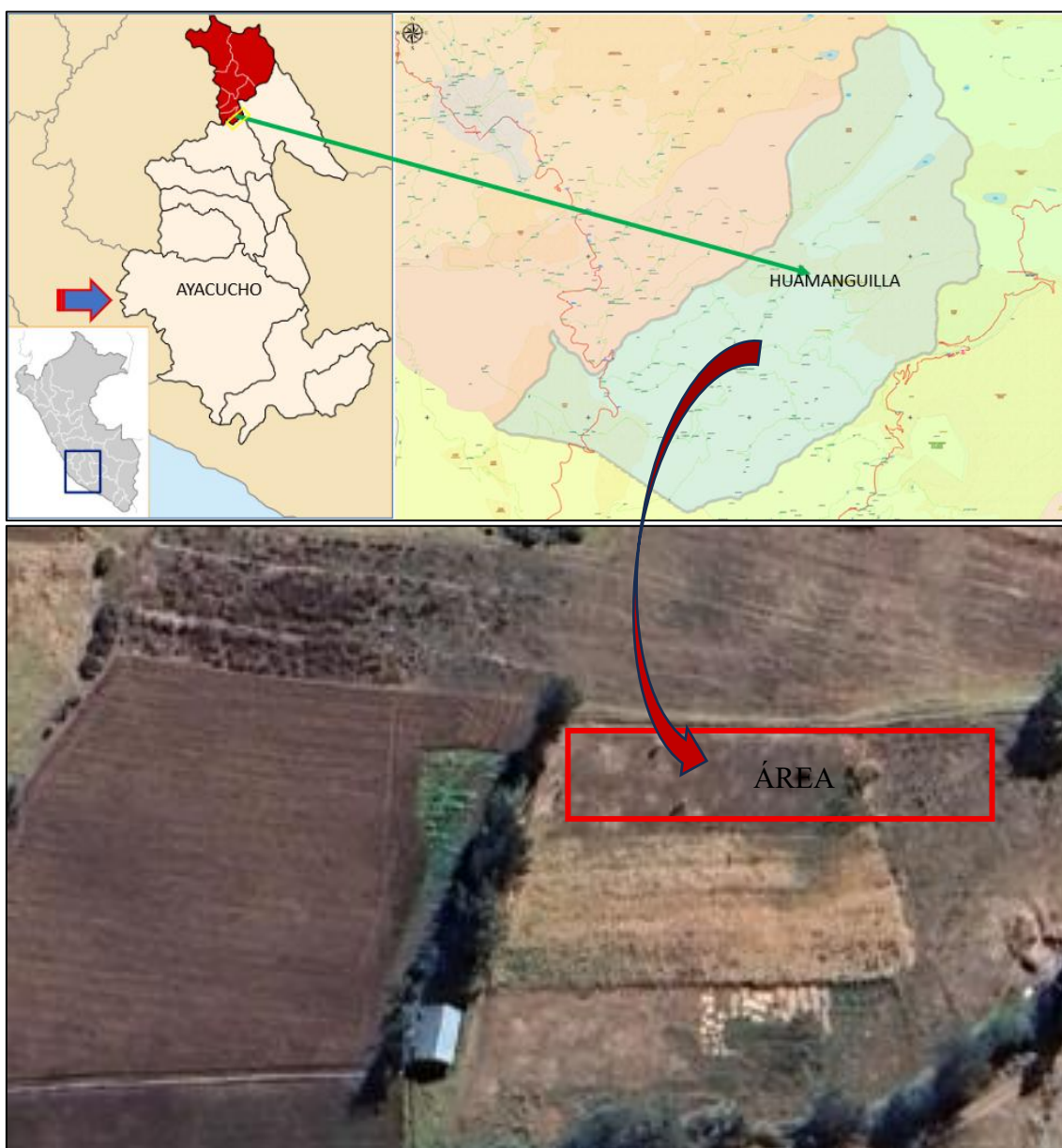
En la campaña agrícola anterior, el área seleccionada para la instalación del presente experimento estuvo destinada al cultivo de papa

2.3. Condiciones climáticas

La Figura 2.1 y la Tabla 2.1 presentan la caracterización climática de la Estación Meteorológica San Pedro de Cachi durante el período de evaluación del cultivo de arveja en vaina verde (*Pisum sativum* L.), comprendido entre octubre de 2024 y febrero de 2025. La evapotranspiración potencial (ETP) fue estimada mediante el método de Hargreaves y Samani, complementándose con el balance hídrico a partir de los registros de precipitación de la estación meteorológica.

Durante el período de estudio se registró una temperatura máxima media fue de 21.84 °C, la mínima media de 8.65 °C y la temperatura media de 15.25 °C, condiciones favorables para el desarrollo del cultivo. Asimismo, la humedad del suelo presentó un promedio de 46.42 mm, evidenciando una adecuada disponibilidad hídrica durante el ciclo del cultivo.

Figura 2.1. Mapa de la parcela experimental; ubicado en el anexo de Tayancayocc, Huamanguilla- Huanta, Ayacucho



Nota: Información obtenida de Google maps

2.4. Precipitación

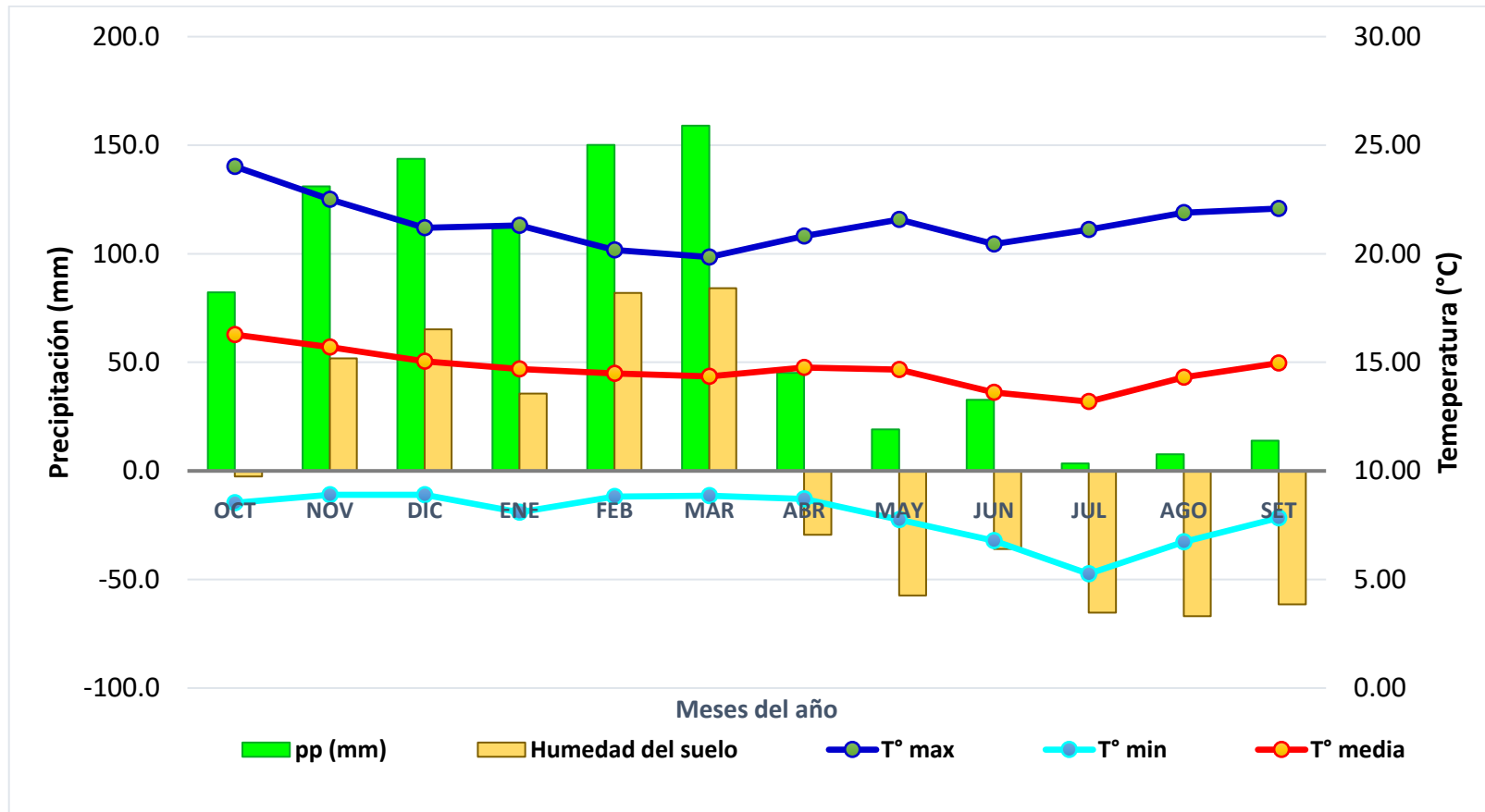
Durante el período de estudio se registró una precipitación acumulada de 619.5 mm, concentrada principalmente entre diciembre y febrero.

Tabla 2.1. Promedio de datos climáticos de la Estación Meteorológica de San Pedro de Cachi tomados de los años 2024 y 2025

ESTACIÓN : SAN PEDRO DE CACHI				DISTRITO : SANTIAGO DE PISCHA				ALTITUD : 3247 msnm							
				PROVINCIA : HUAMANGA				LATITUD : 13° 5' 14.72" S							
				DEPARTAMENTO : AYACUCHO				LONGITUD : 74° 23' 26.4" W							
DESCRIPCIÓN	UNID	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	Suma	Promedio
Días		31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	-	-
T° max. Media mensual	°C	24.02	22.50	21.20	21.30	20.17	19.85	20.81	21.58	20.45	21.12	21.89	22.08	256.97	21.41
T° min. Media mensual	°C	8.53	8.90	8.90	8.10	8.82	8.86	8.71	7.75	6.79	5.26	6.73	7.84	95.19	7.93
T° media mensual	°C	16.28	15.70	15.05	14.70	14.50	14.36	14.76	14.67	13.62	13.19	14.31	14.96	176.08	14.67
Factor de multiplicacion		4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	-	-
ETP	mm	80.72	75.36	74.65	72.91	64.94	71.20	70.85	72.74	65.38	65.42	70.98	71.81	856.95	71.41
Precipitación	mm	82.3	131.0	143.7	112.3	150.2	159.0	45.1	19.1	32.8	3.5	7.7	14.0	900.70	75.06
ETP ajustado	mm	84.84	79.21	78.46	76.63	68.25	74.84	74.46	76.45	68.71	68.76	74.60	75.47	900.70	75.06
Humedad del suelo	mm	-2.54	51.79	65.24	35.67	81.95	84.16	-29.36	-57.35	-35.91	-65.26	-66.90	-61.47	0.00	0.00
Exceso	mm	-2.54	51.79	65.24									-61.47	53.02	13.25
Déficit	mm				35.67	81.95	84.16	-29.36	-57.35	-35.91	-65.26	-66.90		-53.02	-6.63

NOTA: Esta tabla fue elaborada mediante el método de Hargreaves y Samani para calcular la evapotranspiración potencial.

Figura. 2.2. *Climograma de octubre 2024 a septiembre 2025 de San Pedro de Cachi, referencia climática para Huamanguilla*



2.5. Análisis físico químico del suelo

Se tomó muestras a una profundidad de 25 cm, siguiendo los criterios de para unidades de producción. Con el objetivo de garantizar la representatividad de la muestra, se colectó de 20 puntos (sub muestras) para ser finalmente cuarteado permitiendo lograr 1.5 kg de suelo que fue enviado al laboratorio de análisis agrícola de la empresa AGROLAB, donde se realizó el análisis de caracterización (tabla 2.2)

Tabla 2.2. Resultado del análisis de caracterización del suelo de Huamanguilla

Parámetro	Unidad	Resultado	Interpretación
Arena	%	36	
Limo	%	27	Franco arcilloso
Arcilla	%	37	
Materia orgánica	%	4.11	Alto
pH (1:1)		5.15	Fuertemente ácido
C.E.	(dS m ⁻¹)	0.17	No salino
Carbonatos CaCO ₃	(%)	0	Muy bajo
Nitrógeno total (Nt)	(%)	0.21	Alto
Fosforo disponible (P)	(ppm)	38	Muy alto
Potasio disponible (K)	(ppm)	85	Medio
C.I.C.	Cmol(+).kg ⁻¹	15.21	Medio
Ca ⁺⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	6.21	Bajo
Mg ⁺⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	1.30	Bajo
K ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.24	Medio
Na ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.34	Bajo
Al ⁺³ + H ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.84	
Sat. Bases	%	53	Medio
Ca ⁺² /K ⁺	-	26.33	Desequilibrio
Ca ⁺² /Mg ⁺²	-	4.78	Desequilibrio
Mg ⁺² /K ⁺	-	5.51	Desequilibrio

Nota: Reporte de caracterización de análisis de suelo, por el laboratorio Multiservicios Agrolab -Ayacucho

Los resultados del análisis del suelo con relación con el cultivo de arveja, evidencia un pH de 5.15, clasificado como fuertemente ácido, valor que se encuentra por debajo del rango óptimo requerido por este cultivo (6.0–7.5). Esta condición puede restringir la

disponibilidad de nutrientes esenciales y limitar el desarrollo adecuado del sistema radicular. Los niveles de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible son elevados, lo cual contribuye positivamente al suministro de macronutrientes necesarios para el crecimiento del cultivo. Por su parte, el contenido de potasio se ubica en un nivel medio, al igual que la capacidad de intercambio catiónico, característica que favorece la dinámica de intercambio entre los coloides del suelo y la solución edáfica, permitiendo una adecuada absorción de cationes. No obstante, se observan desbalances en las relaciones entre cationes, específicamente $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ y $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$, lo que podría generar interferencias en la absorción equilibrada de nutrientes, particularmente entre calcio y magnesio, elementos clave en procesos fisiológicos y en la nodulación asociada a la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas como la arveja. En cuanto a la textura, el suelo presenta una condición franco arcillosa, la cual ofrece propiedades favorables en términos de retención de humedad, aireación y movimiento del agua dentro del perfil.

2.6. Análisis físico químico de la gallinaza

La gallinaza fue empleada en el presente trabajo de investigación presentó una composición nutricional determinada mediante análisis fisicoquímico realizado en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la empresa Multiservicios Agrolab, ubicada en la ciudad de Huamanga.

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 2.3. El análisis del guano de gallinaza evidencia un material con alto contenido de materia orgánica (56.78%) y nutrientes esenciales como nitrógeno (2.67%), fósforo (3.39%) y potasio (3.30%), lo que le confiere un alto valor agronómico como enmienda orgánica. El pH neutro (7.06) resulta adecuado para la mayoría de cultivos; sin embargo, la conductividad eléctrica (C.E.) de 18.40 dS/m es extremadamente alta, indicando una elevada concentración de sales solubles. De acuerdo con Brady y Weil (2017), valores de conductividad eléctrica superiores a 4 dS/m ya generan problemas de salinidad que afectan el crecimiento vegetal. Asimismo, Havlin et al. (2014) señalan que materiales orgánicos con alta salinidad pueden provocar efectos osmóticos y toxicidad iónica, reduciendo la absorción de agua y nutrientes. En consecuencia, el uso directo de esta gallinaza podría ocasionar problemas de fitotoxicidad, por lo que se recomienda su aplicación en dosis controladas o previo compostaje para disminuir su contenido salino.

Tabla 2.3. *Análisis físico químico de la gallinaza proveniente de la Costa*

Muestra	Guano de Gallinaza	Interpretación
pH	7.06	Neutro, favorable para la disponibilidad de nutrientes
C.E. (dS/m)	18.40	Alta concentración de sales
N.org (%)	2.67	Alto aporte de nitrógeno
P ₂ O ₅ (%)	3.39	Alto contenido de fósforo
K ₂ O (%)	3.30	Buena fuente de potasio
CaO (%)	12.45	Elevado aporte de calcio
MgO (%)	0.42	Aporte moderado de magnesio
Na (%)	0.63	Bajo contenido de sodio
M.O (%)	56.78	Alto en materia orgánica
SO ₄ (%)	0.31	Bajo contenido de azufre
Fe (ppm)	3550.00	Alto contenido de hierro
Cu (ppm)	50.00	Aporte importante de cobre
Zn (ppm)	400.00	Aporte importante de zinc
Mn (ppm)	690.00	Aporte importante de manganeso

Nota: Reporte del análisis de la gallinaza por el laboratorio Multiservicios Agrolab - Ayacucho

2.7. Análisis físico químico del estiércol de ovino

El estiércol de ovino utilizado en el presente estudio fue sometido a un análisis fisicoquímico en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la empresa Multiservicios Agrolab, con sede en la ciudad de Huamanga, con el propósito de determinar su composición nutricional.

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 2.4. El análisis del estiércol de ovino muestra un material con alto contenido de materia orgánica (84.77%), lo cual favorece la mejora de las propiedades físicas del suelo, como la estructura, aireación y retención de humedad. Presenta además contenidos moderados de nitrógeno (2.21%) y potasio (1.69%), aunque bajo en fósforo (0.48%), por lo que su principal aporte está orientado al mejoramiento del suelo más que al suministro equilibrado de nutrientes. El pH ligeramente alcalino (8.25) puede resultar beneficioso en suelos ácidos, pero requiere manejo en suelos alcalinos. En cuanto a la conductividad eléctrica (C.E.) de 4.18 dS/m, este valor se ubica en el límite de salinidad, ya que según la FAO (2015), valores superiores a 4 dS/m comienzan a afectar el crecimiento de cultivos sensibles debido a la

reducción del potencial osmótico del suelo. En consecuencia, aunque el estiércol presenta buen potencial agronómico, su uso debe ser manejado cuidadosamente, evitando aplicaciones excesivas o recomendándose su compostaje previo para minimizar riesgos de salinidad.

Tabla 2.4. *Análisis del estiércol ovino procedente de las alturas de Huamanguilla*

Muestra	Estiércol de ovino
pH	8.25
C.E. (dS/m)	4.18
N.org (%)	2.21
P ₂ O ₅ (%)	0.48
K ₂ O (%)	1.69
CaO (%)	1.83
MgO (%)	1.45
Na (%)	0.14
M.O (%)	84.77
SO ₄ (%)	0.14
Fe (ppm)	1280.00
Cu (ppm)	20.00
Zn (ppm)	50.00
Mn (ppm)	930.00

Nota: Reporte del análisis de estiércol de ovino por el laboratorio Multiservicios Agrolab -Ayacucho

2.8. Materiales

2.8.1. Material genético

El material genético utilizado corresponde a semilla de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Usuy, seleccionada en la misma zona del Centro Poblado de Tayancayocc.

2.8.2. Dosis de estiércol de la gallinaza

Sobre la base de los resultados obtenidos en laboratorio, se calculó la cantidad de gallinaza requerida para cada tratamiento, estimándose un total de 40 kg para el experimento, la cual fue previamente desmenuzada y tamizada para garantizar su homogeneidad. Las cantidades establecidas correspondieron a 1 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹ y 3 t ha⁻¹, y a partir de estas dosis, se calculó la cantidad de gallinaza a incorporar en los surcos de cada unidad experimental, obteniéndose 333 g, 667 g y 1000 g, según los tratamientos asignados. Estas cantidades se aplicaron en combinación con fertilizantes minerales como

el nitrato de amonio (33.5% N), superfosfato triple de calcio (46% P_2O_5) y cloruro de potasio (60% K_2O), cuyos detalles se muestran en apartados posteriores. Durante la siembra de arveja que se efectuó el 13 de octubre de 2024, se incorporó los abonos a chorro continuo a lo largo de los surcos.

2.8.3. Dosis de estiércol de ovino

Con base en los resultados obtenidos, se estableció la cantidad de ovinaza necesaria para cada tratamiento, determinándose un total de 60 kg de este insumo. Previamente, el material fue triturado y tamizado con la finalidad de asegurar una adecuada uniformidad en su aplicación. Los tratamientos evaluados correspondieron a dosis de 1 t ha^{-1} , 2.5 t ha^{-1} y 5 t ha^{-1} , respectivamente. En función de estas dosis, se calcularon las cantidades de ovinaza a incorporar en los surcos de cada unidad experimental, siendo 333 g, 833 g y 1667 g por tratamiento. Estas cantidades fueron complementadas con la aplicación de fertilizantes minerales, específicamente nitrato de amonio (33.5% N), superfosfato triple de calcio (46% P_2O_5) y cloruro de potasio (60% K_2O), cuyas características se describen en secciones posteriores. La siembra del cultivo de arveja se realizó el 13 de octubre de 2024, efectuándose simultáneamente la aplicación de los insumos en chorro continuo a lo largo de los surcos.

2.8.4. Dosis de fertilizantes químicos

Para el cálculo de la fertilización se tomó como referencia la dosis recomendada de 50–80–70 kg ha^{-1} de N– P_2O_5 – K_2O para el cultivo de arveja, la cual constituyó la base nutricional para todos los tratamientos evaluados. A partir de esta referencia, se determinaron los aportes de nutrientes provenientes del estiércol de ovino y la gallinaza mediante análisis de laboratorio. Posteriormente, los nutrientes faltantes para alcanzar la dosis base fueron complementados con fertilizantes minerales, manteniendo niveles de nutrientes cercanos a la fórmula 50–80–70 kg ha^{-1} de N– P_2O_5 – K_2O . Los fertilizantes utilizados fueron nitrato de amonio (33,5 % N), superfosfato triple de calcio (46 % P_2O_5) y cloruro de potasio (60 % K_2O), aplicados en cantidades de 5 kg, 6 kg y 4 kg, respectivamente, calculadas en función del análisis de suelo previo y ajustadas para cada tratamiento. De esta manera, aunque se emplearon diferentes fuentes de fertilización (orgánicas y minerales), todos los tratamientos fueron formulados considerando como base la misma cantidad de nutrientes recomendada para el cultivo, tal como se detalla en la Tabla 2.5.

Los fertilizantes se mezclaron previamente para asegurar una distribución uniforme. La primera aplicación se realizó el 13 de octubre de 2024 durante la siembra en los 144 surcos establecidos. La segunda aplicación se efectuó el 25 de noviembre, en el primer aporque, utilizando las mismas dosis, con el fin de mantener un suministro continuo de nutrientes para el adecuado desarrollo del cultivo.

Tabla 2.5. Cantidad de fertilizantes y abonos orgánicos aplicados por surco en cada tratamiento experimental.

Tratamientos	Descripción	Cantidad de fertilizante por surco (gramos)			Cantidad de abono orgánico por surco (gramos)	
		NA	STC	KCl	EO	GA
T ₀	Testigo	-	-	-	-	-
T ₁	1.0 t EO	21.7 g	28.8 g	18.0 g	333 g	-
T ₂	2.5 t EO	16.5 g	28.7 g	15.8 g	833 g	-
T ₃	5.0 t EO	8.33 g	28.3 g	12.3 g	1667 g	-
T ₄	1.0 t GA	20.8 g	28.2 g	16.7 g		333 g
T ₅	2.0 t GA	16.8 g	27.7 g	1.4 g		667 g
T ₆	3.0 t GA	12.8 g	27.0 g	11.2 g		1000 g
T ₇	50-80-70 AS	24.8 g	29.0 g	19.4 g	-	-

Nota. NA: Nitrato de Amonio, STC: Superfosfato Triple de Calcio, KCl: Cloruro de Potasio, EO: Estiércol de ovino, GA: gallinaza

2.9. Tratamientos en estudio

Tabla 2.6. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Código	Estiércol de ovino t ha ⁻¹	Gallinaza t ha ⁻¹	Fórmula N- P ₂ O ₅ - K ₂ O kg ha ⁻¹
T ₀	e ₀ * m ₀	0.0	0.0	0 - 0 - 0
T ₁	e ₁ * m ₁	1.0	0.0	43.4 – 79.7 – 64.9
T ₂	e ₂ * m ₂	2.5	0.0	33.4 – 79.3 – 57.3
T ₃	e ₃ * m ₃	5.0	0.0	16.9 – 78.5 – 44.7
T ₄	g ₁ * m ₄	0.0	1.0	42.0 – 78.2 – 60.1
T ₅	g ₂ * m ₅	0.0	2.0	34.0 – 76.4 – 5.0
T ₆	g ₃ * m ₆	0.0	3.0	26.0 – 74.6 – 40.3
T ₇	m ₇	0.0	0.0	50.0 – 80.0 – 70.0

2.10. Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos del estudio se establecieron en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, conformando un total de 24 unidades experimentales. El análisis de los datos fue sometido al análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se evaluaron mediante la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p > 0.05$.

El modelo aditivo lineal empleado fue:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : Variable de respuesta del i -ésimo nivel del abonamiento orgánico, j – ésimo nivel de abonamiento mineral.

μ : Media general del experimento

A_i : Efecto del abonamiento orgánico

B_j : Efecto del abonamiento mineral

ε_{ij} : Error experimental

Los datos fueron analizados mediante el software SPSS versión 23. Para la verificación de supuestos se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk; posteriormente, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de 0,05. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$, mientras que valores $p > 0,05$ indicaron ausencia de diferencias significativas.

El tipo de investigación es:

Aplicada de tipo experimental

2.11. Descripción de la parcela experimental

Las propiedades y medidas de los bloques, el área experimental, la parcela y la densidad de siembra se presentan detalladamente en la Tabla 2.6.

Tabla 2.7. Descripción y unidad de medida de la parcela experimental

Descripción	Unidad	Medida
Medidas de bloques		
Repetición	unidades	3
Ancho	m	8
Largo	m	20
Área total	m ²	160
Campo experimental		
Ancho	m	8
Largo	m	62
Área total	m ²	496
Ancho entre calles	m	1
Parcela		
Nº de parcelas/bloque	unidades	8
Largo	m	8
Ancho de cada tratamiento:	m	2.5
Área por tratamiento	m ²	20
Densidad de siembra de la arveja		
Distancia entre surcos	m	0.50
Distancia entre golpes	m	0.20
Número de surcos por unidad experimental	unidades	6
Número de surcos por bloque	unidades	48
Número de semillas por golpe	unidades	3
Número total de surcos por bloques	unidades	144

Figura 2.3. Disposición de una parcela en el bloque

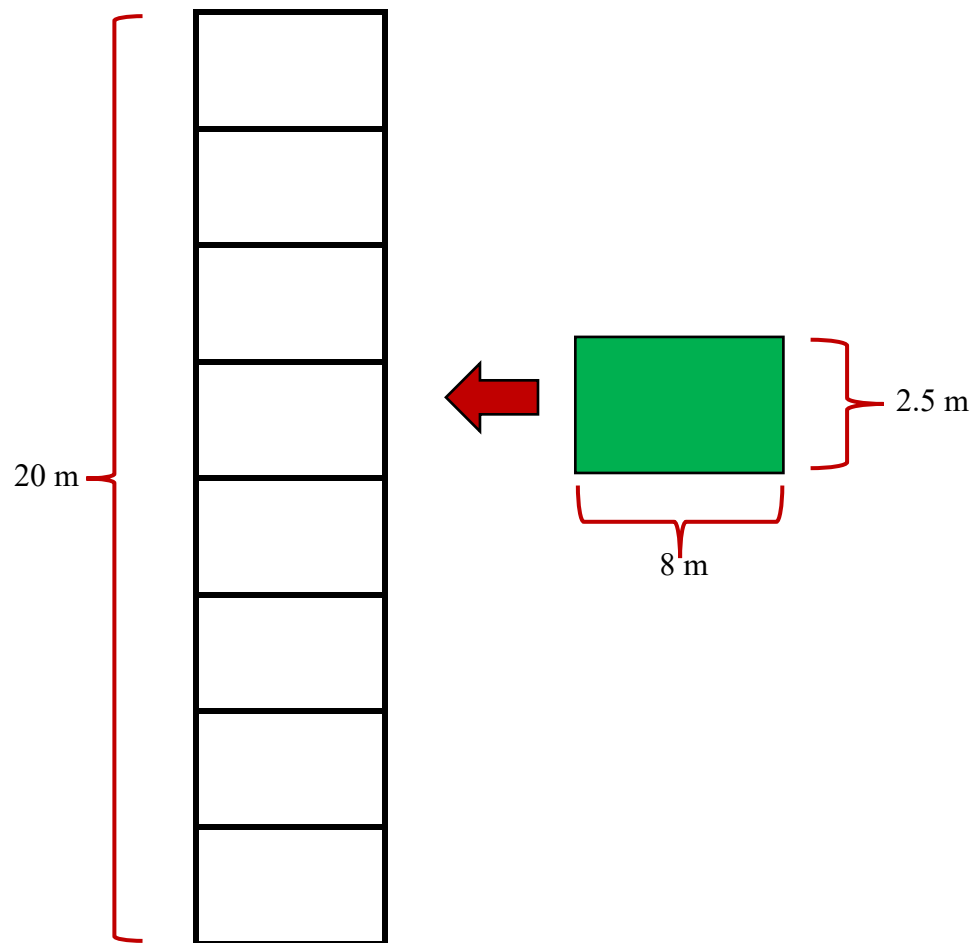


Figura 2.4. Distribución de los tratamientos en cada bloque**Bloque I**

T7 m_7	T5 $g_2 * m_5$	T3 $e_3 * m_3$	T6 $g_3 * m_6$	T2 $e_2 * m_2$	T4 $g_1 * m_4$	T1 $e_1 * m_1$	T0 $e_0 * m_0$
--------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Bloque II

T4 $g_1 * m_4$	T7 m_7	T1 $e_1 * m_1$	T6 $g_3 * m_6$	T3 $e_3 * m_3$	T0 $e_0 * m_0$	T5 $g_2 * m_5$	T2 $e_2 * m_2$
--------------------------	--------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Bloque III

T3 $e_3 * m_3$	T1 $e_1 * m_1$	T5: $g_2 * m_5$	T7 m_7	T2 $e_2 * m_2$	T4 $g_1 * m_4$	T0 $e_0 * m_0$	T6 $g_3 * m_6$
--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

2.12. Instalación y conducción del campo experimental

El desarrollo del experimento tuvo lugar entre octubre de 2024 y febrero de 2025. Durante este periodo, se llevaron a cabo las etapas de instalación, ejecución y recolección de datos, garantizando en todo momento el cumplimiento de los objetivos establecidos en la investigación.

a. Preparación del terreno

El 6 de octubre de 2024 se llevó a cabo la preparación del terreno, empleando inicialmente un tractor agrícola equipado con un arado de discos, logrando una labor a una profundidad aproximada de 40 cm. A continuación, se procedió a refinar y airear el suelo mediante el uso de herramientas manuales, como el pico y el rastrillo, asegurando así las condiciones óptimas para el desarrollo del experimento.

b. Demarcación del terreno

La delimitación de los bloques, parcelas, subparcelas, calles y surcos se llevó a cabo el 7 de octubre de 2024, siguiendo el diseño experimental establecido. Para

ello, se emplearon diversas herramientas como wincha, flexómetro, yeso, machete, cordel, carteles de identificación, zapapicos y azadones, garantizando una correcta organización y señalización del área de estudio.

c. Surcado

El 8 de octubre de 2024 se llevó a cabo el surcado manual del terreno, empleando exclusivamente herramientas manuales como zapapicos y azadones, conforme al diseño establecido en el croquis del campo experimental. La separación entre surcos fue 0.50 metros, mientras que la longitud lineal de cada surco fue de 8 metros, asegurando una distribución precisa y uniforme.

d. Abonamiento

La fertilización mineral se realizó en dos fraccionamientos, tomando como referencia la dosis de $50 - 80 - 70 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ para el cultivo de arveja. La primera aplicación se efectuó el 13 de octubre de 2024, coincidiendo con la siembra, y se realizó en el fondo del surco, en forma de chorro continuo y próxima a las semillas. El fertilizante mineral comprado según el análisis fue 5 kg NA, 6 kg SFT y 10 kg de KCL.

Como fuentes minerales se utilizaron nitrato de amonio, con 33,5 % de N; superfosfato triple de calcio, con 46 % de P_2O_5 ; y cloruro de potasio, con 60 % de K_2O . A partir de las cantidades aplicadas de estos fertilizantes comerciales, el aporte nutricional efectivo fue de aproximadamente 43.37 kg ha^{-1} de N, 79.7 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 64.93 kg ha^{-1} de K_2O . Estos valores corresponden únicamente a la fertilización mineral y no al aporte de los abonos orgánicos.

De manera complementaria, el mismo 13 de octubre de 2024 se aplicaron 60 kg de estiércol de ovino y 40 kg de gallinaza, previamente desmenuzados y tamizados para obtener una textura homogénea. Estos abonos orgánicos fueron distribuidos uniformemente en los surcos de los tres bloques experimentales, mediante la técnica de chorro continuo. Su incorporación tuvo como finalidad mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, además de aportar materia orgánica al sistema de cultivo. La cantidad exacta de abono orgánico aplicada por tratamiento se detalla en la Tabla 2.5.

e. Desinfección de la semilla

El 12 de octubre del 2024, antes de la siembra, se procedió a la desinfección de 5 kg de semillas de arveja empleando el fungicida agrícola VITAVAX® 300 WP, cuya composición incluye 200 g/kg de Carboxín y 200 g/kg de Captan, con

propiedades tanto preventivas como curativas. De acuerdo con la ficha técnica del producto, la dosis recomendada es de 50 g por cada 100 kg de semilla, por lo que, para el caso de 5 kg, se preparó una solución con 2.5 g de VITAVAX® disueltos en 40 ml de agua. Una vez tratadas con la mezcla fungicida, las semillas fueron secadas a la sombra para su uso inmediato en la siembra.

f. Siembra

Para la instalación del cultivo se utilizaron 5 kg de semillas de arveja (variedad Usuy). La siembra se realizó de forma manual el 13 de octubre de 2024, empleando azadones para colocar tres semillas por golpe en el costillar. La distancia entre surcos fue de 0,50 m, mientras que la separación entre golpes dentro de cada surco fue de 0,20 m. Al finalizar la siembra, las semillas fueron cubiertas con una fina capa de suelo mediante el uso del azadón, con el propósito de asegurar un adecuado contacto con la tierra y favorecer su germinación.

g. Riego

Inmediatamente después de la siembra se realizó un riego por aspersión, con el propósito de favorecer la emergencia uniforme de las plántulas. Los riegos posteriores se efectuaron de manera regular y moderada, considerando la humedad del suelo, las condiciones ambientales, el estado fenológico del cultivo y los requerimientos hídricos de las plantas. En total se llevaron a cabo tres riegos, realizados los días 14 y 28 de octubre, y el 3 de noviembre de 2024.

h. Control de malezas

El 18 de noviembre se llevó a cabo una escarda manual durante la fase de crecimiento del cultivo, empleando azadones como herramienta de trabajo. Esta labor tuvo como finalidad reducir la competencia de malezas por recursos esenciales, como agua y nutrientes, favoreciendo de esta manera un desarrollo adecuado de las plantas. La escarda se ejecutó de manera superficial, con el fin de preservar la estructura del suelo y evitar daños en el sistema radicular del cultivo.

i. Aporque

El 25 de noviembre de 2025 se realizó el aporque manual del cultivo de arveja, utilizando azadones para acumular tierra en la base de las plantas, con el fin de mejorar su estabilidad y soporte estructural. En esta misma labor se aplicó la segunda fracción de fertilización, correspondiente únicamente a fertilizantes minerales ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$), con el propósito de cubrir los requerimientos

nutricionales del cultivo durante su fase de crecimiento y favorecer un adecuado desarrollo vegetativo.

j. Colocación del tutorado

A los 42 días después de la siembra, cuando las plantas iniciaban la emisión de zarcillos para su sostenimiento, se procedió a la instalación de tutores. Se utilizaron estacas de aliso provenientes de la zona, con un diámetro aproximado de 3 cm y una longitud de 1,5 m. En cada surco se colocaron tres tutores, distribuidos de manera uniforme para garantizar la estabilidad del cultivo. Como sistema de espaldera se emplearon hilos de nailon, dispuestos en forma horizontal cada 20 cm de altura, ajustándolos progresivamente al crecimiento y desarrollo de las plantas.

k. Control fitosanitario

El 4 y 25 de noviembre se realizaron aplicaciones fitosanitarias en el cultivo. Frente a la presencia de síntomas asociados a *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp., se empleó el fungicida VITAVAX® 300 WP en una dosis de 40 g, aplicado con una mochila pulverizadora de 15 L de capacidad. Para el control del gusano cortador negro (*Agrotis ipsilon*) se utilizó el insecticida Albatross® 200 SC a razón de 10 ml, producto con acción por contacto e ingestión. Adicionalmente, con el fin de prevenir la incidencia de rancha (*Phytophthora infestans*), se aplicó el 3 y 15 de enero del 2025 el fungicida Ridomil Gold® MZ 68 WP en una dosis de 25 g, que combina acción sistémica y de contacto, garantizando una mayor protección del cultivo.

l. Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual el 18 de febrero de 2025, una vez que el cultivo alcanzó un porcentaje elevado de vainas completamente desarrolladas. En esta fase, la recolección se efectuó cuidadosamente, cortando las vainas directamente de las plantas con el fin de preservar su calidad e integridad. El momento óptimo de la cosecha se determinó tras constatar el adecuado llenado de las vainas. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas desfavorables, principalmente la presencia de lluvias, la cosecha se concentró en una sola etapa, logrando una precocidad aproximada del 90 % en los cultivares evaluados.

2.13. Métodos y criterios de evaluación empleados

a. Materiales

- Herramientas de trabajo (Pico, azadón, rastillo, pala, chafle)
- Herramientas para identificar las parcelas (flexómetro, estacas, cordel, yeso, cordel)
- Materiales de oficina (cuadernos, lapicero, mica)
- Libreta de campo

b. Equipos

- Mochila fumigadora
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Laptop
- Balanza

c. Insumos

- Fertilizantes químicos (nitrato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio)
- Estiércol de ovino y gallinaza
- Semilla de arveja, variedad Usuy

2.14. Variables evaluadas

Para la evaluación de las variables morfoagronómicas y componentes de rendimiento, se consideró únicamente el área útil de cada unidad experimental, conformada por los cuatro surcos centrales de los seis surcos establecidos por tratamiento, excluyéndose los surcos laterales para minimizar el efecto borde. Este procedimiento permitió obtener evaluaciones más precisas y representativas del comportamiento del cultivo. Asimismo, los datos obtenidos fueron registrados y posteriormente promediados, con la finalidad de reducir el error experimental y garantizar una mayor confiabilidad de los resultados.

a. Componentes morfoagronómicos

- **Altura de planta (cm).** La altura de planta se evaluó a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (dds). Para ello, se seleccionaron aleatoriamente siete plantas en el área útil de cada unidad experimental y se midió la distancia desde la base del tallo hasta el ápice de la planta utilizando una cinta métrica graduada en centímetros.

- **Número de días a la floración (%).** La precocidad a la floración se determinó mediante el conteo de los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que más del 50 % de las plantas de cada unidad experimental presentaron al menos una flor abierta.
- **Longitud de las vainas (cm).** La longitud de las vainas se midió en el momento de la cosecha. De cada parcela experimental se seleccionaron 7 plantas, y de cada planta se eligieron entre 5 y 10 vainas ubicadas en el segundo tercio, donde se concentraban las vainas más desarrolladas. Posteriormente, se calculó la longitud promedio.
- **Ancho de las vainas (cm).** Se efectuaron las mediciones en 7 vainas por cada unidad experimental, tomando como referencia la zona central, que corresponde a la parte más ancha de la vaina. Este valor se registró en centímetros.
- **Materia seca de la vaina (g).** Se tomaron al azar 10 vainas de cada tratamiento, las cuales fueron colocadas en una estufa a 60 °C durante 48 horas, y posteriormente se determinó la materia seca mediante la diferencia de peso.

b. Componentes de rendimiento

- **Número de vainas por planta.** En las siete plantas seleccionadas de cada unidad experimental se realizó el conteo total de vainas producidas por planta, obteniéndose posteriormente el promedio correspondiente.
- **Número de granos por vainas.** Durante la cosecha, se realizó el conteo del número de granos por vaina, empleando una muestra representativa compuesta por 7 vainas seleccionadas de cada tratamiento.
- **Peso por vaina (g).** Se seleccionaron aleatoriamente siete vainas por unidad experimental durante la cosecha, las cuales fueron pesadas individualmente utilizando una balanza digital de precisión. Los resultados fueron expresados en gramos.
- **Rendimiento en verde (kg ha⁻¹).** El rendimiento en verde se determinó mediante la cosecha y pesaje de las vainas comerciales obtenidas en el área útil de cada unidad experimental. Los valores registrados por parcela fueron transformados y extrapolados a kilogramos por hectárea (kg ha⁻¹).
- **Peso de 100 granos verdes (g).** Después de la cosecha se seleccionó una muestra representativa de granos verdes de cada unidad experimental. Posteriormente, se

realizó el conteo de 100 granos, los cuales fueron pesados en una balanza digital de precisión, expresando el resultado en gramos.

c. Relación beneficio/costo del rendimiento de la arveja.

El índice de rentabilidad de los tratamientos se determinó utilizando la fórmula siguiente:

$$IR = (Utilidad\ neta / Costo\ total) * 100$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. De la altura de la planta

Tabla 3.1. *Análisis de varianza para la altura promedio de la planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	Altura a los 30 días (*)	Altura a los 60 días (**)	Altura a los 90 días
		Cuadrados Medios (CM)		
Bloques	2	0.0000003 ns	1765440.0 ns	0.0350 *
Tratamiento	7	0.0000033 ns	2538754.14 ns	0.025 **
Testigo vs con abonamiento	1	0.0000015 *	396749.99 ns	0.0015 **
Mineral puro vs orgánico mineral	1	0.000000014 ns	141458.45 ns	0.8479 ns
Entre orgánico mineral	1	0.0000009 ns	713900.97 ns	0.8129 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral				
R. lineal	1	0.0000009 ns	939043.63 ns	0.2307 ns
R. cuadrática	1	0.0000003 ns	318673.38 ns	0.3347 ns
Gallinaza + abonamiento mineral				
R. lineal	1	0.00000004 ns	1046.13 ns	0.7698 ns
R. cuadrática	1	0.00000002 ns	24881.60 ns	0.0368 *
Error	14	0.00000024		
Total	23			
CV (%):		20	19.45	5.96

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05$ *), altamente significativo ($p < 0.01$ **), se realizó transformación inversa de potencia (*), y transformación potencia (**) (ver anexo 1).

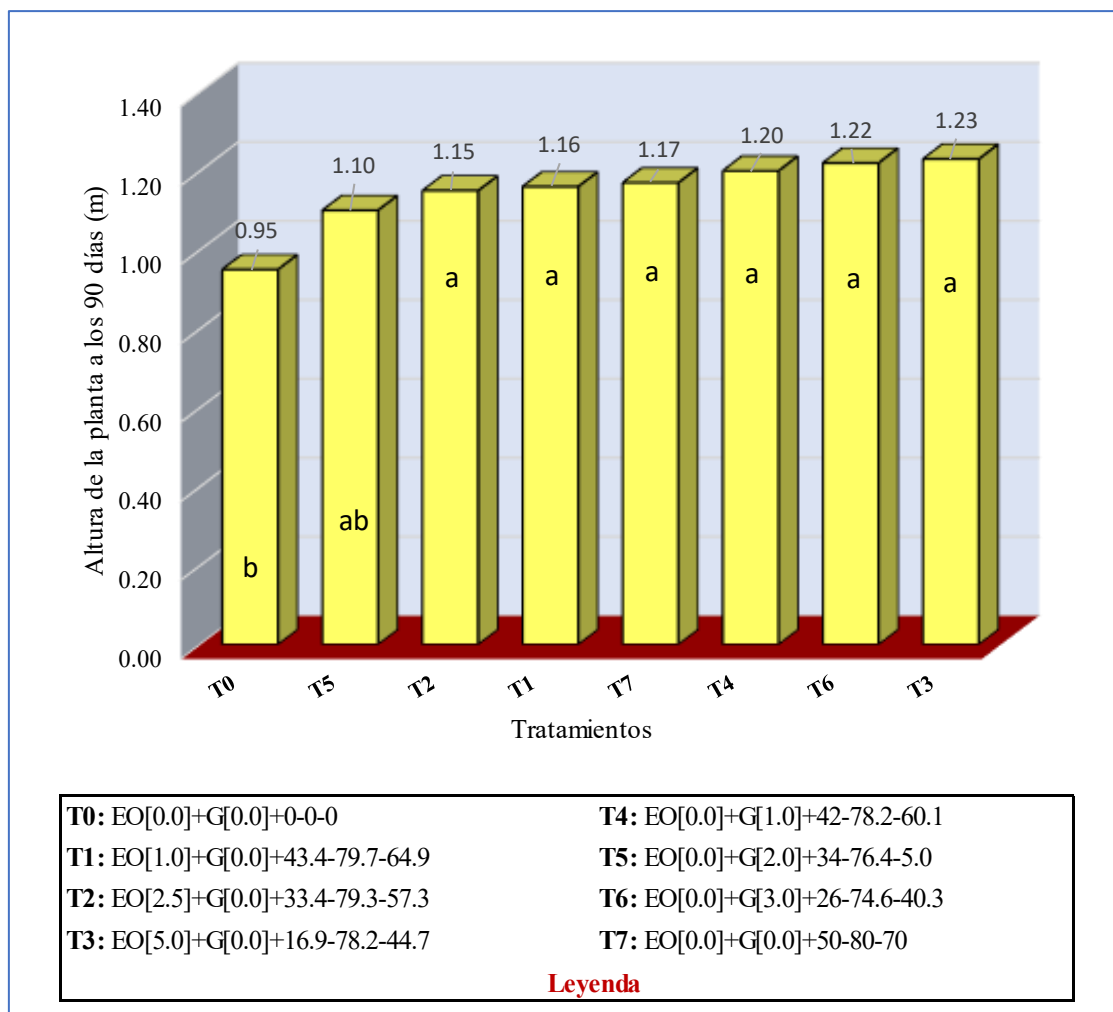
En la tabla 3.1 se aprecia que, a los 30 y 60 días después de la siembra, la altura de la arveja no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere una respuesta vegetativa similar en la fase inicial del cultivo. Esto podría explicarse porque, en esta etapa, la planta prioriza su establecimiento y desarrollo radical, por lo que el efecto diferencial del abonamiento todavía no se expresa con claridad. En cambio, a los 90 días se observaron diferencias altamente significativas, evidenciando que la interacción entre fertilización orgánica y mineral mostró un mayor efecto conforme avanzó el desarrollo fisiológico del cultivo. Desde esta perspectiva, la interpretación de los resultados debe considerar que la respuesta en altura no solo refleja disponibilidad nutricional, sino también la capacidad de la planta para aprovechar los nutrientes en una fase de mayor demanda metabólica, lo cual puede influir posteriormente en la formación de vainas y en

el rendimiento final. El coeficiente de variación, además, disminuyó progresivamente de 20,0 % a 5,96 %, indicando una mayor uniformidad del cultivo en la etapa final.

En la figura 3.1 se observó que la altura de planta de arveja a los 90 días después de la siembra varió entre 0.95 y 1.23 m. El tratamiento T3 alcanzó la mayor altura promedio con 1.23 m, seguido de T6, T4, T7, T1 y T2, los cuales fueron agrupados con la letra “a” según la prueba de Tukey, lo que indicó que no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí. Por el contrario, el testigo T0 registró la menor altura con 0.95 m y fue ubicado en el grupo “b”, evidenciando que la ausencia de fertilización redujo el crecimiento vegetativo del cultivo.

El tratamiento T5 presentó una altura intermedia de 1.10 m y fue agrupado como “ab”, por lo que no difirió estadísticamente ni del testigo ni de los tratamientos con mayor altura. Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, la aplicación de fuentes orgánicas y minerales habría favorecido la disponibilidad de nutrientes esenciales para la división celular, elongación del tallo y formación de biomasa. Sin embargo, la similitud estadística entre la mayoría de tratamientos fertilizados indicó que las dosis evaluadas generaron una respuesta relativamente uniforme en la altura de planta.

Figura 3.1. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la altura promedio de la planta de arveja a los 90 dds, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral



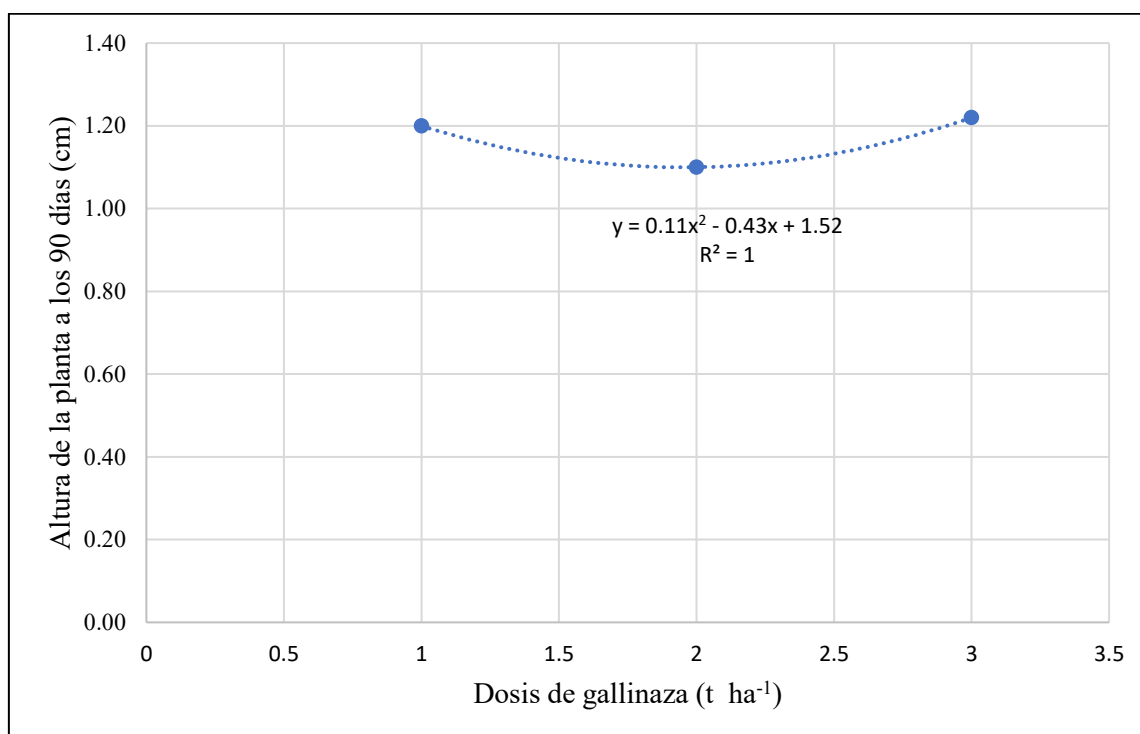
Torres et al. (2021) en haba, donde plantas fertilizadas con compost y NPK alcanzaron alturas promedio de 1.18 m, frente a 0.92 m en el testigo, indicando que la fertilización sea orgánica o mineral estimula el crecimiento vegetativo sin generar diferencias notables entre tipos de fuente, pero sí frente a la ausencia de abonamiento.

Flores et al. (2021) en frijol caupí, quienes señalaron que los abonos orgánicos liberan nutrientes lentamente, y su efecto se manifiesta con el tiempo, sin diferencias significativas en los primeros 60 días.

Ramos et al. (2022), quienes observaron que la integración de gallinaza con fertilizante mineral favorece el equilibrio nutricional y la homogeneidad del desarrollo en arveja y otras leguminosas, reduciendo el coeficiente de variancia en más del 60 % entre las fases iniciales y finales.

Según la figura 3.2, el comportamiento de la altura promedio de la planta de arveja a los 90 días frente a distintas dosis de gallinaza más mineral se ajusta a un modelo cuadrático expresado por la ecuación $y = 0.11x^2 - 0.43x + 1.52$ donde y representa la altura de la planta (cm) y x la dosis aplicada ($t\ ha^{-1}$). La pendiente negativa en el término lineal (-0.43) indica que, inicialmente, la altura disminuye al aumentar la dosis de 1 a 2 $t\ ha^{-1}$, mientras que el coeficiente positivo del término cuadrático (0.11) refleja una recuperación y crecimiento al incrementar la dosis a 3 $t\ ha^{-1}$, mostrando así un comportamiento curvilíneo. El valor de $R^2 = 1$ evidencia un ajuste perfecto del modelo, lo que permite afirmar que explica el 100% de la variabilidad observada en los datos dentro del rango estudiado. En términos porcentuales, la altura inicial aproximada de 1.2 cm disminuye a cerca de 1.1 cm y luego se recupera hasta 1.21 cm, confirmando que la respuesta del cultivo no es lineal sino dependiente de la dosis aplicada.

Figura 3.2. *Modelo de regresión del comportamiento para la altura promedio de la planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral)*



3.2. De los días a la floración (dds)

Tabla 3.2. *Análisis de varianza para la precocidad a la floración de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	8.580	4.290	1.797	0.2018 ns
Tratamiento	7	827.830	118.261	49.541	<0.0001**
Testigo vs con abonamiento	1	601.930	601.930	252.155	<0.0001**
Mineral puro vs orgánico mineral	1	34.570	34.570	14.482	0.0019**
Entre orgánico mineral	1	5.560	5.560	2.329	0.1494 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	170.670	170.670	71.496	<0.0001**
R. cuadrática	1	0.220	0.220	0.092	0.7649 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	8.170	8.170	3.423	0.0856 ns
R. cuadrática	1	6.720	6.720	2.815	0.1155 ns
Error	14	33.420	2.387		
Total	23	869.830			
CV (%): 1.58					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05$ *), altamente significativo ($p < 0.01$ **)

En la tabla 3.2 se presenta el análisis de varianza de la precocidad (dds) del cultivo de arveja hasta la etapa de floración. Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$ **) entre tratamientos, lo que indica que el abonamiento orgánico-mineral influye de manera diferenciada en la precocidad del cultivo. El contraste entre el testigo y los tratamientos con abonamiento demuestra un efecto positivo del uso de fertilización, acelerando o retardando el inicio de la floración según la combinación aplicada. Asimismo, el contraste entre mineral puro y orgánico-mineral ($p < 0.01$ **) revela diferencias estadísticas notables, evidenciando que la mezcla de fuentes orgánicas y minerales modifica significativamente el comportamiento fisiológico del cultivo. En cambio, entre los tratamientos que solo incluyen combinaciones orgánico-minerales, no se observaron diferencias significativas (ns), lo que sugiere respuestas agronómicas similares entre estas variantes.

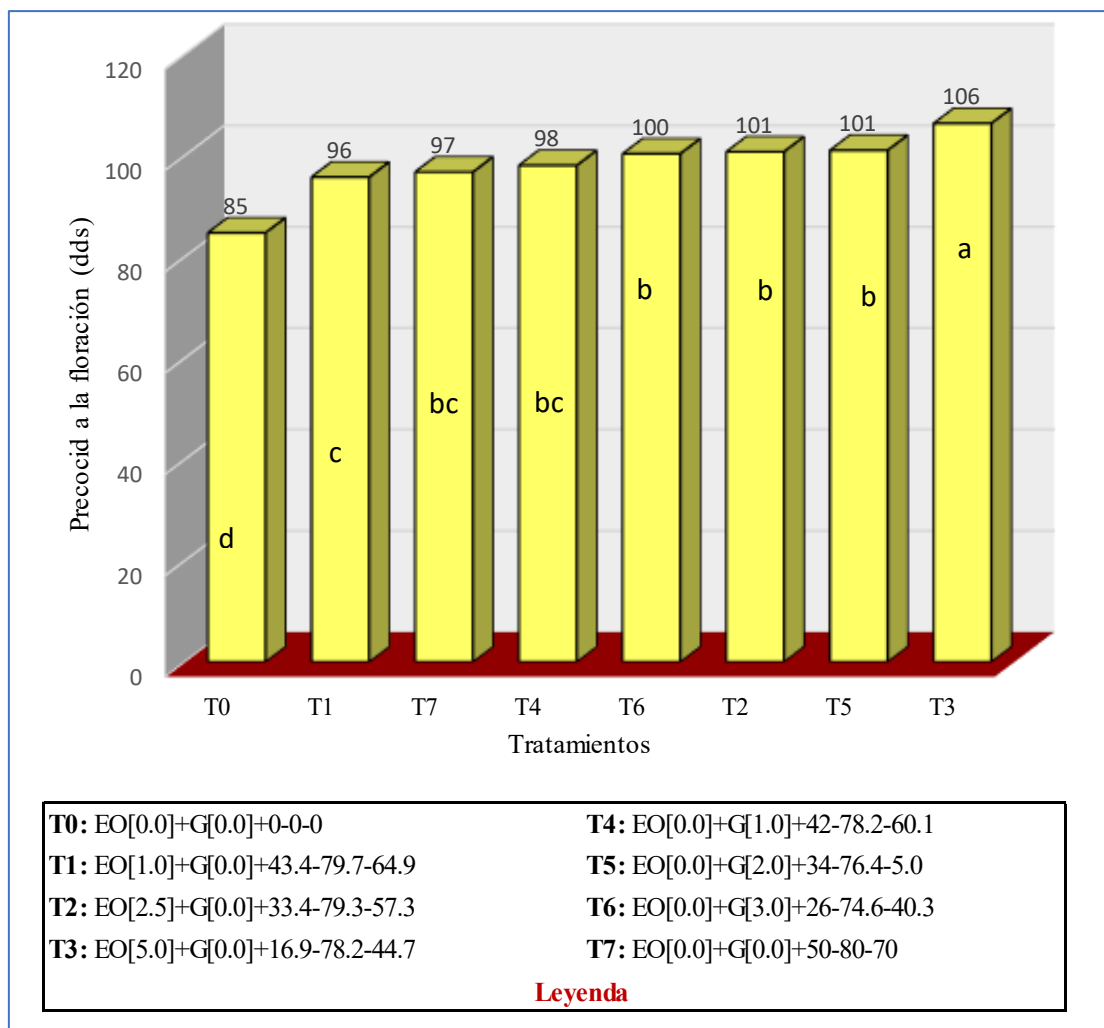
En el análisis de regresión, se detectó significancia estadística en el modelo lineal únicamente para la combinación de estiércol de ovino con fuentes minerales, indicando que la precocidad a la floración se incrementa o disminuye de forma proporcional a la dosis aplicada. Finalmente, el coeficiente de variación (1.58%) evidencia una alta precisión experimental y confiabilidad de los datos obtenidos, lo que refuerza la validez de los resultados.

Méndez (2019) reporta que el aumento en la dosis de abonos orgánicos combinados con fertilizantes químicos prolonga el tiempo de formación floral en arveja, evidenciando una respuesta directa del cultivo a la fertilización (R^2 cercano al 0.97), lo que coincide con el coeficiente de la ecuación que indica un aumento en días de precocidad con cada unidad de estiércol incorporada. Asimismo, Huaranca Barrios (2024) encontró que la fertilización fosfórica y orgánica afectó significativamente la fenología del cultivo, con mayores dosis que extendieron el periodo hasta la floración, respaldando así una tendencia lineal con alta explicación estadística del comportamiento de la precocidad.

En la figura 3.3 se observó la prueba de Tukey correspondiente a los días promedio transcurridos desde la siembra hasta la floración de la arveja. Los resultados mostraron que el tratamiento T3 presentó el mayor número de días hasta la floración, con 106 días, ubicándose en el grupo estadístico “a”, por lo que fue el tratamiento más tardío. En contraste, el testigo T0 alcanzó la floración en 85 días y fue agrupado con la letra “d”, evidenciando la mayor precocidad.

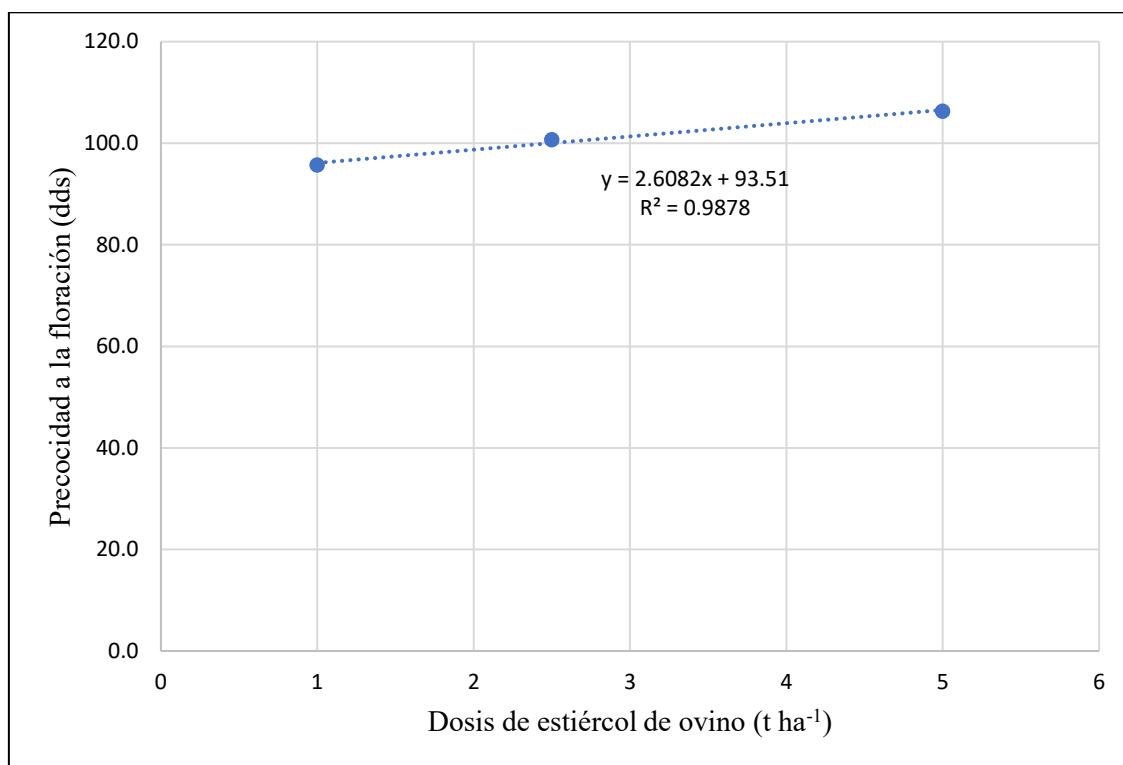
Estos resultados indicaron que la aplicación de abonos orgánico-minerales retrasó la floración en comparación con el testigo, debido a una disponibilidad más sostenida de nutrientes que habría prolongado el desarrollo vegetativo antes de la fase reproductiva. Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, los tratamientos fertilizados favorecieron un crecimiento más prolongado del cultivo, mientras que el testigo, al presentar menor disponibilidad nutricional, adelantó su floración como respuesta a un menor desarrollo vegetativo.

Figura 3.3. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la precocidad promedio de la planta de arveja hasta floración, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral



En un estudio sobre *Vigna unguiculata* (Caupí o frijol de carita), los investigadores evaluaron distintas dosis de estiércol de aves y fertilizantes NPK (0, 10, 20 y 30 t·ha⁻¹ de materia orgánica + 0, 100, 200, 300 kg·ha⁻¹ de NPK), con un tratamiento testigo sin abono. Se observó que tratamientos con las dosis más elevadas de estiércol (20–30 t·ha⁻¹) retrasaron significativamente el inicio de la floración respecto al testigo (Fitratunnisah et al. (2025)

Figura 3.4. *Modelo de regresión del comportamiento para la precocidad de arveja hasta la floración, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral)*



La figura 3.4 muestra el comportamiento de la precocidad de la arveja hasta la floración bajo la influencia de distintas dosis de estiércol de ovino más mineral, representado mediante el modelo lineal $y = 2.6082x + 93.51$. La ecuación indica que el tiempo hasta la floración (y) aumenta en 2.6082 días por cada incremento de 1 t ha⁻¹ en la dosis aplicada (x), reflejando una relación positiva directa entre fertilización y retraso de la floración. El valor de $R^2 = 0.9878$ señala que el modelo explica el 98.78 % de la variabilidad observada, mostrando que prácticamente toda la diferencia en la precocidad se debe a la dosis aplicada. En términos prácticos, esto significa que, a mayor dosis de estiércol de ovino, la floración se retrasa, reduciendo la precocidad del cultivo y evidenciando la importancia del manejo de fertilización para optimizar los tiempos de desarrollo de la planta.

3.3. De la longitud de la vaina verde

Tabla 3.3. *Análisis de varianza de longitud para la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.039	0.020	2.814	0.0960 ns
Tratamiento	7	0.852	0.122	17.567	<0.0001**
Testigo vs con abonamiento	1	0.604	0.604	87.175	<0.0001**
Mineral puro vs orgánico mineral	1	0.000	0.000	0.026	0.8749 ns
Entre orgánico mineral	1	0.005	0.005	0.722	0.4257 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.073	0.073	10.536	0.0060**
R. cuadrática	1	0.053	0.053	7.649	0.0150**
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.118	0.118	17.031	0.0010**
R. cuadrática	1	0.000	0.000	0.012	0.9115 ns
Error	14	0.097	0.007		
Total	23	0.988			
CV (%): 1.01					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05^*$), altamente significativo ($p < 0.01^{**}$)

En la tabla 3.3 se presenta el análisis de varianza de la longitud de la vaina verde de arveja bajo el efecto del abonamiento orgánico-mineral. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01^{**}$), lo que indica que los tratamientos influyeron de manera diferencial sobre esta variable. El contraste entre el testigo y los tratamientos con abonamiento evidenció un efecto positivo y significativo, demostrando que la aplicación de abonos orgánico-minerales incrementó la longitud de las vainas. En cambio, el contraste entre mineral puro y orgánico-mineral (ns) no presentó diferencias estadísticas, sugiriendo que ambos tipos de abonamiento produjeron efectos similares, diferenciándose solo en valores numéricos.

En el análisis de regresión, los modelos lineales resultaron significativos para las mezclas con estiércol de ovino y gallinaza, mientras que el modelo cuadrático se ajustó únicamente al tratamiento con ovinaza, evidenciando una respuesta más marcada en este tipo de abono. Además, el coeficiente de variación de 1.01% indica una alta precisión y confiabilidad en los resultados, lo que valida la consistencia de los efectos observados en las diferentes combinaciones de tratamientos evaluados.

González-Pedraza et al. (2023) señalan que la fertilización combinada orgánica y mineral mejora significativamente características productivas del cultivo de arveja, encontrando

además que no existen diferencias significativas entre fertilización mineral pura y mezcla orgánico-mineral, lo que indica respuestas similares en ambas modalidades.

En la figura 3.5 se observó que los tratamientos T4 y T3 presentaron los mayores valores de longitud de vaina verde, con promedios de 8.52 y 8.51 cm, respectivamente, ubicándose en el grupo estadístico “a” según la prueba de Tukey. Estos tratamientos representaron incrementos aproximados de 8.12 % y 7.99 % respecto al testigo T0, que registró la menor longitud de vaina con 7.88 cm y fue agrupado con la letra “c”.

Asimismo, los tratamientos T1, T7 y T5 presentaron valores intermedios de 8.29, 8.37 y 8.37 cm, respectivamente, y fueron agrupados como “ab”, lo que indicó que no difirieron estadísticamente de los tratamientos con mayores longitudes. Por otro lado, T2 y T6 se ubicaron en el grupo “b”, con valores de 8.23 y 8.24 cm. Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, estos resultados indicaron que la aplicación de fuentes orgánicas y minerales favoreció ligeramente el desarrollo de las vainas, debido a una mejor disponibilidad de nutrientes durante la etapa reproductiva. Sin embargo, las diferencias entre los tratamientos fertilizados fueron reducidas, lo que evidenció una respuesta relativamente uniforme del cultivo para esta variable.

Méndez et al. (2019) evaluó el efecto de diferentes combinaciones de abonos orgánicos y fertilización química en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). Los resultados mostraron que los tratamientos que combinaban estiércol de ovino con fertilización mineral incrementaron significativamente la longitud de la vaina verde en comparación con el testigo. Por ejemplo, el tratamiento con 5 t/ha de estiércol de ovino y 100 kg/ha de NPK alcanzó una longitud promedio de vaina de 8.4 cm, mientras que el testigo presentó 6.2 cm. Este incremento se atribuyó a la mejora en la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo del cultivo.

Figura 3.5. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la longitud de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral

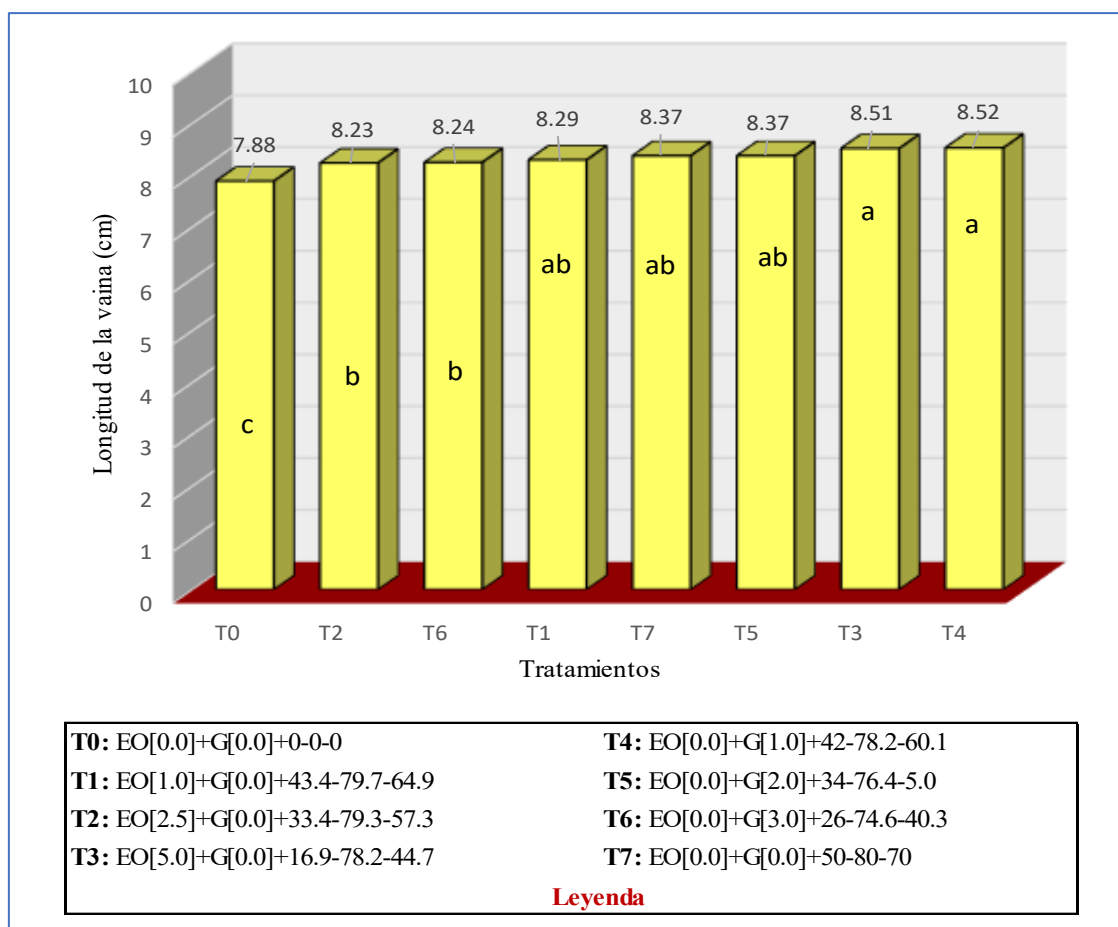
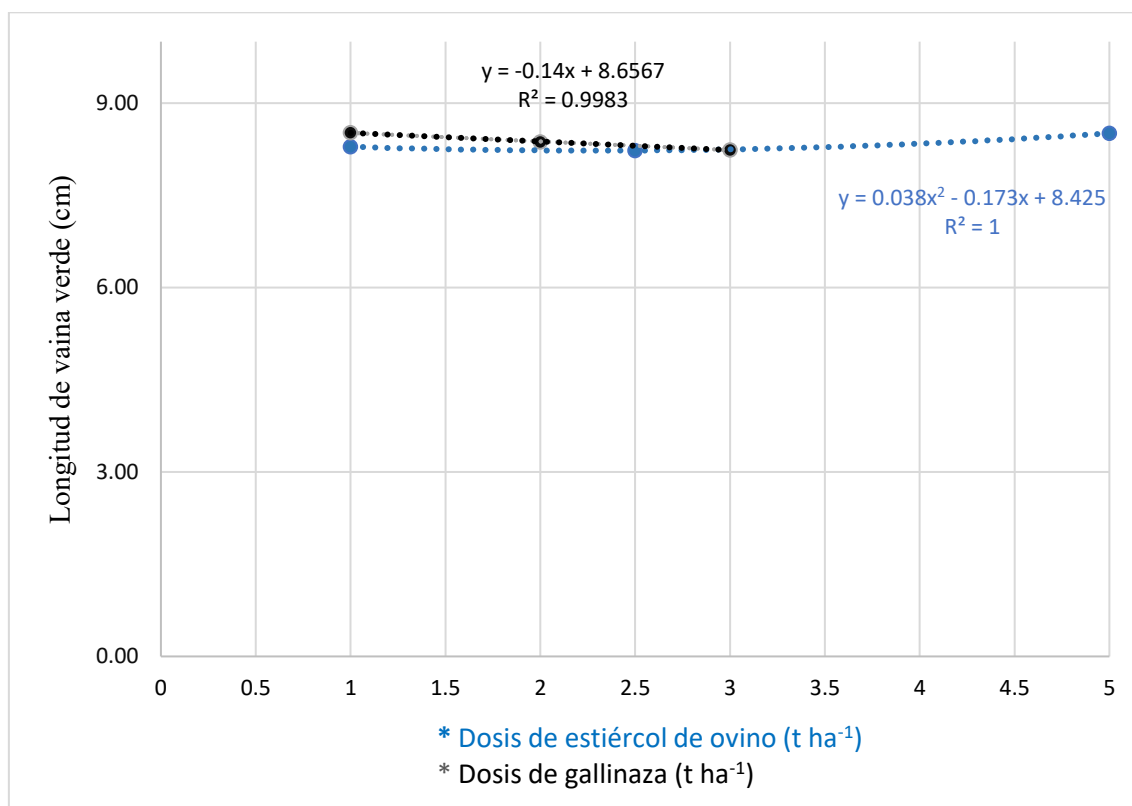


Figura 3.6. Modelo de regresión del comportamiento para la longitud de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral y gallinaza + mineral)



La figura 3.6 muestra la relación entre la longitud de vaina verde de arveja y las dosis de estiércol de ovino más fertilización mineral y gallinaza más fertilización mineral. En el tratamiento con gallinaza más mineral, la respuesta se ajustó al modelo lineal $y = -0.14x + 8.6567$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9983$, lo que evidencia un ajuste muy alto del modelo. La pendiente negativa indica que, por cada tonelada por hectárea adicional de gallinaza aplicada, la longitud de la vaina disminuye aproximadamente 0.14 cm. Por otro lado, el tratamiento con estiércol de ovino más mineral presentó un comportamiento cuadrático descrito por la ecuación $y = -0.038x^2 - 0.173x + 8.425$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 1$. En ambos tratamientos, la longitud de la vaina mostró variaciones reducidas entre las dosis evaluadas, manteniéndose alrededor de 8 cm. Estos resultados sugieren que la aplicación de los abonos orgánicos combinados con fertilización mineral tuvo una influencia limitada sobre la longitud de la vaina verde, observándose únicamente ligeras variaciones conforme aumentaron las dosis aplicadas.

3.4. Del ancho de la vaina verde

En la tabla 3.4 correspondiente al análisis de varianza del ancho de la vaina verde de arveja, se observa que los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas, indicando que el abonamiento orgánico-mineral o sus combinaciones no influyeron de manera diferenciada sobre esta variable, mostrando únicamente variaciones numéricas. Sin embargo, se detectó significancia entre los bloques, lo que sugiere cierta variabilidad atribuida a factores externos.

Tabla 3.4. *Análisis de varianza para ancho de la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	0.025	0.013	6.481	0.0096**
Tratamiento	7	0.030	0.004	2.222	0.0944 ns
Testigo vs con abonamiento	1	0.012	0.012	6.222	0.0265*
Mineral puro vs orgánico mineral	1	0.000	0.000	0.166	0.6909 ns
Entre orgánico mineral	1	0.000	0.000	0.046	0.8330 ns
Estiércol de ovino vs abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.004	0.004	2.074	0.1847 ns
R. cuadrática	1	0.000	0.000	0.073	0.7922 ns
Gallinaza vs abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.003	0.003	1.556	0.2466 ns
R. cuadrática	1	0.011	0.011	5.704	0.0299 *
Error	14	0.027	0.002		
Total	23	0.082			
CV (%): 2.73					

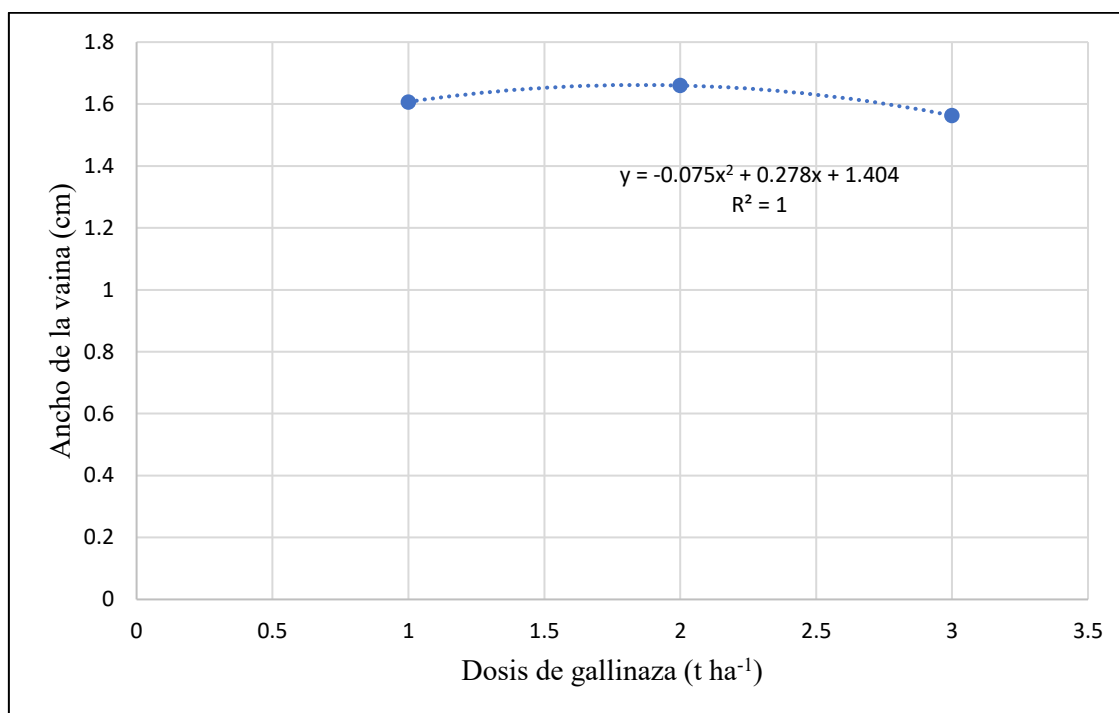
Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05$ *), altamente significativo ($p < 0.01$ **)

El contraste testigo vs con abonamiento fue significativo, evidenciando un efecto positivo de los abonos frente al testigo, aunque no se justificó aplicar la prueba de Tukey por la similitud entre tratamientos. El coeficiente de variación (2.73%) demuestra alta precisión y confiabilidad de los resultados. Finalmente, el análisis de regresión mostró significancia solo en el modelo cuadrático con dosis de gallinaza combinadas con minerales, lo que indica que este modelo describe mejor el comportamiento del ancho de la vaina frente a los tratamientos aplicados.

Mungoma et al. (2020), al evaluar diferentes dosis de fertilización en frijol biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.), reportaron que el análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) para el ancho de la vaina, con un coeficiente de variación de 3.12%, pero la regresión cuadrática resultó significativa ($p < 0.01$), indicando una respuesta no lineal del cultivo a las dosis aplicadas. De igual manera, Yin et al. (2018)

encontraron que en frijol mung (*Vigna radiata* L.) las variables morfológicas, como el diámetro de la vaina, no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 2.65%, mostrando estabilidad frente a la fertilización.

Figura 3.7. Modelo de regresión del comportamiento de ancho de vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral)



La figura 3.7 muestra el comportamiento del ancho de vaina verde de arveja bajo la influencia de distintas dosis de gallinaza más mineral, ajustado mediante un modelo cuadrático expresado por la ecuación $y = -0.075x^2 + 0.278x + 1.404$. La pendiente inicial positiva (0.278) indica que al aumentar la dosis de 1 a 2 t ha⁻¹, el ancho de la vaina tiende a incrementarse, mientras que el coeficiente negativo del término cuadrático (-0.075) refleja que, al continuar aumentando la dosis más allá de 2 t ha⁻¹, el ancho comienza a disminuir, generando un comportamiento curvilíneo. El coeficiente de determinación $R^2 = 1$ evidencia que el modelo explica el 100 % de la variación observada, lo que significa que todas las diferencias en el ancho de vaina se atribuyen a la dosis aplicada dentro del rango estudiado. En términos prácticos, el ancho de la vaina aumenta ligeramente hasta una dosis óptima de aproximadamente 2 t ha⁻¹ y luego disminuye, indicando que existe un nivel de dosis ideal para maximizar esta característica del cultivo y que dosis mayores no mejoran el ancho, sino que podrían reducirlo.

3.5. Materia seca de la vaina verde

Tabla 3.5. *Análisis de varianza de materia seca para la vaina verde de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	9.210	4.605	2.541	0.1144 ns
Tratamiento	7	14.670	2.096	1.156	0.3852 ns
Testigo vs con abonamiento	1	0.180	0.180	0.099	0.7572 ns
Mineral puro vs orgánico mineral	1	3.300	3.300	1.821	0.1984 ns
Entre orgánico mineral	1	2.000	2.000	1.104	0.3113 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.240	0.240	0.132	0.7213 ns
R. cuadrática	1	7.220	7.220	3.984	0.0658 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.600	0.600	0.331	0.5736 ns
R. cuadrática	1	1.130	1.130	0.624	0.4439 ns
Error	14	25.370	1.812		
Total	23	49.250			
CV (%): 6.66					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05$ *), altamente significativo ($p < 0.01$ **)

Según el análisis de varianza (Tabla 3.5), la materia seca de las vainas verdes de arveja no presentó diferencias significativas entre tratamientos, mostrando valores uniformes bajo las condiciones agroclimáticas de Huamanguilla. Por ello, no fue necesario aplicar la prueba de Tukey, ya que los tratamientos tuvieron efectos muy similares. El coeficiente de variación fue de 6.66%, indicando buena precisión experimental. Además, el análisis de regresión evidenció que la materia seca no sigue un modelo lineal ni cuadrático, lo que sugiere que no depende directamente de las dosis de abonos aplicados.

López (2021), en arveja donde la aplicación de fertilizantes minerales no modificó la materia seca a la cosecha, manteniéndose valores uniformes entre tratamientos. De igual forma, Asencios (2024), al evaluar diferentes cultivares de arveja, reportó coeficientes de variación entre 5 % y 9 %, señalando buena precisión experimental y ausencia de diferencias estadísticas en la variable.

3.6. Número de vainas por planta

Tabla 3.6. *Análisis de varianza de número de vainas por planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	1.750	0.875	1.770	0.2062 ns
Tratamiento	7	33.830	4.833	9.777	0.0002**
Testigo vs con abonamiento	1	20.020	20.020	40.503	<0.0001**
Mineral puro vs orgánico mineral	1	2.030	2.030	4.107	0.0620 ns
Entre orgánico mineral	1	0.220	0.220	0.445	0.5133 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	1.500	1.500	3.035	0.1033 ns
R. cuadrática	1	9.390	9.390	18.997	0.0007**
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.670	0.670	1.355	0.2648 ns
R. cuadrática	1	0.000	0.000	0.000	0.999 ns
Error	14	6.920	0.494		
Total	23	42.500			
CV (%): 8.03					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05$ *), altamente significativo ($p < 0.01$ **)

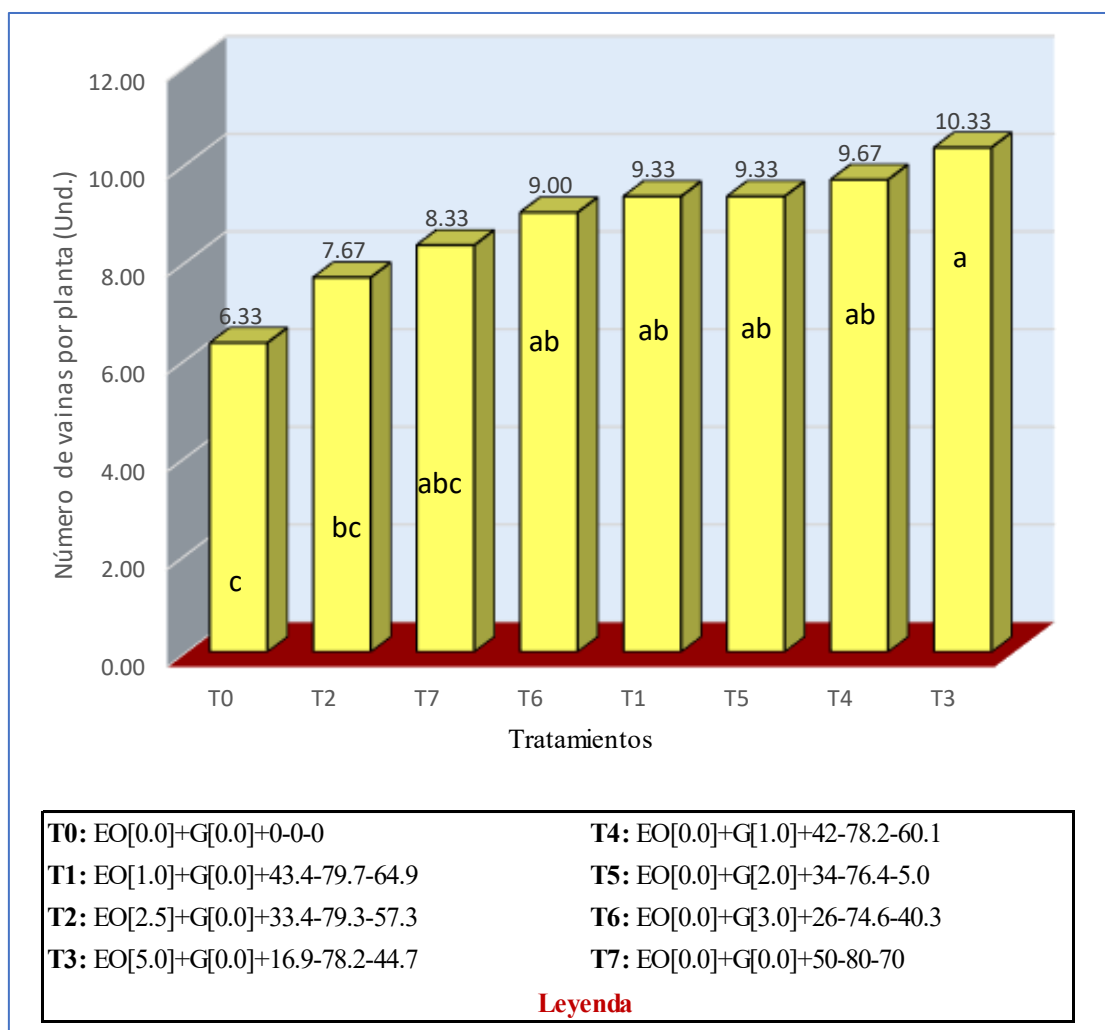
En la tabla 3.6 se presenta el análisis de varianza del número de vainas por planta de arveja bajo el efecto del abonamiento orgánico-mineral. Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$ **), lo que indica que al menos uno de los tratamientos produjo un efecto superior en comparación con los demás. El contraste testigo vs. tratamientos con abonamiento resultó significativo, evidenciando que la aplicación de abonos orgánico-minerales incrementó significativamente el número de vainas por planta. En cambio, el contraste mineral puro vs. orgánico-mineral (ns) no mostró diferencias, lo que sugiere que ambos tipos de abonamiento tuvieron efectos similares sobre esta variable.

Por otra parte, el análisis de regresión mostró significancia en el modelo cuadrático para las dosis de estiércol de ovino en mezcla con $N-P_2O_5-K_2O$, indicando que el comportamiento del número de vainas por planta se ajusta mejor a este tipo de modelo. Además, se registró un coeficiente de variación de 8.03%, lo que demuestra una alta precisión y confiabilidad en los resultados obtenidos.

Huayta (2020), quien al evaluar el efecto de gallinaza y NPK en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), encontró diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) en el número de vainas por planta, siendo las dosis combinadas las que alcanzaron mayores

promedios, con un coeficiente de variación de 7.9 %. De manera similar, López (2021) observó que el uso de bioestimulantes orgánicos incrementó significativamente el número de vainas, demostrando que el manejo orgánico-mineral puede mejorar el rendimiento del cultivo.

Figura 3.8. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número promedio de vainas por planta de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral

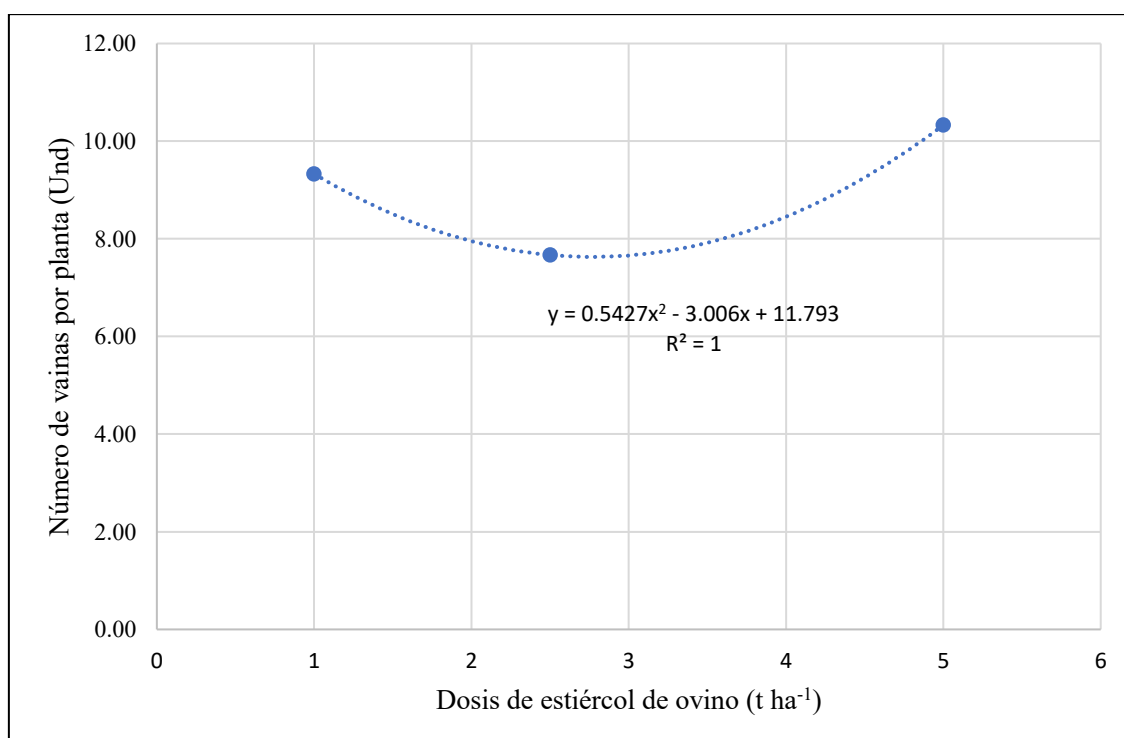


En la figura 3.8 se observó que el número de vainas por planta presentó diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T3 registró el mayor promedio, con 10.33 vainas por planta, ubicándose en el grupo estadístico “a”, y superó al testigo T0 en aproximadamente 63.19 %. En contraste, el testigo presentó el menor valor, con 6.33 vainas por planta, y fue agrupado con la letra “c”, lo que evidenció un menor desarrollo reproductivo del cultivo en ausencia de fertilización.

Los tratamientos T4, T5, T1 y T6 alcanzaron valores entre 9.00 y 9.67 vainas por planta, agrupándose como “ab”, por lo que fueron estadísticamente comparables con T3. Asimismo, T7 presentó un comportamiento intermedio, con 8.33 vainas por planta, ubicándose en el grupo “abc”, mientras que T2, con 7.67 vainas por planta, se agrupó como “bc”. Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, estos resultados indicaron que la aplicación de fuentes orgánicas y minerales favoreció la formación de vainas, debido a una mayor disponibilidad de nutrientes durante la etapa reproductiva. Sin embargo, la similitud estadística entre varios tratamientos fertilizados evidenció que las diferentes combinaciones aplicadas generaron respuestas relativamente cercanas en esta variable.

Kusuma et al. (2022) en un estudio con *Vigna radiata* (frijol mungo), donde se evaluaron distintas dosis de estiércol ovino en combinación con fertilización NPK. Los autores observaron que el número de vainas por planta siguió un comportamiento cuadrático, incrementándose con dosis moderadas y disminuyendo con aplicaciones excesivas, debido al posible desequilibrio de nutrientes en el suelo. La dosis óptima fue de 5 t ha⁻¹ de estiércol ovino + 75 % NPK, con un promedio de 18.4 vainas por planta, superando al testigo en más del 30 %.

Figura 3.9. Modelo de regresión del comportamiento de número vainas verdes por planta, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral)



La figura 3.9 muestra que el número de vainas verdes por planta se explica mediante el modelo cuadrático $y = 0.5427x^2 - 3.006x + 11.793$, donde y representa el número de vainas por planta y x la dosis aplicada. El valor de $R^2 = 1$ indica que el modelo presenta un ajuste perfecto, es decir, explica el 100% de la variación observada en el número de vainas verdes por planta dentro del rango evaluado. En términos porcentuales, esto significa que toda la respuesta observada en esta variable se atribuye a la dosis de abonamiento orgánico mineral aplicada. La pendiente no es constante porque se trata de una ecuación cuadrática; sin embargo, el coeficiente lineal negativo (-3.006) muestra que, al inicio, el número de vainas disminuye conforme aumenta la dosis, mientras que el coeficiente cuadrático positivo (0.5427) indica que, después de un punto intermedio, la tendencia se revierte y el número de vainas vuelve a incrementarse. En consecuencia, el comportamiento de la planta responde de manera curvilínea, con una dosis intermedia que representa la menor producción y dosis mayores que favorecen nuevamente la formación de vainas.

3.7. Número de granos por vaina

Según el análisis de varianza (Tabla 3.7), el número de granos por vaina de arveja verde no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$ ns), lo que indica que las fuentes de abonamiento orgánico y mineral aplicadas ejercieron efectos similares bajo las condiciones de Huamanguilla. En consecuencia, no fue necesario realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, dado que ningún tratamiento mostró superioridad estadística. El coeficiente de variación obtenido (12.69%) refleja una adecuada precisión y confiabilidad de los resultados experimentales. Asimismo, el análisis de regresión confirmó que el número de granos por vaina no se ajusta a ningún modelo de comportamiento definido bajo el efecto del abonamiento orgánico-mineral.

Tabla 3.7. *Análisis de varianza para número de granos por vaina de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	1.330	0.665	1.164	0.3399 ns
Tratamiento	7	3.630	0.519	0.908	0.5288 ns
Testigo vs con abonamiento	1	0.290	0.290	0.508	0.4867 ns
Mineral puro vs orgánico mineral	1	1.560	1.560	2.730	0.1212 ns
Entre orgánico mineral	1	0.220	0.220	0.385	0.5429 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.170	0.170	0.298	0.5976 ns
R. cuadrática	1	0.500	0.500	0.875	0.3654 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.670	0.670	1.173	0.2983 ns
R. cuadrática	1	0.220	0.220	0.385	0.5429 ns
Error	14	8.000	0.571		
Total	23	12.960			
CV (%): 12.69					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05^*$), altamente significativo ($p < 0.01^{**}$)

Según Karadaş et al. (2023), al evaluar diferentes genotipos de arveja (*Pisum sativum* L.) con abonos orgánicos y fertilizantes minerales, el número de granos por vaina no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, registrando valores entre 4.90 y 6.64 granos por vaina, lo que indica que esta variable es poco influenciada por el tipo de fertilización.

De manera similar, Gutiérrez (2021) reportó que la aplicación de diferentes dosis de fósforo no generó diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en el número de granos por vaina, con valores promedios de 6.57 a 7.31 granos, aunque sí observó efectos en otras variables del rendimiento. Esto confirma que el número de granos por vaina tiende a mantenerse estable frente a variaciones nutricionales.

3.8. Del peso por vaina

En la tabla 3.8 se evidencia que, en el peso promedio por vaina de arveja verde, ninguna de las fuentes de variación resultó significativa ($p > 0.05$ ns), lo que indica que los tratamientos aplicados no difieren estadísticamente entre sí. Por tanto, el peso de las vainas se mantuvo constante en todos los tratamientos bajo las condiciones de Huamanguilla. En consecuencia, no fue necesario realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, dado que ningún tratamiento presentó diferencias relevantes. El coeficiente de variación de 7.71% refleja una alta precisión y confiabilidad de los resultados experimentales.

Tabla 3.8. *Análisis de varianza para el peso por vaina de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	1.150	0.575	2.023	0.1703 ns
Tratamiento	7	2.300	0.329	1.156	0.3865 ns
Testigo vs con abonamiento	1	0.790	0.790	2.779	0.1181 ns
Mineral puro vs orgánico mineral	1	0.690	0.690	2.427	0.1411 ns
Entre orgánico mineral	1	0.300	0.300	1.055	0.3186 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.450	0.450	1.583	0.2299 ns
R. cuadrática	1	0.030	0.030	0.106	0.7420 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	0.020	0.020	0.070	0.7754 ns
R. cuadrática	1	0.010	0.010	0.035	0.8690 ns
Error	14	3.980	0.284		
Total	23	7.430			
CV (%): 7.71					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05^*$), altamente significativo ($p < 0.01^{**}$)

Vila García (2019), al analizar el peso de vaina en arveja se reporta que la interacción variedad * densidad resultó no significativa (ns) en el ANOVA, mientras que las fuentes principales (variedad y densidad) mostraron efectos significativos; además el coeficiente de variación fue bajo (CV = 4,72 %), lo que indica buena precisión experimental.

3.9. Del peso de 100 granos verdes

Tabla 3.9. *Análisis de varianza para el peso de 100 granos verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

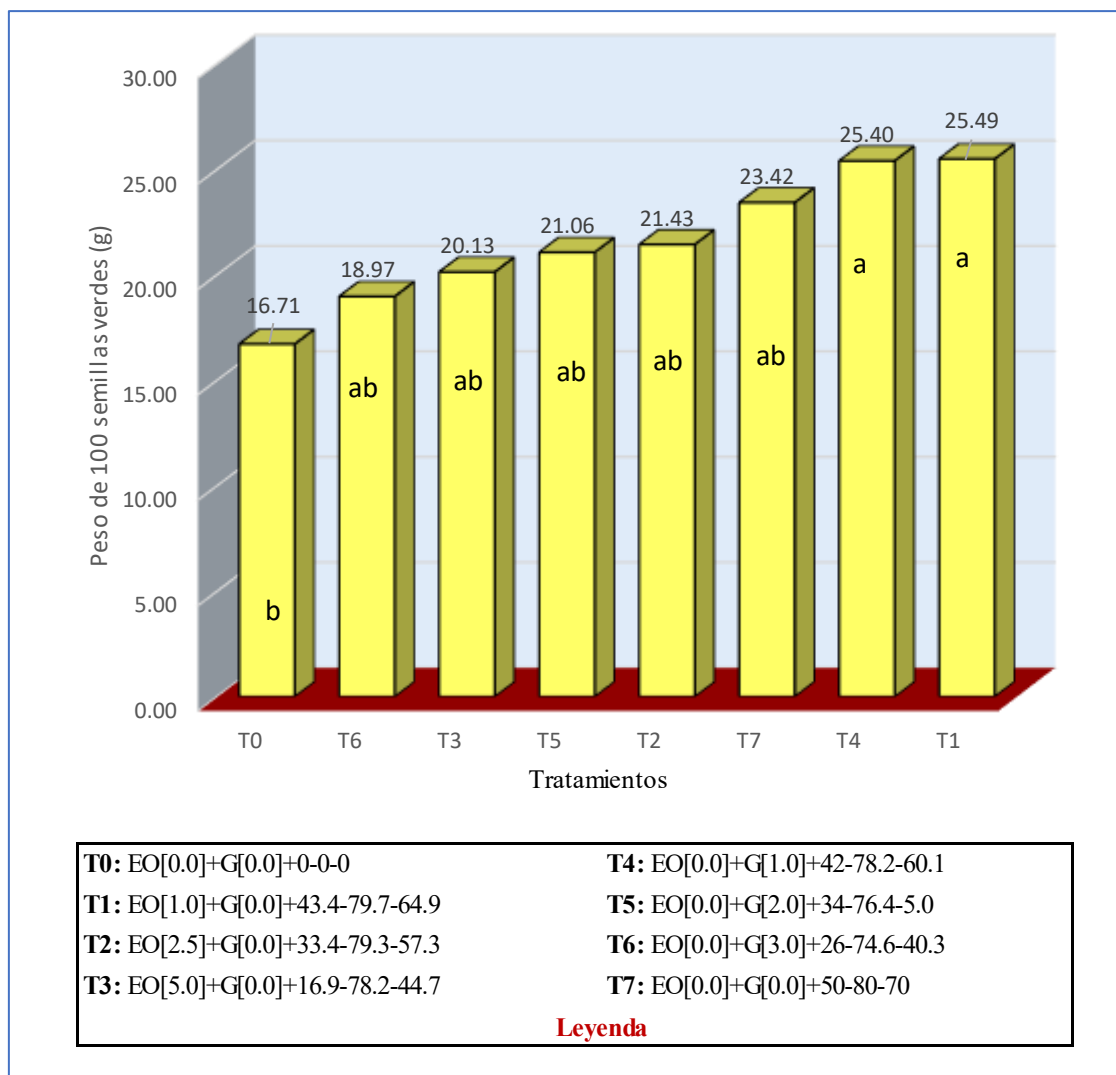
Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	16.240	8.120	1.002	0.3920 ns
Tratamiento	7	198.720	28.389	3.503	0.0219 *
Testigo vs con abonamiento	1	81.090	81.090	10.005	0.0069 **
Mineral puro vs orgánico mineral	1	4.620	4.620	0.570	0.4629 ns
Entre orgánico mineral	1	1.320	1.320	0.163	0.6923 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	43.200	43.200	5.330	0.0367 *
R. cuadrática	1	3.790	3.790	0.468	0.5052 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	62.150	62.150	7.668	0.0151 *
R. cuadrática	1	2.550	2.550	0.315	0.5840 ns
Error	14	113.470	8.105		
Total	23	328.430			
CV (%): 13.19					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05^*$), altamente significativo ($p < 0.01^{**}$)

En la tabla 3.9 se presenta el análisis de varianza del peso promedio de 100 granos de vainas verdes de arveja bajo el efecto del abonamiento orgánico-mineral. Los tratamientos resultaron altamente significativos ($p < 0.01^{**}$), lo que indica que al menos uno de ellos difiere notablemente del resto. Además, la significancia observada en el contraste de testigo vs abonamiento demuestra que los tratamientos con mezcla orgánico-mineral superaron al testigo, reflejando un efecto positivo en el peso de los granos. En cambio, la comparación entre el tratamiento con fuente mineral pura y los tratamientos combinados (ns) evidenció efectos similares, sin diferencias estadísticas. El análisis de regresión mostró significancia estadística únicamente en el modelo lineal, tanto para la aplicación de estiércol de ovino como de gallinaza en mezcla con minerales, lo que indica que el peso de 100 granos respondió de manera directamente proporcional al incremento de las dosis aplicadas. El coeficiente de variación de 13.19% evidencia una adecuada precisión y confiabilidad de los resultados experimentales.

Kumar et al. (2023) evaluaron el efecto de la aplicación de abonos orgánicos, inorgánicos y su combinación en frijol común bajo condiciones de suelo alcalino. Encontraron que el peso de 100 semillas presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre tratamientos, registrándose los valores más altos cuando se combinaron fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los incrementos oscilaron entre 13.7 % y 16.3 % respecto al testigo, lo que demuestra que la integración de fuentes orgánicas mejora la disponibilidad de nutrientes y, en consecuencia, el llenado de los granos.

Figura 3.10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el peso promedio de 100 granos verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral



En la figura 3.10 se observó que el peso de 100 semillas verdes presentó diferencias entre los tratamientos evaluados. Los tratamientos T1 y T4 registraron los mayores promedios, con 25.49 y 25.40 g, respectivamente, ubicándose en el grupo estadístico “a”. Estos valores superaron al testigo T0, que obtuvo 16.71 g y fue agrupado con la letra “b”, con incrementos aproximados de 52.54 % y 52.00 %, respectivamente.

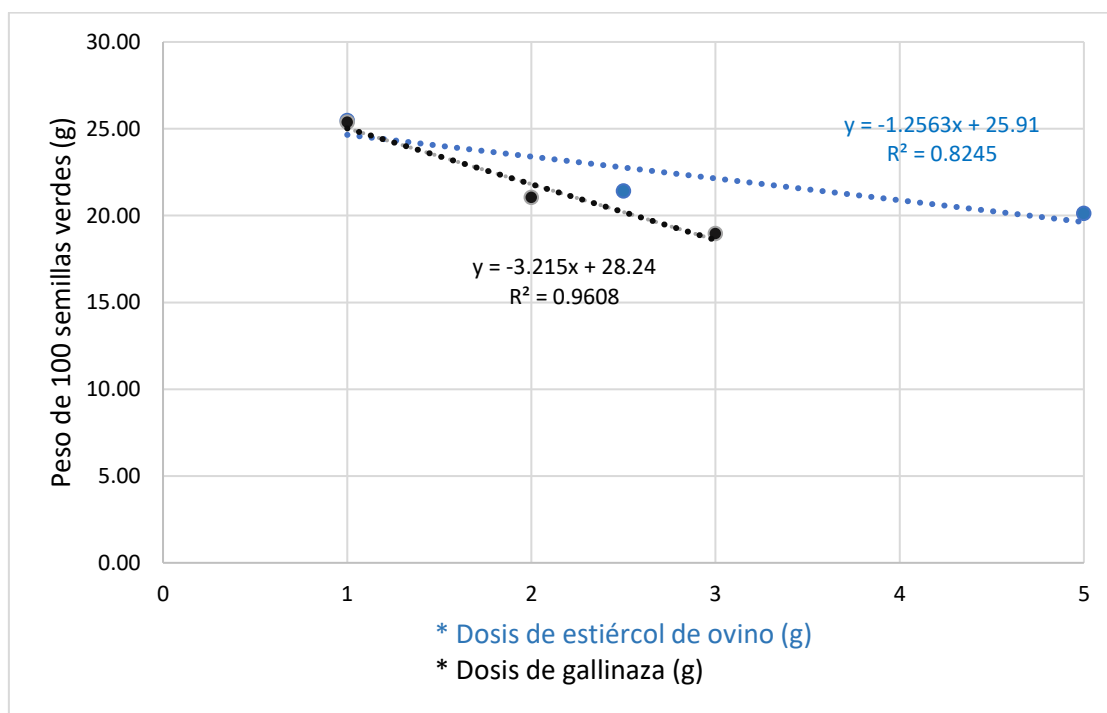
Los tratamientos T7, T2, T5, T3 y T6 presentaron valores intermedios entre 18.97 y 23.42 g, agrupándose como “ab”, por lo que no difirieron estadísticamente ni de los tratamientos superiores ni del testigo. Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, estos resultados indicaron que la fertilización orgánica y mineral favoreció el llenado de las semillas verdes, debido a una mayor disponibilidad de nutrientes durante la etapa reproductiva. Sin embargo, la similitud estadística entre varios tratamientos mostró que las respuestas

fueron relativamente cercanas, destacando T1 y T4 por presentar los mayores pesos promedio bajo las condiciones del ensayo.

Haque (2022), quien evaluó el efecto de abonos orgánicos y químicos en *Pisum sativum* L. bajo un diseño de bloques al azar con seis tratamientos: T1 (testigo sin fertilizante), T2 (5 t ha⁻¹ de estiércol), T3 (75 % de fertilizante recomendado), T4 (100 % de fertilizante recomendado), T5 (50 % estiércol + 50 % químico) y T6 (100 % estiércol + 100 % químico). El mayor peso de 100 semillas (23.7 g) se obtuvo con la mezcla de 50 % abono orgánico + 50 % fertilizante químico, superando significativamente al testigo (19.66 g).

Yin et al. (2018) trabajaron con *Vigna radiata* L. (frijol mungo) aplicando cuatro niveles de nitrógeno (0, 30, 60 y 90 kg ha⁻¹), fósforo (0, 40 y 80 kg ha⁻¹) y potasio (0, 20 y 40 kg ha⁻¹). Reportaron que el mayor peso de 100 semillas (47.2 g) se obtuvo con 90-80-40 kg ha⁻¹ de NPK, siendo significativamente superior al control sin fertilizante (35.6 g).

Figura 3.11. Modelo de regresión del comportamiento del peso promedio de 100 granos verdes, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral (estiércol de ovino + mineral y gallinaza + mineral)



La figura 3.11 muestra la relación entre el peso promedio de 100 semillas verdes de arveja y las dosis de estiércol de ovino más fertilización mineral y gallinaza más fertilización mineral. En ambos tratamientos se observa una tendencia lineal negativa, indicando que

el incremento de las dosis estuvo asociado con una disminución del peso de las semillas verdes. Para el tratamiento con estiércol de ovino más mineral, el modelo lineal fue $y = -1.2563x + 25.91$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.8245$, lo que evidencia un ajuste alto del modelo y una fuerte asociación entre la dosis aplicada y el peso de las semillas. La pendiente negativa indica que, por cada unidad adicional de dosis aplicada, el peso promedio de 100 semillas verdes disminuye aproximadamente 1.26 g. Por otro lado, el tratamiento con gallinaza más mineral presentó el modelo $y = -3.215x + 28.24$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9608$, indicando un ajuste muy alto y una asociación más estrecha entre la dosis y la variable evaluada. La pendiente negativa muestra que, por cada unidad adicional de gallinaza aplicada, el peso promedio de 100 semillas verdes disminuye aproximadamente 3.22 g. En conjunto, los resultados indican que el aumento de las dosis de ambos abonos orgánicos combinados con fertilización mineral estuvo asociado con una reducción del peso de 100 semillas verdes, siendo este efecto más pronunciado en el tratamiento con gallinaza más mineral.

3.10. Rendimiento de vainas verdes

En la tabla 3.10 se presenta el análisis de varianza del rendimiento promedio de vainas verdes de arveja bajo el efecto del abonamiento orgánico-mineral. Los resultados muestran diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), lo que indica que al menos uno de ellos influyó de manera distinta en el rendimiento del cultivo. Esta respuesta puede explicarse desde la fisiología y la nutrición mineral, ya que el nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo y la formación de área foliar, el fósforo interviene en el desarrollo radicular, floración y formación de vainas, mientras que el potasio participa en el transporte de fotoasimilados y llenado de vainas, procesos directamente relacionados con la producción final.

El contraste entre el testigo y los tratamientos con abonamiento fue significativo, evidenciando que la aplicación de nutrientes modificó el rendimiento respecto al cultivo sin fertilización. En cambio, la comparación entre el tratamiento mineral puro y los orgánico-minerales no presentó diferencias significativas, lo que sugiere que ambas fuentes aportaron nutrientes con efectos productivos similares. Asimismo, entre los tratamientos orgánico-minerales tampoco se observaron diferencias significativas, indicando respuestas semejantes en el rendimiento. En el análisis de regresión, se encontró significancia en el modelo lineal tanto para las mezclas con estiércol de ovino como con gallinaza, lo que indica que el rendimiento de vainas verdes respondió de forma

proporcional al incremento de las dosis aplicadas. Finalmente, el coeficiente de variación de 23.44 % refleja una variabilidad aceptable en condiciones de campo, considerando que el rendimiento depende de factores fisiológicos, nutricionales y ambientales.

Tabla 3.10. *Análisis de varianza para el rendimiento promedio de vainas verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral*

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	3870408.330	1935204.165	2.161	0.1521 ns
Tratamiento	7	24079400.000	3439914.286	3.841	0.0154 *
Testigo vs con abonamiento	1	4288009.520	4288009.520	4.788	0.0461 *
Mineral puro vs orgánico mineral	1	1077162.700	1077162.700	1.203	0.2913 ns
Entre orgánico mineral	1	2226050.000	2226050.000	2.485	0.1372 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	8592066.670	8592066.670	9.593	0.0079**
R. cuadrática	1	3293888.890	3293888.890	3.678	0.0758 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	4166666.670	4166666.670	4.652	0.0489*
R. cuadrática	1	435555.560	435555.560	0.486	0.4970 ns
Error	14	12539325.000	895666.071		
Total	23	40489133.330			
CV (%): 23.44					

Nota. No significativo (ns = $p > 0.05$), significativo ($0.01 < p < 0.05^*$), altamente significativo ($p < 0.01^{**}$)

Kumar et al. (2023) evaluaron el efecto de fertilización órgano-mineral en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de suelo alcalino, utilizando tratamientos con estiércol de corral y NPK. El estudio reportó que el tratamiento combinado (50 % estiércol + 50 % NPK) logró el mayor rendimiento promedio (2.84 t ha^{-1}), superando al tratamiento exclusivamente mineral (2.31 t ha^{-1}) y al testigo (1.94 t ha^{-1}).

La prueba de Tukey (Figura 3.12) para el rendimiento de vainas verdes de arveja evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 alcanzó el mayor rendimiento, con $7833.33 \text{ kg ha}^{-1}$, ubicándose en el grupo estadístico “a”. Este resultado superó al testigo T0, que registró $3360.00 \text{ kg ha}^{-1}$ y se ubicó en el grupo “b”. La diferencia entre ambos tratamientos fue de $4473.33 \text{ kg ha}^{-1}$, lo que representó un incremento de 133.13 % respecto al testigo.

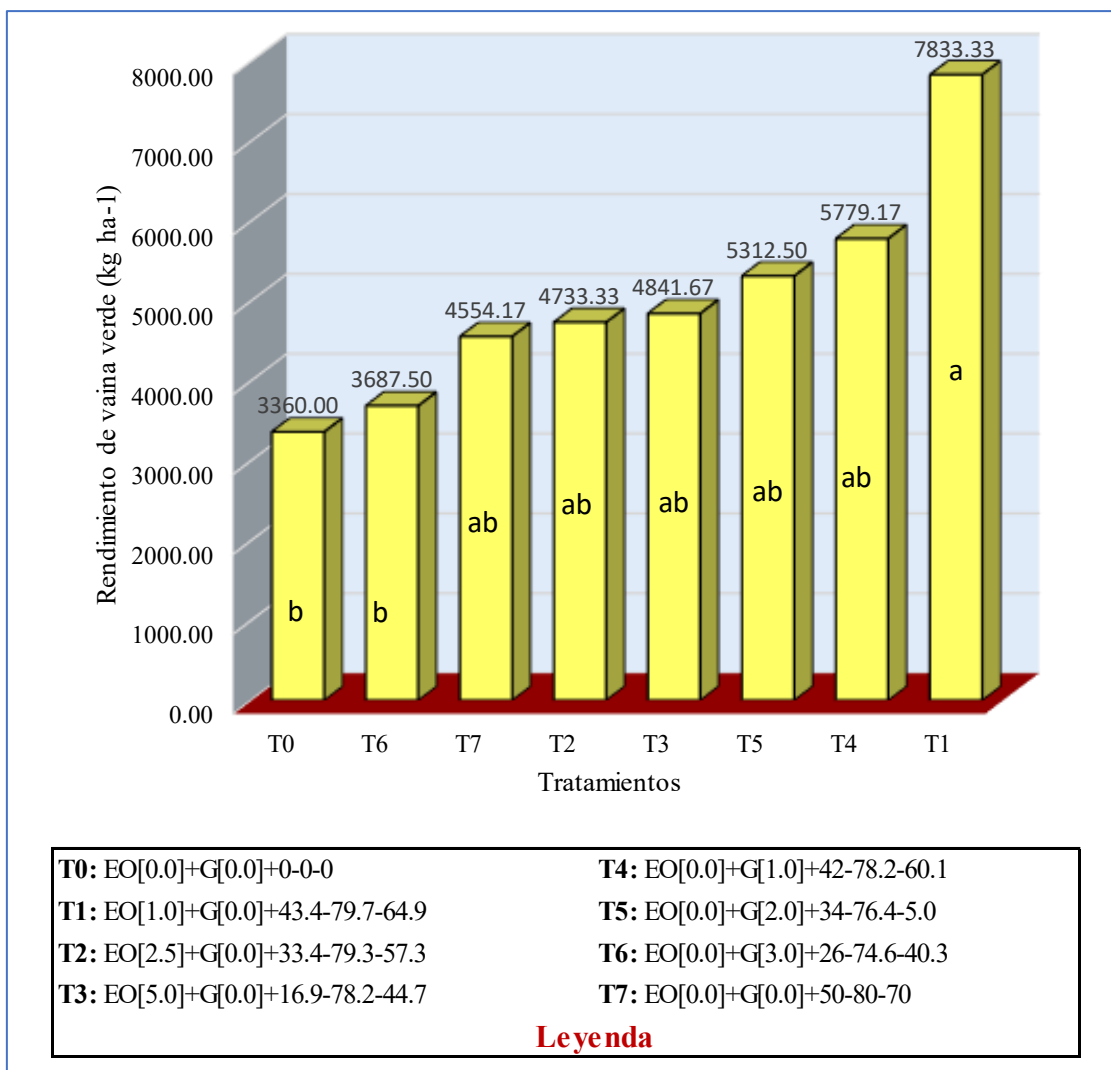
Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, el mayor rendimiento obtenido con T1 puede explicarse por una mejor sincronía entre la liberación gradual de nutrientes del estiércol de ovino y la disponibilidad inmediata de la fertilización mineral. Esta combinación habría favorecido el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado de

vainas, etapas en las que la planta requiere una adecuada provisión de nutrientes para sostener la fotosíntesis, la formación de biomasa y el desarrollo de órganos reproductivos.

Al respecto, Marschner (2012) señala que la nutrición mineral es fundamental para la absorción radicular, el metabolismo vegetal y la productividad de los cultivos; mientras que Taiz et al. (2015) explican que el nitrógeno participa en la formación de proteínas, clorofila y área foliar, el fósforo interviene en la transferencia de energía, desarrollo radicular y procesos reproductivos, y el potasio regula la activación enzimática y el transporte de fotoasimilados hacia los órganos de demanda. En ese sentido, el T1 habría permitido una mayor acumulación de biomasa y una mejor movilización de asimilados hacia las vainas, expresándose finalmente en un mayor rendimiento de vaina verde de arveja. Esta interpretación coincide con Yermko et al. (2024), quienes reportaron que la fertilización mineral influye significativamente en el crecimiento y productividad de la arveja, debido a que mejora el suministro nutricional durante las etapas vegetativas y reproductivas del cultivo.

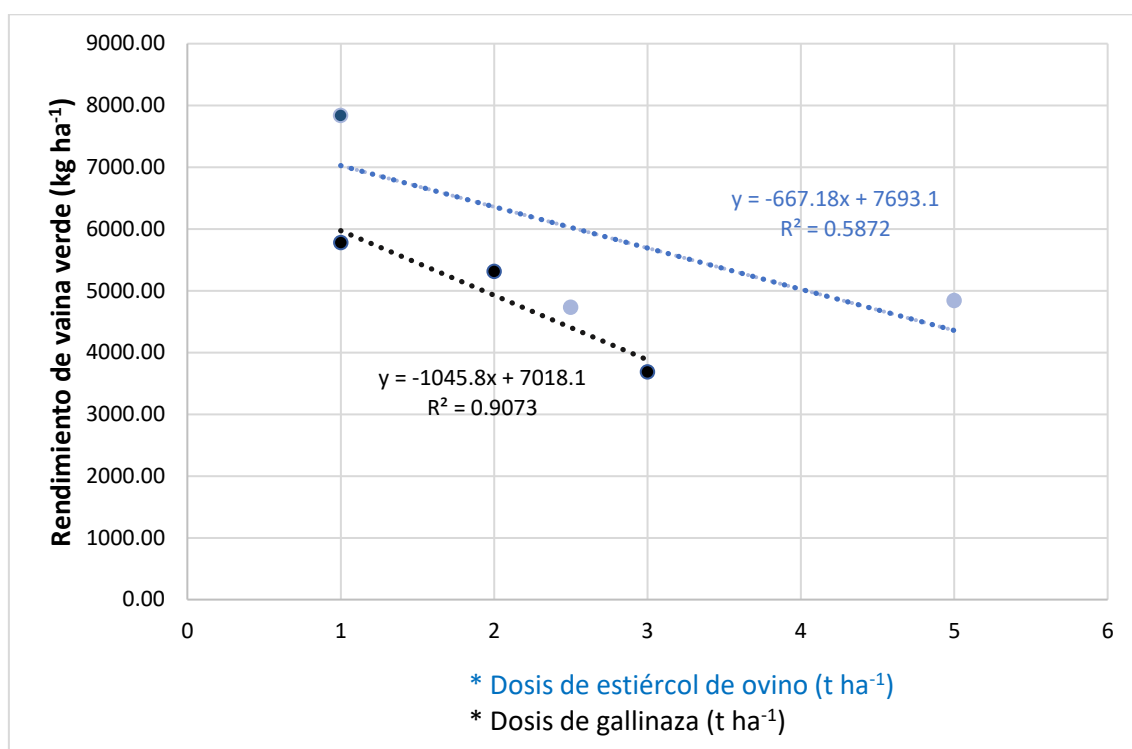
Los tratamientos T7, T2, T3, T5 y T4 presentaron rendimientos intermedios, entre 4554.17 y 5779.17 kg ha⁻¹, ubicándose en el grupo estadístico “ab”. Esto indicó que no difirieron estadísticamente de los tratamientos extremos; sin embargo, mostraron una tendencia productiva superior al testigo. En consecuencia, los resultados sugirieron que el abonamiento orgánico-mineral generó una respuesta favorable en el rendimiento de vainas verdes de arveja, destacando T1 como el tratamiento de mejor desempeño bajo las condiciones evaluadas.

Figura 3.12. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento promedio de vainas verdes de arveja, bajo el efecto del abonamiento orgánico mineral



Realizado en Taquia (Chachapoyas), Collazos Silva et al. (2018) aplicaron nueve tratamientos de fertilización química y orgánica en cultivo de arveja y hallaron que el tratamiento con fertilización química (T9) alcanzó un rendimiento de 6 408,3 kg ha⁻¹, significativamente superior al testigo, usando la prueba de Tukey para establecer diferencias entre tratamientos.

Figura 3.13. Modelo de regresión del comportamiento del rendimiento promedio de vainas verdes, bajo influencia de abonamiento orgánico mineral (gallinaza + mineral y estiércol de ovino + mineral)



La figura 3.13 muestra la relación entre el rendimiento promedio de vainas verdes de arveja y las dosis de gallinaza más fertilización mineral y estiércol de ovino más fertilización mineral. En ambos tratamientos se observa una tendencia lineal negativa, indicando que el incremento de las dosis se asoció con una disminución del rendimiento. El tratamiento con gallinaza más mineral presentó el modelo $y = -1045.8x + 7018.1$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9073$, lo que evidencia un ajuste alto del modelo y una fuerte asociación entre la dosis aplicada y el rendimiento. La pendiente indica una reducción aproximada de 1045.8 kg ha⁻¹ por cada tonelada por hectárea adicional aplicada. Por su parte, el tratamiento con estiércol de ovino más mineral presentó el modelo $y = -667.18x + 7693.1$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.5872$, indicando una asociación moderada entre las variables. La pendiente negativa muestra una disminución aproximada de 667.18 kg ha⁻¹ en el rendimiento por cada tonelada por hectárea adicional de estiércol de ovino más mineral. En conjunto, los resultados sugieren que el incremento de las dosis de ambos abonos orgánicos combinados con fertilización mineral estuvo asociado con una reducción del rendimiento de vainas verdes, siendo este efecto más marcado en el tratamiento con gallinaza más mineral.

3.11. Rentabilidad económica

- a. **Ingreso bruto de producción (S/ ha⁻¹).** El ingreso bruto de producción presentó diferencias entre tratamientos evaluados. El tratamiento T1 obtuvo el mayor ingreso bruto con S/ 46,999.98, debido a su alto rendimiento (7,833.33 kg/ha). Asimismo, los tratamientos T4 y T5 alcanzaron valores de S/ 34,675.02 y S/ 31,875.00, respectivamente, mostrando un comportamiento económico favorable. Por otro lado, el tratamiento T0 (testigo absoluto) presentó el menor ingreso bruto con S/ 20,160.00, evidenciando que la ausencia de fertilización limita significativamente la productividad y el valor económico del cultivo.
- b. **Costo total de producción (S/ ha⁻¹).** El costo total de producción estuvo influenciado por las dosis de abonamiento orgánico y el uso de fertilización mineral. Los tratamientos T3 y T6 registraron los mayores costos con S/ 13,391.41 y S/ 12,639.70, respectivamente, debido al mayor uso de insumos y mano de obra. En contraste, el tratamiento T0 presentó el menor costo de producción (S/ 10,572.43), por no considerar aplicaciones adicionales de fertilización. Sin embargo, mayores costos no necesariamente representaron mayores beneficios económicos.
- c. **Ingreso neto (S/ ha⁻¹).** El ingreso neto, obtenido de la diferencia entre el ingreso bruto y el costo de producción, mostró que el tratamiento T1 alcanzó el mayor valor con S/ 35,755.62, destacando por su alta eficiencia económica. Del mismo modo, los tratamientos T4 y T5 presentaron ingresos netos favorables con S/ 23,328.73 y S/ 19,877.30, respectivamente. En contraste, T6 registró el menor ingreso neto (S/ 9,485.30), debido a sus elevados costos de producción y menor rendimiento.
- d. **Rentabilidad (%).** La rentabilidad mostró diferencias importantes entre tratamientos. El tratamiento T1 alcanzó la mayor rentabilidad con 317.99%, indicando que por cada sol invertido se obtuvo una ganancia de S/ 3.18. Asimismo, los tratamientos T4 (205.61%), T5 (165.68%) y T7 (154.00%) presentaron valores altos de rentabilidad, reflejando una adecuada eficiencia económica. Por el contrario, el tratamiento T6 presentó la menor rentabilidad (75.04%), debido a que el incremento en costos no fue compensado por el rendimiento alcanzado.
- e. **Relación beneficio/costo (B/C).** La relación beneficio/costo permitió evaluar la eficiencia económica de cada tratamiento. El tratamiento T1 presentó el mayor

índice B/C con 2.65, indicando que por cada S/ 1.00 invertido se obtuvo un beneficio de S/ 2.65, siendo el tratamiento más rentable. Los tratamientos T4, T5, T7 y T2 también presentaron valores superiores a 1.00, demostrando viabilidad económica. En cambio, T3, T0 y T6 registraron índices menores a 1.00, reflejando menor eficiencia económica debido a que los beneficios obtenidos no compensaron adecuadamente los costos de producción.

Tabla 3.11. *Rentabilidad económica de los tratamientos*

Trt	Descripción	Rendimiento (kg/ha)	Precio Unitario (kg)	Costo de producción (S/.)	Valor bruto de producción (S/x ha)	Valor neto de producción (S/ x ha)	Rentabilidad (%)	Beneficio costo (B/C)
T0	Testigo absoluto	3,360.00	6.00	10,572.43	20,160.00	9,587.57	90.68	0.76
T1	1.0 t ha-1 e1 + (43.4 - 79.7 - 64.9)	7,833.33	6.00	11,244.36	46,999.98	35,755.62	317.99	2.65
T2	2.5 t ha-1 e2 + (33.4 - 79.3 - 57.3)	4,733.33	6.00	11,819.83	28,399.98	16,580.15	140.27	1.17
T3	5.0 t ha-1 e3 + (16.9 - 78.5 - 44.7)	4,741.67	6.00	13,391.41	28,450.02	15,058.61	112.45	0.94
T4	1.0 t ha-1 g1 + (42.0 - 78.2 - 60.1)	5,779.17	6.00	11,346.29	34,675.02	23,328.73	205.61	1.71
T5	2.0 t ha-1 g2 + (34.0 - 76.4 - 5.0)	5,312.50	6.00	11,997.70	31,875.00	19,877.30	165.68	1.38
T6	3.0 t ha-1 g3 + (26.0 - 74.6 - 40.3)	3,687.50	6.00	12,639.70	22,125.00	9,485.30	75.04	0.63
T7	(50.0 - 80.0 - 70.0)	4,554.17	6.00	10,757.87	27,325.02	16,567.15	154.00	1.28

Nota. e₁, e₂, e₃: Dosis de estiércol de ovino, g₁, g₂, g₃: gallinaza

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

1. **En relación a los factores de precocidad y rendimiento.** El abonamiento orgánico combinado con fertilización mineral influyó significativamente en la precocidad y el rendimiento del cultivo de arveja, evidenciándose que los tratamientos integrados aceleraron la floración y mejoraron los componentes productivos. El tratamiento T1 (estiércol de ovino + 43.4 – 79.7 – 64.9 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) destacó por presentar adecuada precocidad y el mayor rendimiento (7833.33 kg ha⁻¹), debido a una mayor disponibilidad y eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que favoreció el desarrollo fisiológico y productivo del cultivo.
2. **En función de la rentabilidad económica.** El uso combinado de estiércol de ovino y fertilización mineral resultó económicamente más rentable, alcanzando el tratamiento T1 una rentabilidad de 317.99 %, superando ampliamente al testigo (90.68 %). Esto demuestra que la fertilización integrada no solo incrementa la producción, sino que optimiza la relación beneficio/costo, constituyéndose en una alternativa viable y sostenible para los productores.

RECOMENDACIONES

- 1) En condiciones similares al lugar experimental, se sugiere la aplicación combinada de estiércol de ovino y gallinaza con fertilizantes minerales, al generar mayores rendimientos y mejor rentabilidad económica, especialmente las dosis T1 (1.0 t ha⁻¹ de estiércol de ovino + 43.4 – 79.7 – 64.9 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O).
- 2) Es apropiado promover el uso de abonos orgánicos-minerales en la producción de arveja en Huamanguilla, ya que estos mejoran la fertilidad del suelo, incrementan la eficiencia del uso de nutrientes y contribuyen a la sostenibilidad del cultivo sin comprometer la productividad.

REFERENCIAS

- Andrade, E. (2012). Efectos a la aplicación de tres niveles de fertilización orgánica en la producción de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo-Ecuador. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpgclefindmkaj/https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/46e0ae59-2ae5-4520-a0e7-614f9331b712/content
- Arenas Pérez, J. J. (2024). Efecto de tres dosis de estiércol de ovino en el rendimiento de *Spinacia oleracea* L. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14404/2/IV_FIN_107_TE_Arenas_Tito_Sanchez_2024.pdf
- Asencios Valencia, A. A. (2024). *Comparativo de cultivares de “Arveja grano verde” (Pisum sativum L.) en el Distrito de Huari, Ancash*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Repositorio UNJFSC. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/20.500.14067/11300/1/Tesis%20->
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). 2025. *Producción agropecuaria por principales productos: arveja grano verde y arveja grano seco*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05072AA>
- Barahona Amores, L. A., y Villareal, J. E. (2015). Efectos de la gallinaza en las propiedades físicas y químicas <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25859.50723>
- Barilli, E., Moral, A. y Sillero, J. C. (2014). *Caracterización de la respuesta de resistencia del guisante (Pisum spp.) frente a la roya (Uromyces pisi)*. *Plant Breeding*, 128(6), 665-670. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01622.x>
- Berrocal, R. (2013). Abonamiento orgánico y mineral en el cultivo Arveja. UNSCH Ayacucho. Perú.
- Bolaños, A. (1998). *Introducción a la olericultura*. http://books.google.com.ec/books?id=vBS_GwIrE1MC&pg=PA226&dq=plagas+del+cultivo+de+arveja
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *La naturaleza y propiedades de los suelos* (15.^a ed.). Pearson. Recuperado de: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/nature-and-properties-of-soils/P200000003055>

- Cabrera Walsh, G. (2003). *Rango de hospedantes y características reproductivas de Diacritica speciosa (Germar) y Diabrotica viridula (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae), dos especies de gusanos raíz plaga de América del Sur, con notas sobre otras especies de Diabroticina*. *Environmental Entomology*, 32(2), 276-285. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.2.276>
- Cabrera, L., Gómez, A., y Salinas, R. (2021). Efecto de fertilizantes orgánicos en leguminosas bajo condiciones andinas. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Caldas Vicente, C. J. (2023). Efecto de diferentes tipos de té de estiércol en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad INIA 103. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/eda8a978-2c0d-47e9-bcf2-c677479592d5>
- Cámara de Comercio de Ayacucho. 2024. *Ayacucho lidera producción de tuna y arveja*. <https://jornada.com.pe/ayacucho-lidera-produccion-de-tuna-y-arveja-segun-camara-de-comercio/>
- Cáritas del Perú. (2007). *Cultivo de la arveja en la sierra*. Gráfica Filadelfia E.I.R.L. Huancavelica -Perú.
- Castrillón, C. (2010). *Caracterización morfológica y fisiológica de la semilla de arveja (Pisum sativum L.) en diferentes estados de madurez fisiológica*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co>
- CLADES, (1998). Manual de producción orgánica. Edit. CLADES, Chile. chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjcgglefindmkaj/https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/46e0ae59-2ae5-4520-a0e7-614f9331b712/content
- Collazos Silva, J. L., Rojas Tafur, J. F., y Pizán Goñas, J. (2018). *Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) en el anexo Taquia, Chachapoyas*. *Revista de Investigación Científica “INDESDOS”*, 1(2), 35–42. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/390>
- Colos Ayala, F. (2018). Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento de cinco variedades de arveja (*Pisum sativum* L.), en condiciones de Pampa del Arco, distrito de Huamanga – región Ayacucho. Repositorio UJCM
- De Ron, A. (2015). *Grain Legumes* (Vol. 10). Springer. doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5

- Devi, N. M., & Manishwari Devi, K. (2024). Efecto de los fertilizantes nitrogenados orgánicos e inorgánicos en el crecimiento y rendimiento de la arveja (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Research in Agronomy*, 7(5), 664–668.
- Dikinya, O., & Mufwanzala, N. (2010). *Fertilidad y productividad del suelo mejoradas con estiércol de gallina: efectos de las dosis de aplicación*. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 1(3), 46–54. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7561>
- Dirección Regional Agraria de Ayacucho (2023). Informe anual de producción agrícola del departamento de Ayacucho 2023. Gobierno Regional de Ayacucho.
- Escalante Sánchez, R. M. (2018). Efecto del sistema de siembra y abono en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.). Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2746>
- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista La sallista de Investigación*, 2(1), 7. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7561>
- Ferraris, G. N., y Couretot, L. A. (2013). *Manejo de la nutrición de la arveja*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Pergamino. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/01/2013-no-26-Que%CC%81-sabemos-hoy-del-manejo-de-la-nutricio%CC%81n-de-la-arveja.pdf>
- Fitratunnisah, P., Purnamawati, H. y Lubis, I. (2025). *Efecto de los fertilizantes orgánicos y NPK sobre la floración, formación de vainas y producción de semillas de caupí (Vigna unguiculata L. Walp)*. *Revista Agronomía*, 7(10), 05–09. <https://www.agronomyjournals.com/article/view/1686/7-9-131>
- Flores, J., Rojas, A. y Pérez, L. (2021). Efecto de abonos orgánicos y químicos en el crecimiento inicial de *Vigna unguiculata* L. *Revista de Investigaciones Agrarias*, 38(2), 45–52. <https://revistas.unan.edu.ni>
- Fonteyne, S. (2023). *Materia orgánica, el componente más importante del suelo*. CIMMYT. <https://idp.cimmyt.org/materia-organica-el-componente-mas-importante-del-suelo/>
- Foth, H. D. (1990). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. México: CECSA.
- Funica. (s.f.). Estiércol de vaca. Disponible en: http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_49.pdf. Consultado: 23 agosto 2017.

- García, J., Medina, C., y Ruiz, F. (2022). Efecto de la fertilización NPK sobre el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) en zonas altoandinas del Perú. *Revista Peruana de Ciencias Agrarias*, 25(3), 45–54.
- García, P. y Ruano, S. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España: el suelo, los nutrientes, los fertilizantes y la fertilización*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. España.
- Girma, A., Tadesse, M., Alemu, S., y Getahun, D. (2024). Efectividad de diferentes biofertilizantes sobre el crecimiento, rendimiento y características de producción del haba (*Vicia faba* L.). *Discover Agriculture*, 3(1), 1-10. Springer. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00153-9>
- Gomero L, Velásquez H. (1999). *Manejo ecológico de suelos: Conceptos, experiencias y técnicas*. Edit. RAAA. Lima, Perú. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1028/956>
- Gómez, P., y Rojas, E. (2021). Uso de gallinaza como fertilizante orgánico en cultivos de leguminosas. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 38(2), 67–75.
- González-Pedraza, A., Méndez Ortega, A., y Quesada Vergara, V. (2023). Respuesta del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) a diferentes dosis de fertilización orgánica y mineral. *La Granja*, 37 (1), 86-101. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/4603>
- Gros, R., y Domínguez, J. (1992). *La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura*. <https://www.researchgate.net/publication/237607597>
- Gutiérrez, R. (2021). *Efecto de la fertilización fosfórica en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) en la comunidad de Culpina, Chuquisaca*. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=3260
- Haque, M. A. (2022). *Efectos de los fertilizantes orgánicos y químicos en el crecimiento y rendimiento del guisante (Pisum sativum L.)*. *Revista de Investigación Agrícola de Bangladesh*, 47(3), 231–240. <https://www.banglajol.info/index.php/BJAgri/article/view/60599>
- Hargreaves, G. H., y Samani, Z. A. (1985). *Evapotranspiración del cultivo de referencia a partir de la temperatura*. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2), 96–99. <https://doi.org/10.13031/2013.26773>

- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Fertilidad de suelos y fertilizantes: Una introducción al manejo de nutrientes* (8.^a ed.). Pearson. Recuperado de: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/soil-fertility-and-fertilizers/P200000003307>
- Huamán, E. (2021). *Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de vainita (Phaseolus vulgaris L.) en Poccontoy, Andahuaylas*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/>
- Huamanchay, C. (2013). *Evaluación de variedades de arveja (Pisum sativum L.) en condiciones del valle del Mantaro*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. http://manualesdetodo2013.blogspot.pe/2013/10/manual-delcultivo-de-arveja_5305.html
- Huaranca Barrios, R. (2024). *Evaluación de la fertilización fosfórica y orgánica en la fenología y rendimiento de arveja (Pisum sativum L.)* Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Repositorio Institucional. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1419/T_1419.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huayta, E. F. (2020). *Efecto de abonos orgánicos y químicos en el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) variedad Alderman en la comunidad de Chinchaya, Puno* Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional UNA-Puno. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16225/Huayta_Erwin_Tesis.pdf
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (2020). *Guía técnica del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) en zonas altoandinas*. INIA, Perú. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/72ab6516-b98b-46fd-bcc6-362ecd4e9620>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). 2024. *Tecnología de manejo del cultivo de arveja*. <https://www.gob.pe/inia>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2004). *Folleto: Cultivo de arveja en los valles del sur chico – Recomendaciones de manejo, variedad INIA 103 Remate*. INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/db310dfb-64d9-48bf-847b-e81d20f410f6/download>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2022). *Manual de producción de enmiendas orgánicas para restablecer la fertilidad del suelo*. INIA. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/203>

- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2015). La Gallinaza como Fertilizante. Serie Agricultura Orgánica. Núm. 5. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Kadim, M. M. (2019). Efecto del fertilizante orgánico y urea sobre el crecimiento y rendimiento de la planta de arveja (*Pisum sativum* L.). <https://www.nveo.org/index.php/journal/article/view/4289>
- Karadaş, S., y Ceyhan, E. (2023). *Determinación del rendimiento y algunas características agronómicas de diferentes genotipos de arveja (Pisum sativum L.). Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(2), 353–360. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3138844>
- Kumar, D., Singh, R. y Sharma, A. (2023). *Maximizando la productividad del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en suelos alcalinos. Sostenibilidad*, 4(2), 22. <https://www.mdpi.com/2813-0464/4/2/22>
- Kusuma, B., & Patil, C. R. (2022). *Efecto de estiércol ovino y fertilización NPK sobre el rendimiento y componentes del rendimiento del frijol mungo (Vigna radiata L.) bajo condiciones de campo del sur de la India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 11(5), 253-258. <https://www.phytojournal.com/archives/2022.v11.i5.14764>
- Labrador, J. (2001). La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/46e0ae59-2ae5-4520-a0e7-614f9331b712/content
- López Aucapiña, N. V. (2021). *Efecto de bioestimulantes con dos dosis en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.), variedad Alderman en Choclococha – Pomacocha, Huancavelica*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica. Repositorio Institucional UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/44e173a5-92cf-4cf4-b8c6-6b832524faa1/download>
- Marschner, P. (Ed.). (2012). *Nutrición mineral de las plantas superiores* (3.^a ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/edited-volume/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
- Martínez, J., Pérez, L., y Rivera, G. (2020). *Manejo integrado de la fertilidad del suelo en leguminosas: enfoque orgánico-mineral*. Universidad de Córdoba, España.

- Méndez Ortega, AJ, y Quesada Vergara, VR (2019). Efecto de la fertilización orgánica y química sobre el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en el municipio Pamplona, Norte de Santander. Trabajo de grado, Universidad de Pamplona. Repositorio Institucional. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/2002>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). 2023. Boletín estadístico agrario. <https://www.gob.pe/midagri>
- <https://www.gob.pe/midagri>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). 2025. *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra campaña agrícola 2025/2026*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1195726-midagri-encuesta-nacional-de-intenciones-de-siembra-proyecta-crecimiento-de-cultivos-en-5-4-en-la-campana-agricola-2025-2026>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). *Boletín Estadístico de Producción Agrícola – 2024*. Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas. <https://www.gob.pe/midagri>
- Mungoma, C., Nyalem, J., y Musangeya, P. (2020). *Dosis óptima de fertilizante y asignación de nutrientes en variedades locales y biofortificado de frijol cultivadas en ferralsoles del este de la República Democrática del Congo*. *African Journal of Agricultural Research*, 15(9), 125–136. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/343991634>
- Nicho, L. (2018). *Manual del cultivo de arveja (Pisum sativum L.)* Trabajo académico, Universidad Nacional Agraria La Molina. Repositorio Institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3707>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). *Escalamiento de los balances de nutrientes del suelo. (Boletín de Fertilizantes y Nutrición Vegetal de la FAO N.º 15)* <https://www.fao.org/4/y5749e/y5749e09.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible*. FAO. <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>
- Port A, C. (1999). *Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente*, 2d a Edic. Edit. Mundi Prensa. Barcelona - España. <https://hdl.handle.net/20.500.12390/2131>

- Prado, J. (2008). *Manual de cultivos andinos: Aspectos agronómicos y nutricionales de leguminosas de grano*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima, Perú.
- Puga, J. (1992). *El cultivo de la arveja: manual técnico* (82 p.). PROEXANT, Quito, Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2526/1/T-UTC-00063.pdf>
- Pumasupa Mamani, W. M. (2024). Influencia de tres tipos de estiércoles sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/17126/1/IV_FIN_107_TE_Pumasupa_Mamani_2024.pdf
- Quispe Gonzales, E. T. (2018). Abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) Pampa del Arco – Ayacucho. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Repositorio UNSCH
- Ramos, A., y Vásquez, R. (2019). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades del suelo y rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.). *Revista Agro Andina*, 14(1), 33–41.
- Ramos, C., Huamán, P. y Díaz, E. (2022). Evaluación de abonos mixtos en el crecimiento y uniformidad de *Pisum sativum* L. en condiciones andinas. *Revista Peruana de Agronomía*, 6(1), 55–63. <https://revistas.lamolina.edu.pe>
- Revista Internacional de Publicaciones Científicas y de Investigación (2016). *Efectos de las dosis de gallinaza sobre el rendimiento del frijol caupí (Vigna unguiculata)*. *Revista Internacional de Publicaciones Científicas y de Investigación*, 6(8), 2250–3153. <https://www.ijsrp.org/research-paper-0816/ijsrp-p5671.pdf>
- Rodríguez-Herrera, S. A., Salgado-Ramírez, O., García-Rodríguez, J. G., Cervantes-Ortiz, F., Figueroa-Rivera, M. G., & Mendoza-Elos, M. (2020). *Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla*. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 567–579. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.39184>
- Sánchez, F., Flores, M., y Paredes, J. (2020). Fertilización mineral y respuesta fisiológica de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Revista Latinoamericana de Agronomía*, 24(2), 88–97
- Sánchez, R. M. (2018). Efecto del sistema de siembra y abono en la producción de arveja (*Pisum Sativum* L.), grano verde (fresca). Perú.
- Servicio de Parques de Lima – SERPAR. (2004). *Manual de compostaje: Guía práctica para la elaboración y uso del compost*. Lima, Perú: Municipalidad Metropolitana de Lima.

- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (2020). *Manual de recomendaciones fitosanitarias para el cultivo de legumbres de grano*. SENASA, Perú.
- Sollier, D. (2019). *Efecto de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de la arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones de invernadero*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Repositorio Institucional UNSCH. <https://repositorio.unsch.edu.pe>
- Suasnabar, W., Zambrano, C., & Paucarchuco, L. (2021). *Determinación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos bioactivos en variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) producidas en la región andina del Perú*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica. Repositorio Institucional UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Fisiología y desarrollo vegetal* (6.^a ed.). Sinauer Associates.
- Tisdale, S. y Nelson, W. (1982). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Editorial Uteha. México.
- Torres, J., Gutiérrez, H. y Morales, C. (2021). Efecto de la fertilización orgánica y mineral en el crecimiento de *Vicia faba* L. *Revista Agroecológica Peruana*, 8(2), 33–41. <https://revistas.lamolina.edu.pe>
- Troya Sarzosa, J. F. (2020). *Rehabilitación de suelos erosionados para promover sostenibilidad socioeconómica y ambiental en Salache UTC, San Felipe, Cotopaxi*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4541>
- Vila García, J. M. (2019). *Comparativo de variedades y densidad poblacional en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo las condiciones edafoclimáticas de Pampa del Arco, Huamanga, Ayacucho* (Tesis de licenciatura). Universidad José Carlos Mariátegui. Recuperado de https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/689/Jorge_tesis_titulo_2019.pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Ye, J., et al. (2022). Efectos del uso prolongado de fertilizantes orgánicos con diferentes dosis sobre la mejora del suelo, transformación del nitrógeno, rendimiento y calidad del té en plantaciones acidificadas. *Frontiers/PMC*. <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/1/122>
- Yeremko, L., Hanhur, V., & Staniak, M. (2024). Efecto de la fertilización mineral y la inoculación de semillas con preparación microbiana sobre el rendimiento de

semilla y proteína de arveja (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*, 14(5), 1004.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14051004>

Yin, X., Li, Y., Zhang, W., y Chen, J. (2018). *Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio para lograr un rendimiento óptimo en frijol mungo*. *PLOS ONE*, 13(10), <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206285>

ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T_0

ACTIVIDADES: T_0	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					9,049.00
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal	1	4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas e insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					890.00
Insumos					890.00
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					

Gallinaza	kg		0	-	-
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		0	-	-
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		0	-	-
Superfosfato triple de calcio	kg		0	-	-
Cloruro de potasio	kg		0	-	-
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,889.00
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pitas	unid		125	1.50	187.50
Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00
Picos	unid		5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos Indirectos					1,523.43
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	452.45
Imprevistos 2% CD				2%	180.98
Costos totales					10,572.43

Anexo 2. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₁

ACTIVIDADES: T ₁	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					9,676.98
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal	1	4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas e insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					1,517.98
Insumos					1,517.98
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		0	-	-

Estiércol de ovino (ovinaza)	kg	1000	0.50	500.00
Semillas de arveja	kg	50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg	10.85	3.50	37.98
Superfosfato triple de calcio	kg	14.4	4.50	64.80
Cloruro de potasio	kg	9	2.80	25.20
Control fitosanitario				-
Fungicidas	kg	3	70.00	210.00
Insecticidas	L	3	60.00	180.00
Materiales y equipos				4,889.00
Cordel de nylon	unid	1	25.00	25.00
Mantas	unid	5	2.50	12.50
Costales		20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid	24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg	20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid	1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid	1	350.00	350.00
Pitas	unid	125	1.50	187.50
Balde de 10 L	global	2	10.00	20.00
Picos	unid	5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m	5	15.00	75.00
Estacas	unid	24	1.00	24.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid	125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid	2	35.00	70.00
Costos indirectos				1,567.39
Análisis del suelo		1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza		1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino		1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has	1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	483.85
Imprevistos 2% CD			2%	193.54
Costos totales				11,244.36

Anexo 3. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₂

ACTIVIDADES: T ₂	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					10,214.80
Labores culturales					3,070.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					300.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas e insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					2,255.80
Insumos					2,255.80
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg			-	-
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		2500	0.50	1,250.00
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		8.25	3.50	28.88
Superfosfato triple de calcio	kg		14.4	4.50	64.80
Cloruro de potasio	kg		7.9	2.80	22.12
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,889.00
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00

Mantas	unid	5	2.50	12.50
Costales		20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid	24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg	20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid	1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid	1	350.00	350.00
Pítas	unid	125	1.50	187.50
Balde de 10 L	global	2	10.00	20.00
Picos	unid	5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m	5	15.00	75.00
Estacas	unid	24	1.00	24.00
Azadones	unid	5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid	125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid	2	35.00	70.00
Costos indirectos				1,605.04
Análisis del suelo		1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza		1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino		1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has	1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD			5%	510.74
Imprevistos 2% CD			2%	204.30
Costos totales				11,819.83

Anexo 4. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₃

ACTIVIDADES: T ₃	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					11,683.57
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00

Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal	1	4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas e insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					3,487.07
Insumos					3,487.07
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		0	-	-
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		5000	0.50	2,500.00
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		4.17	3.50	14.60
Superfosfato triple de calcio	kg		14.5	4.50	65.25
Cloruro de potasio	kg		6.15	2.80	17.22
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,926.50
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00

Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pitas	unid		150	1.50	225.00
Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00
Picos	unid		5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos indirectos					1,707.85
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	584.18
Imprevistos 2% CD				2%	233.67
Costos totales					13,391.41

Anexo 5. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₄

ACTIVIDADES: T ₄	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					9,772.23
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00

Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal		4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas y insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					1,613.23
Insumos					1,613.23
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		1000	0.60	600.00
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		0	-	-
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		10.4	3.50	36.40
Superfosfato triple de calcio	kg		14.1	4.50	63.45
Cloruro de potasio	kg		8.35	2.80	23.38
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,889.00
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pitas	unid		125	1.50	187.50

Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00
Picos	unid		5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos indirectos					1,574.06
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	488.61
Imprevistos 2% CD				2%	195.44
Costos totales					11,346.29

Anexo 6. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₅

ACTIVIDADES: T ₅	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					10,381.03
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00

Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal		4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas y insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de vaina en verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					2,184.53
Insumos					2,184.53
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		2000	0.60	1,200.00
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		0	-	-
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		8.4	3.50	29.40
Superfosfato triple de calcio	kg		13.85	4.50	62.33
Cloruro de potasio	kg		1	2.80	2.80
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,926.50
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pitas	unid		150	1.50	225.00
Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00

Picos	unid		5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos indirectos					1,616.67
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	519.05
Imprevistos 2% CD				2%	207.62
Costos totales					11,997.70

Anexo 7. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₆

ACTIVIDADES: T ₆	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					10,981.03
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00
Riego					100.00

Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal		4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas y insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					2,784.53
Insumos					2,784.53
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		3000	0.60	1,800.00
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		0	-	-
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		8.4	3.50	29.40
Superfosfato triple de calcio	kg		13.85	4.50	62.33
Cloruro de potasio	kg		1	2.80	2.80
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,926.50
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pítas	unid		150	1.50	225.00
Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00
Picos	unid		5	45.00	225.00

Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos indirectos					1,658.67
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	549.05
Imprevistos 2% CD				2%	219.62
Costos totales					12,639.70

Anexo 8. Costo de producción para una hectárea del cultivo de arveja con el T₇

ACTIVIDADES: T ₇	Unidad de medida	Veces	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
Costos directos					9,222.31
Labores culturales					3,270.00
Preparación del terreno					1,020.00
Limpieza del terreno	Jornal		1	50.00	50.00
Aradura mecanizada	HM		4	80.00	320.00
Mullido	Jornal		4	50.00	200.00
Surcado	Jornal		5	50.00	250.00
Nivelado	Jornal		4	50.00	200.00
Siembra					200.00
Siembra de arveja (global)	Jornal		4	50	200.00
Fertilización					300.00
Aplicación de fertilizantes (global)	Jornal	2	2	50.00	200.00
Aplicación de gallinaza y ovinaza	Jornal	1	2	50.00	100.00

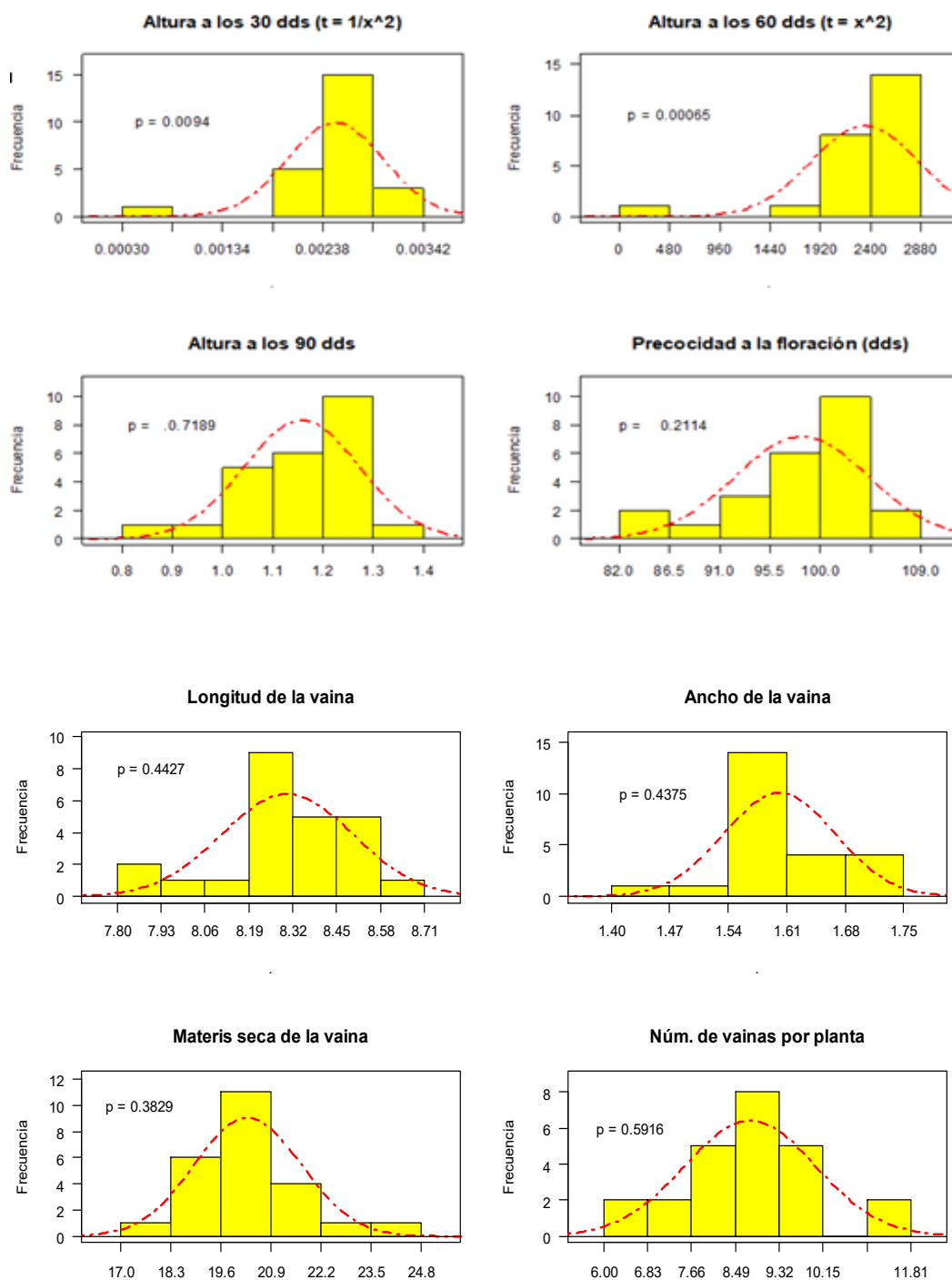
Riego					100.00
Riegos solo para la siembra	Jornal		2	50.00	100.00
Control de malezas y raleo					600.00
Deshierbos	Jornal	3	4	50.00	600.00
Aporques y tutorado					500.00
Primer aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Segundo aporque	Jornal	1	3	50.00	150.00
Tutorado	Jornal		4	50.00	200.00
Control fitosanitario y cosecha					550.00
Aplicación de fungicidas y insecticidas	Jornal	3	1	50.00	150.00
Cosecha de arveja en vaina verde	Jornal	2	4	50.00	40.00
Insumos					1,025.81
Insumos					1,025.81
Fertilizantes, semillas y bioestimulantes:					
Gallinaza	kg		0	-	-
Estiércol de ovino (ovinaza)	kg		0	-	-
Semillas de arveja	kg		50	10.00	500.00
Nitrato de amonio	kg		12.4	3.50	43.40
Superfosfato triple de calcio	kg		14.5	4.50	65.25
Cloruro de potasio	kg		9.7	2.80	27.16
Control fitosanitario					-
Fungicidas	kg		3	70.00	210.00
Insecticidas	L		3	60.00	180.00
Materiales y equipos					4,926.50
Cordel de nylon	unid		1	25.00	25.00
Mantas	unid		5	2.50	12.50
Costales			20	2.50	50.00
Cartel de Tecnopor	unid		24	2.50	60.00
Yeso para señalizaciones	kg		20	0.50	10.00
Bidón redondo con tapa y Suncho 50 litros	unid		1	80.00	80.00
Mochila fumigadora	unid		1	350.00	350.00
Pitas	unid		150	1.50	225.00
Balde de 10 L	global		2	10.00	20.00

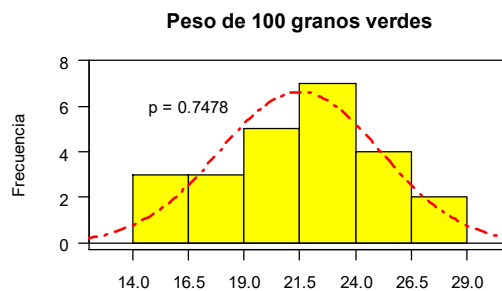
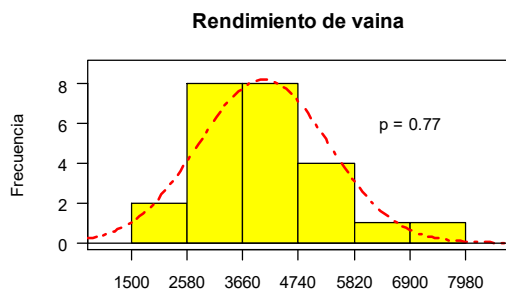
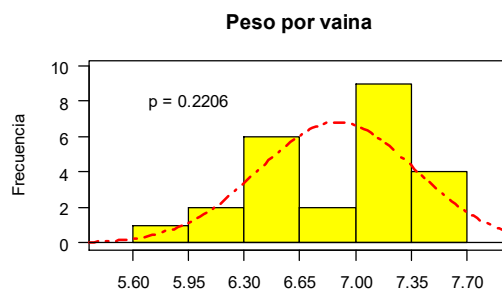
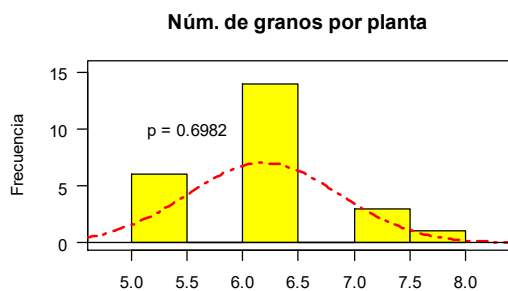
Picos	unid		5	45.00	225.00
Secadera para mezclar fertilizantes	m		5	15.00	75.00
Estacas	unid		24	1.00	24.00
Azadones	unid		5	40.00	200.00
Carrizo para tutorado (50 varas/ atado/4 m)	unid		125	28.00	3,500.00
Rastrillos	unid		2	35.00	70.00
Costos indirectos					1,535.56
Análisis del suelo			1	90.00	90.00
Análisis de gallinaza			1	150.00	150.00
Análisis de estiércol de ovino			1	150.00	150.00
Alquiler de terreno	has		1	500.00	500.00
Gastos administrativos 5% CD				5%	461.12
Imprevistos 2% CD				2%	184.45
Costos totales					10,757.87

Anexo 9. Prueba de supuestos (normalidad y homogeneidad de varianza) de las variables

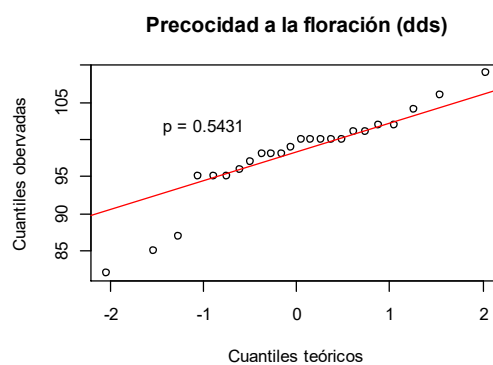
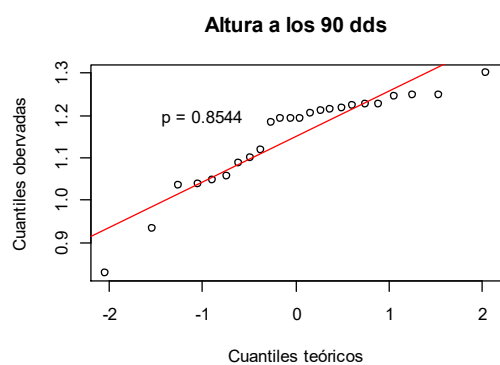
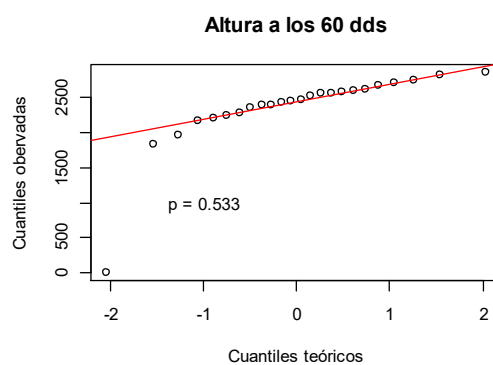
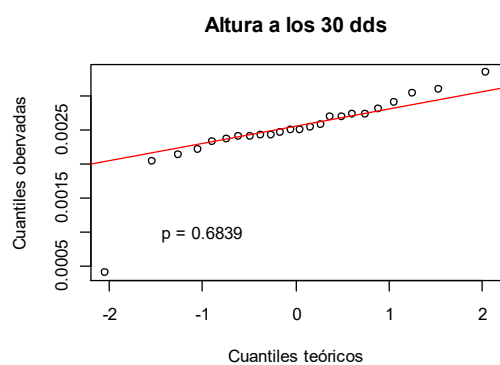
En las variables de altura de la planta a los 30 dds y 60 dds fueron realizados transformaciones inversas de potencia y potencia, respectivamente, según lambda óptimo de Box Cox, con la finalidad de reducir el sesgo fuerte de la normalidad de los datos.

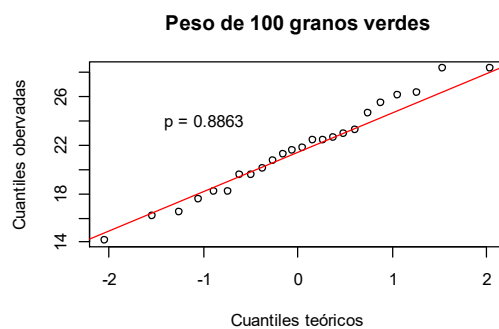
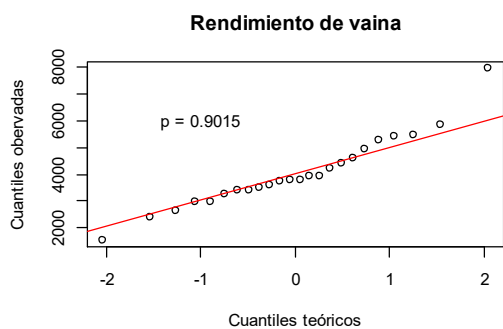
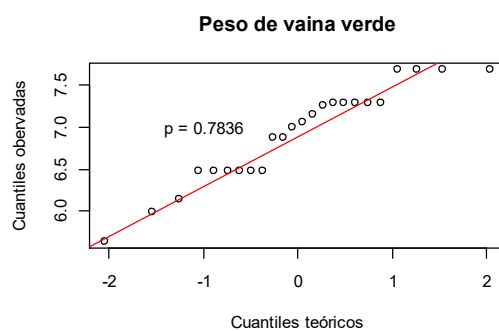
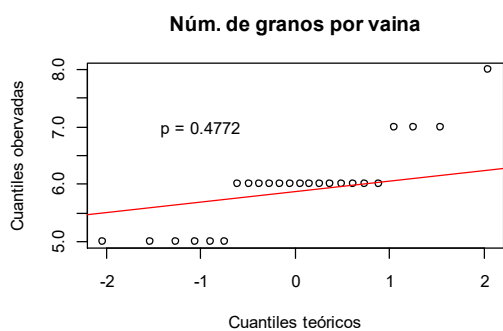
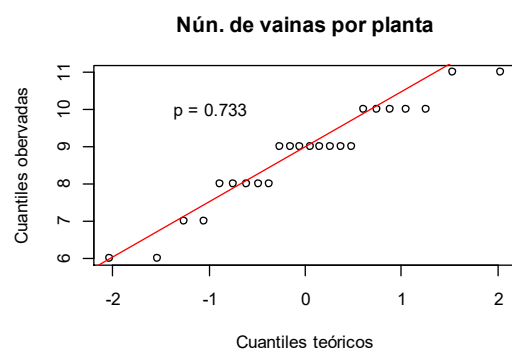
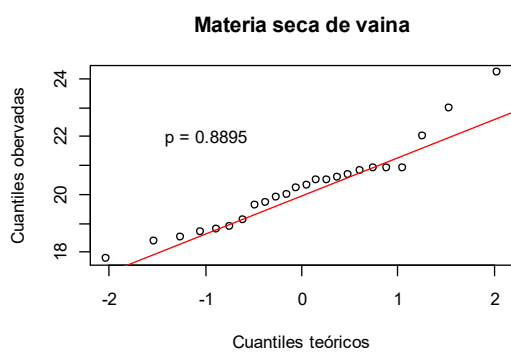
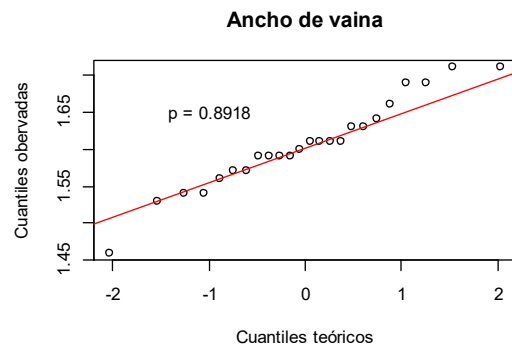
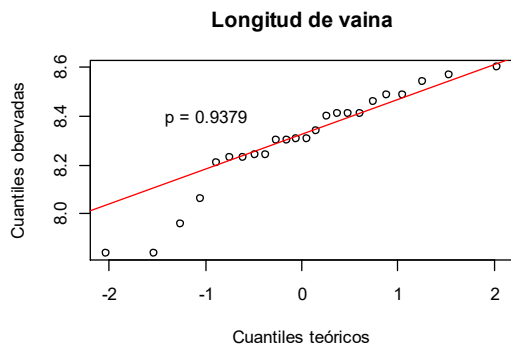
Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk test





Prueba de homogeneidad de varianzas Levene test





Anexo 10. Resultados del análisis, gallinaza y estiércol de ovino



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS. - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ABONO

N° 1250096

Solicitante: Sres. Roy Wilmer De La Cruz Huamán

Proyecto: Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho.

Muestra: Estiércol de ovino y Gallinaza

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 13- 06 - 25

Nº Lab	Muestra	pH	C.E. dS/m	N.org (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
AAF 756	Estiércol de ovino	8.25	4.18	2.21	0.48	1.69
AAF 757	Gallinaza	7.06	18.40	2.67	3.39	3.30

Nº Lab	Muestra	CaO (%)	MgO (%)	Na (%)	M.O. (%)	SO ₄ (%)
AAF 756	Estiércol de ovino	1.83	1.45	0.14	84.77	0.14
AAF 757	Gallinaza	12.45	0.42	0.63	56.78	0.31

Nº Lab	Muestra	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
AAF 756	Estiércol de ovino	1280.00	20.00	50.00	930.00
AAF 757	Gallinaza	3550.00	50.00	400.00	690.00

13-06-2025



Ph.D. Marhleny Cerda Gómez
Responsable de Laboratorio

Anexo 11. Resultados del análisis de caracterización de los suelos



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Solicitante	Sr. Wilmer De La Cruz Huamán					Fecha	10/11/2024
Proyecto	N/A						
Departamento	Ayacucho	Provincia:	Huanta	Distrito:	Huamanguilla	C.P.:	N/A
Sector			Altitud (m.s.n.m.)	N/A	Superficie:	Coordenadas:	N/A
Código de muestra	13414	Referencia de Campo:	Tayancayoc	Cultivo anterior:	papa	Cultivo a sembrar:	maíz

Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
1 pH (1:1)	5.15	Unidad pH	Fuertemente ácido
2 Conductividad (1:1)	0.17	dS m. ⁻¹	No salino

Ácido	Neutro	Básico
5.15		
No salino	F. Salino	
0.17		

Clase textural				
Arena	%	36	Clase	Fr.Ar.
Limo	%	27		
Arcilla	%	37		



3 Carbonatos	0.00	%	Muy bajo
4 Materia orgánica	4.11	%	Alto
5 Fósforo disponible	38.00	ppm	Muy Alto
6 Potasio disponible	85	ppm	Medio
7 Nitrógeno total	0.21	%	Alto
8 C.I.C.	15.21	Cmol (+).kg. ⁻¹	Medio

Muy bajo	Medio	Muy alto
0.00		
4.11		
38.00		
85		
0.21		
15.21		

Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
10 Ca ⁺⁺	6.21	Cmol (+).kg. ⁻¹	Medio
11 Mg ⁺⁺	1.30	Cmol (+).kg. ⁻¹	Medio
12 K ⁺	0.24	Cmol (+).kg. ⁻¹	Bajo
13 Na ⁺	0.34	Cmol (+).kg. ⁻¹	Bajo
14 Al ³⁺ + H ⁺	0.84	Cmol (+).kg. ⁻¹	Muy alto
15 Saturación de bases	53	%	Medio

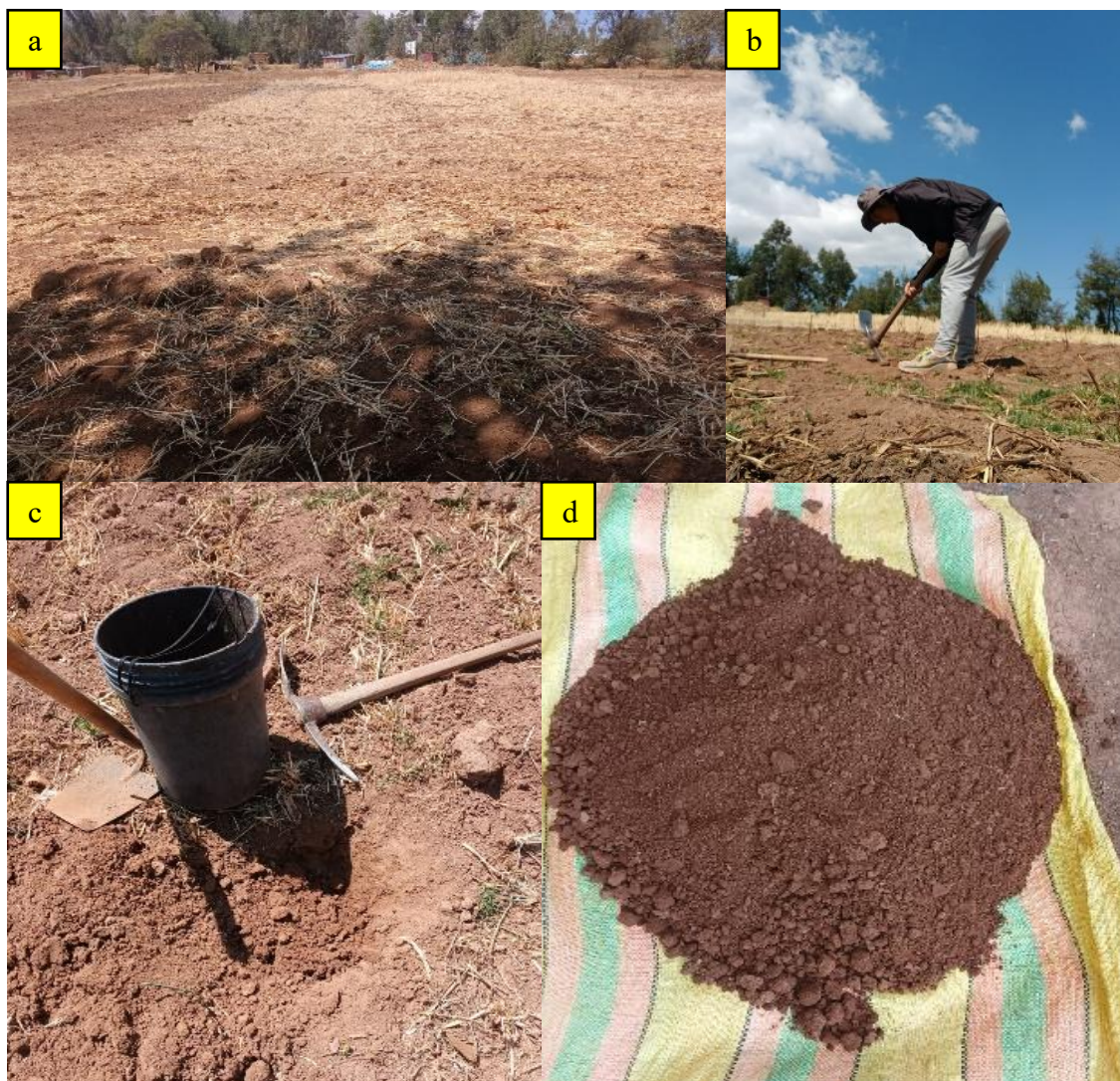
Bajo	Medio	Alto
6.21		
1.30		
0.24		
0.34		
0.84		
53		

Relaciones catiónicas		
Parámetro	Resultado	Valoración
Ca / K	26.33	Deficiencia de Potasio
Ca / Mg	4.78	Deficiencia de Calcio
Mg / K	5.51	Deficiencia de Potasio
(Ca + Mg + K)/Al	9.2	

10/11/2024 Ph.D. Mariberto Cerdá Gómez
Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Anexo 12. *Desarrollo de actividades preliminares y muestreo de suelo en el área de estudio*



Nota: **a.** reconocimiento del terreno antes de la instalación del experimento **b.** extracción de muestras de suelo para análisis físico-químico **c.** materiales **d.** combinación y homogenización de las muestras de suelo.

Anexo 13. *Proceso de alineamiento y marcado de surco en el área de estudio*



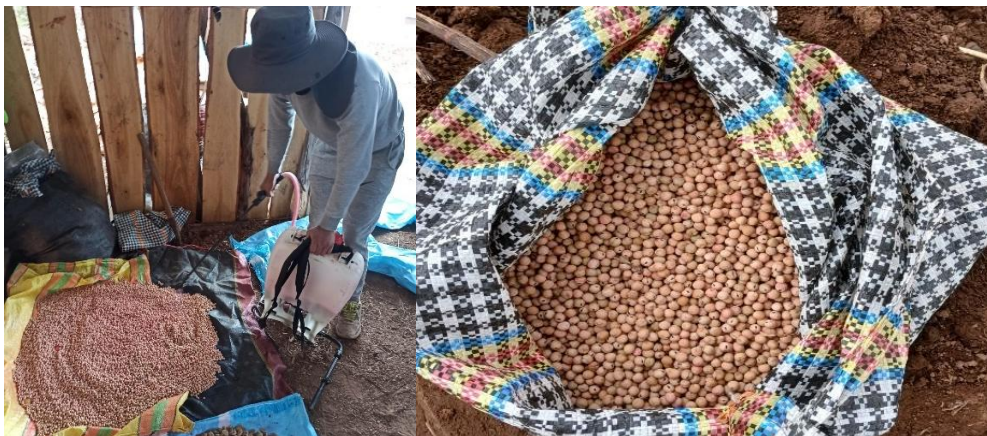
Nota: **a.** alineamiento del perímetro del área experimental para garantizar la uniformidad del diseño **b.** trazado de los surcos empleando sogas como guía para mantener la equidistancia entre hileras **c.** marcado de surcos con yeso para definir las líneas de siembra **d.** apertura de surcos conforme a las dimensiones técnicas requeridas para la siembra.

Anexo 14. *Pesado y acondicionado de abonos orgánicos y fertilizantes minerales*



Nota. **a y b.** estiércol de ovino tamizado y pesado, utilizado como fuente de abono orgánico en el experimento **c y d.** gallinaza tamizada y pesada para determinar la dosis correspondiente al tratamiento del cultivo **e y f.** fertilizantes minerales (nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio) durante el proceso de pesado para su aplicación en campo.

Anexo 15. *Desinfección de semilla de arveja, variedad Usui*



Anexo 16. *Instalación del experimento: aplicado de abonos y siembra del cultivo de arveja*



Nota: **a.** aplicación del estiércol de ovino, gallinaza y fertilizante químico en los surcos de siembra **b.** siembra de la semilla de arveja variedad Usui en los surcos preparados **c.** mezclado de los tres tipos de fertilizantes para su aplicación continua a chorro **d.** tapado de las semillas después de la siembra para asegurar una germinación uniforme.

Anexo 17. Emergencia del cultivo de arveja tras la instalación del ensayo experimental



Anexo 18. Aplicación de fungicida e insecticida en el cultivo de arveja



Nota: **a y b.** productos de Benzomil y Cyperklin **c.** mezclado y disolución de los productos en una mochila fumigadora antes de aplicar **d y e.** aplicación uniforme en campo durante horas frescas para el control preventivo de enfermedades y plagas en el cultivo.

Anexo 19. *Primera labor de escarda en el cultivo de arveja, dentro de las labores culturales del experimento*



Anexo 20. *Desarrollo vegetativo del cultivo de arveja antes de la floración.*



Anexo 21. *Labores de campo correspondientes al segundo fraccionamiento del fertilizante y establecimiento del sistema de tutorado en el cultivo de arveja*



Nota: **a y b.** fraccionamiento del fertilizante químico (nitrato de amonio, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio) aplicado en los respectivos tratamientos del cultivo **c.** ejecución de la segunda escarda manual en las parcelas experimentales para el control de malezas y conservación de la humedad del suelo **d y e.** colocación de los rollizos en las unidades experimentales para el tutorado del cultivo de arveja **f y g.** tendido de la pita en los tratamientos establecidos, asegurando la correcta conducción y soporte de las plantas en crecimiento.

Anexo 22. *Aplicación del fungicida agrícola Folicur 250 EW para el control de Peronospora pisi (rancho) en el cultivo de arveja*



Anexo 23. *Evaluación de características morfoagronómicas de la arveja*





Nota: **a.** se registró la altura de las plantas de arveja a los 30, 60 y 90 días después de la siembra **b.** se contabilizó el número de días transcurridos hasta la floración, considerando el momento en que más del 50% de las plantas por parcela alcanzaron esta etapa **c.** la longitud de las vainas se determinó durante la cosecha, midiendo vainas representativas seleccionadas del tercio medio de las plantas **d.** el ancho de las vainas se midió en la parte central de siete vainas por unidad experimental, registrando el promedio en centímetros **e, f y g.** la materia seca se obtuvo mediante el secado de diez vainas por tratamiento a 60 °C durante 48 horas, calculando el peso seco resultante.

Anexo 24. *Evaluación de los componentes de rendimiento y rentabilidad de la arveja*





Nota: **a** y **b**, se cuantificó el número total de vainas por planta a partir de siete plantas representativas por parcela experimental **c**, se determinó el número promedio de granos por vaina mediante el conteo de siete vainas seleccionadas por tratamiento **d**, se registró el peso individual de vainas escogidas al azar durante la primera cosecha **e**, el rendimiento en verde se obtuvo pesando las vainas comerciales por parcela y extrapolando los valores a kilogramos por hectárea **f**, se evaluó el peso de 100 granos verdes para estimar el rendimiento promedio por unidad experimental.

Anexo 25. Control de áfidos en la etapa de floración del cultivo de arveja



**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. ROY WILMER DE LA CRUZ HUAMAN**R.D. N° 248-2026-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho, a los quince días del mes de junio 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. Lurquin Marino Zambrano Ochoa, Dr. Raúl José Palomino Marcatoma como asesor, Dr. José Antonio Quispe Tenorio y el M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho 2024**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **ROY WILMER DE LA CRUZ HUAMAN**.

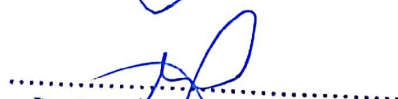
El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas,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

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquin Marino Zambrano Ochoa	15	14	16	15
Dr. Raúl José Palomino Marcatoma	15	14	14	14
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	14	15	15
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	14	13	16	14
PROMEDIO GENERAL				15

OBSERVACIONES: Por acuerdo unanime de los miembros del jurado, el título del trabajo de investigación debe ser: **Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho-2024**

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


.....
Dr. Lurquin Marino Zambrano Ochoa
Presidente


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


.....
Dr. Raúl José Palomino Marcatoma
Asesor


.....
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
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 R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado;

Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho - 2024

Autor : Roy Wilmer DE LA CRUZ HUAMAN
Asesor : Raúl José PALOMINO MARCATOMA

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 dieciocho por ciento **(18%)** 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: 3000398016

Ayacucho, 19 de julio de 2026

Angela J. Requis Quintanilla

M.Sc. en Fitopatología

E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja (*Pisum sativum* L.) en Huamanguilla, Ayacucho - 2024

por Roy Wilmer DE LA CRUZ HUAMAN

Efecto del abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento en vaina verde de arveja (Pisum sativum L.) en Huamanguilla, Ayacucho - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	18%	4%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	9%
	Trabajo del estudiante	
2	repositorio.unsch.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unah.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.ucam.edu	1%
	Fuente de Internet	
5	hdl.handle.net	<1%
	Fuente de Internet	
6	repositorio.unsa.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	www.smcsmx.org	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.ujcm.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositoriodspace.unipamplona.edu.co	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.undac.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	repositorio.utea.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
12	repositorio.utc.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
13	Submitted to Universidad Agraria del Ecuador	<1%
	Trabajo del estudiante	
14	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

repositorio.unheval.edu.pe

15	Fuente de Internet	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to University of Medicine and Dentistry of New Jersey Trabajo del estudiante	<1 %
19	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025 Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Abonamiento orgánico y mineral en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.) bajo condiciones agroecológicas de Huamanguilla, Ayacucho, Perú

Roy Wilmer De La Cruz Huaman¹, Raúl José Palomino Marcatoma²

Área de investigación: Ingeniería y Ciencias básicas

Línea de Investigación: Ciencias de la tierra y el ambiente

roy.delacruz.01@unsch.edu.pe

raul.palomino@unsch.edu.pe

RESUMEN

La degradación progresiva de los suelos agrícolas constituye uno de los principales factores limitantes de la productividad de los cultivos en los sistemas altoandinos, debido principalmente a la disminución del contenido de materia orgánica y a la deficiente disponibilidad de nutrientes. En este contexto, la fertilización integrada mediante la combinación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales representa una alternativa sostenible para incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad del suelo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del abonamiento orgánico y mineral sobre el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Usuy, bajo condiciones agroecológicas del distrito de Huamanguilla, Ayacucho. El experimento se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron diferentes combinaciones de estiércol de ovino, gallinaza y fertilización mineral (N–P₂O₅–K₂O). Se registraron variables relacionadas con el crecimiento vegetativo, componentes del rendimiento, rendimiento de vainas verdes y rentabilidad económica. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$); además, se realizaron análisis de regresión para determinar la respuesta productiva frente a las dosis de abonamiento.

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la mayoría de las variables evaluadas. El tratamiento constituido por 1,0 t ha⁻¹ de estiércol de ovino complementado con fertilización mineral (43,4–79,7–64,9 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O) presentó el mayor rendimiento de vainas verdes (7833,33 kg ha⁻¹), superando en más del doble al tratamiento testigo sin fertilización (3360,00 kg ha⁻¹). Asimismo, dicho tratamiento mostró mayor altura de planta, mejor desarrollo de los componentes del rendimiento y la mayor rentabilidad económica, alcanzando una rentabilidad de 317,99 % y una relación beneficio/costo de 2,65. Se concluye que la integración del abonamiento orgánico con fertilización mineral constituye una estrategia eficiente para incrementar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de arveja bajo condiciones de la sierra peruana, favoreciendo simultáneamente un manejo más sostenible de la fertilidad del suelo.

Palabras clave: fertilización integrada, gallinaza, estiércol de ovino, rendimiento, leguminosas, agricultura sostenible.

ABSTRACT

Soil degradation has become one of the main constraints affecting crop productivity in the Andean highlands because of the continuous decline in soil organic matter and nutrient availability. Integrated fertilization, combining organic amendments with mineral fertilizers, has emerged as a sustainable strategy to improve soil fertility and increase crop productivity. This study evaluated the effect of organic and mineral fertilization on the yield and profitability of pea (*Pisum sativum* L.) cv. Usuy under agroecological conditions in Huamanguilla, Ayacucho, Peru. The experiment was established using a randomized complete block design with eight treatments and three replications. Different combinations of sheep manure, poultry manure, and mineral fertilizers (N–P₂O₅–K₂O) were evaluated. Agronomic traits, yield components, green pod yield, and economic profitability were determined. Data were subjected to analysis of variance, Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$), and regression analyses.

Significant differences among treatments were observed for most evaluated variables. The treatment consisting of 1.0 t ha⁻¹ sheep manure combined with 43.4–79.7–64.9 kg ha⁻¹ N–P₂O₅–K₂O produced the highest green pod yield (7833.33 kg ha⁻¹), more than doubling the

unfertilized control (3360.00 kg ha⁻¹). This treatment also showed superior plant height, improved yield components, the highest economic profitability (317.99%) and the highest benefit-cost ratio (2.65). The results demonstrate that integrated organic-mineral fertilization represents an effective strategy to increase productivity and economic returns of pea cultivation while promoting sustainable soil fertility management under highland conditions.

Keywords: integrated fertilization, sheep manure, poultry manure, pea, yield, profitability.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) constituye una de las leguminosas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial debido a su elevado contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, además de su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Esta característica permite reducir parcialmente los requerimientos de fertilización nitrogenada y contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, convirtiéndola en un componente estratégico dentro de los sistemas agrícolas sostenibles.

En el Perú, la arveja representa una de las principales leguminosas cultivadas en la sierra, donde constituye una importante fuente de ingresos para pequeños productores y un cultivo de elevado valor comercial. No obstante, los rendimientos obtenidos continúan siendo inferiores a los alcanzados bajo sistemas tecnificados debido, entre otros factores, al deterioro progresivo de la fertilidad de los suelos, la escasa reposición de nutrientes y el uso inadecuado de programas de fertilización.

La pérdida continua de materia orgánica constituye uno de los principales problemas que afectan la productividad agrícola de los suelos andinos. La disminución del carbono orgánico reduce la actividad microbiológica, deteriora la estructura del suelo, disminuye la capacidad de intercambio catiónico y limita la disponibilidad de nutrientes esenciales para el

crecimiento vegetal. En consecuencia, los cultivos presentan menor eficiencia en la absorción de nutrientes y reducen significativamente su potencial productivo.

Diversas investigaciones han demostrado que la fertilización integrada mediante la combinación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales constituye una estrategia eficiente para incrementar la productividad agrícola y conservar la calidad del suelo. Los abonos orgánicos, como la gallinaza y el estiércol de ovino, aportan materia orgánica, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y favorecen una liberación gradual de nutrientes. Por su parte, los fertilizantes minerales suministran nutrientes inmediatamente disponibles, particularmente nitrógeno, fósforo y potasio, elementos indispensables para el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado de vainas. La acción complementaria de ambas fuentes incrementa la eficiencia de uso de los nutrientes y mejora el rendimiento de los cultivos. Estudios realizados en diferentes regiones productoras de arveja reportan incrementos significativos del rendimiento mediante la aplicación conjunta de fertilización orgánica y mineral. Investigaciones desarrolladas en Ayacucho, Huánuco, Chachapoyas, Bangladesh e India muestran que la incorporación de estiércoles o gallinaza complementados con fertilización NPK incrementa el número de vainas por planta, el peso de los granos y el rendimiento final, además de mejorar la rentabilidad económica del cultivo.

A pesar de estos avances, aún existe limitada información experimental para las condiciones agroecológicas del distrito de Huamanguilla, donde predominan sistemas tradicionales de producción y suelos con bajos contenidos de materia orgánica. En consecuencia, resulta necesario generar evidencia científica que permita optimizar los programas de fertilización considerando fuentes orgánicas disponibles localmente y fertilizantes minerales de uso comercial. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del abonamiento orgánico y mineral sobre el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Usuy bajo las condiciones agroecológicas de Huamanguilla, Ayacucho. Asimismo, se determinó el efecto de los tratamientos sobre la rentabilidad económica del cultivo mediante el análisis de la relación beneficio/costo, con el propósito de identificar alternativas de fertilización técnica y económicamente viables para los productores de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

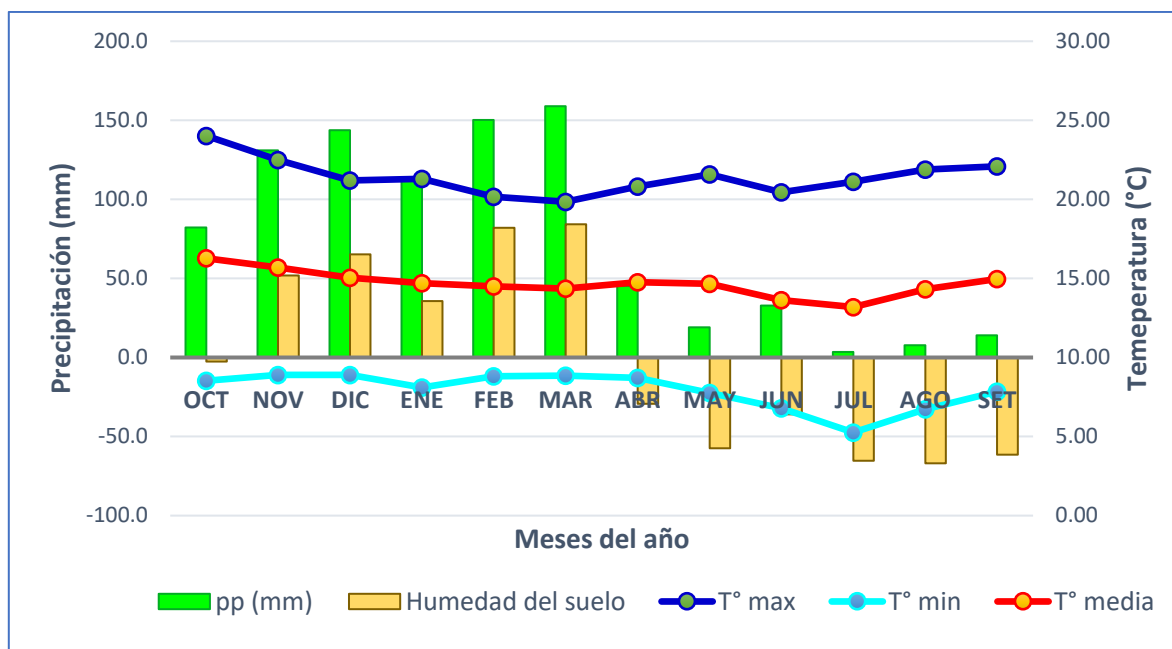
Área de estudio

La investigación se realizó durante la campaña agrícola 2025 en el anexo de Tayancayocc, distrito de Huamanguilla, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho, Perú. El área experimental se ubica en la región altoandina del centro-sur del país, donde predominan sistemas de producción agrícola familiar basados en cultivos transitorios, entre ellos la arveja (*Pisum sativum* L.). Las condiciones climáticas de la zona corresponden a un ambiente templado subhúmedo, con una temperatura media anual cercana a 13 °C, precipitación concentrada entre los meses de noviembre y marzo y altitud aproximada de 3 200 m s. n. m., condiciones favorables para el desarrollo del cultivo de arveja. Antes del establecimiento del experimento se realizó la caracterización climática del área mediante información de la estación meteorológica San Pedro de Cachi y se elaboró el climograma correspondiente la que se muestra en la figura 1.

Previo a la instalación del ensayo se efectuó el muestreo y análisis fisicoquímico del suelo para determinar su estado de fertilidad inicial (Tabla 1). Asimismo, se realizaron análisis químicos de la gallinaza y del estiércol de ovino que fueron empleados como fuentes de materia orgánica, con el propósito de conocer su composición nutricional y calcular las dosis experimentales.

Figura 1

Climograma de referencia para el campo experimental en el distrito de Huamanguilla del Anexo de Tayancayocc



Material vegetal

Se utilizó la variedad Usuy de arveja (*Pisum sativum* L.), ampliamente cultivada en la sierra peruana por su adaptación a condiciones agroecológicas altoandinas, crecimiento indeterminado, elevado potencial de rendimiento y buena aceptación comercial. Esta variedad presenta floración semiprecoz, vainas de aproximadamente 10–12 cm de longitud y rendimientos potenciales cercanos a 10 t ha⁻¹ de vaina verde bajo manejo tecnificado.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos del estudio se establecieron en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones, conformando un total de 24 unidades experimentales. El análisis de la información consiste en el análisis de varianza (ANOVA) y la evaluación de las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p > 0.05$.

Tabla 1.*Resultados del análisis de caracterización del suelo e interpretación*

Parámetro	Unidad	Resultado	Interpretación
Arena	%	36	Franco arcilloso
Limo	%	27	
Arcilla	%	37	
Materia orgánica	%	4.11	Alto
pH (1:1)		5.15	Fuertemente ácido
C.E.	(dS m ⁻¹)	0.17	No salino
Carbonatos CaCO ₃	(%)	0	Muy bajo
Nitrógeno total (Nt)	(%)	0.21	Alto
Fosforo disponible (P)	(ppm)	38	Muy alto
Potasio disponible (K)	(ppm)	85	Medio
C.I.C.	Cmol(+).kg ⁻¹	15.21	Medio
Ca ⁺⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	6.21	Bajo
Mg ⁺⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	1.30	Bajo
K ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.24	Medio
Na ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.34	Bajo
Al ⁺³ + H ⁺	Cmol(+).kg ⁻¹	0.84	
Sat. Bases	%	53	medio
Ca ⁺² /K ⁺	-	26.33	Desequilibrio
Ca ⁺² /Mg ⁺²	-	4.78	Desequilibrio
Mg ⁺² /K ⁺	-	5.51	Desequilibrio

Tratamientos evaluados

En la tabla 2, se muestran los tratamientos considerados. Las dosis específicas de fertilizantes minerales y abonos orgánicos fueron calculadas sobre la base del análisis químico del suelo y de los abonos orgánicos utilizados, conforme al protocolo experimental establecido en la investigación. La dosis de fertilización basada en el análisis del suelo y la extracción del cultivo fue 50–80–70 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O. Los fertilizantes utilizados fueron nitrato de amonio (33.5% N), superfosfato triple de calcio (46% P₂O₅) y cloruro de potasio (60% K₂O).

De esta manera, los tratamientos quedaron conformados por dosis efectivas de nutrientes, tal como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.

Tratamientos en estudio

Tratamiento	Código	Estiércol de ovino t ha ⁻¹	Gallinaza t ha ⁻¹	Fórmula N- P ₂ O ₅ - K ₂ O kg ha ⁻¹
T ₀	e ₀ * m ₀	0.0	0.0	0 - 0 - 0
T ₁	e ₁ * m ₁	1.0	0.0	43.4 – 79.7 – 64.9
T ₂	e ₂ * m ₂	2.5	0.0	33.4 – 79.3 – 57.3
T ₃	e ₃ * m ₃	5.0	0.0	16.9 – 78.5 – 44.7
T ₄	g ₁ * m ₄	0.0	1.0	42.0 – 78.2 – 60.1
T ₅	g ₂ * m ₅	0.0	2.0	34.0 – 76.4 – 5.0
T ₆	g ₃ * m ₆	0.0	3.0	26.0 – 74.6 – 40.3
T ₇	m ₇	0.0	0.0	50.0 – 80.0 – 70.0

Manejo agronómico

La preparación del terreno comprendió labores de limpieza, arado, rastra y surcado. Posteriormente se incorporaron los abonos orgánicos correspondientes a cada tratamiento antes de la siembra. La fertilización mineral se realizó de forma fraccionada, de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo.

Las semillas fueron previamente desinfectadas antes de la siembra. El establecimiento del cultivo se efectuó manualmente respetando el distanciamiento entre surcos y plantas definido para la variedad Usuy. Durante el ciclo del cultivo se realizaron las labores de manejo recomendadas para la zona, incluyendo control manual de malezas, tutorado, aporque, manejo fitosanitario preventivo, control de insectos y enfermedades, así como riegos complementarios cuando las condiciones climáticas lo requirieron. La cosecha se realizó en estado de madurez comercial de vaina verde.

Variables evaluadas

Se evaluaron variables relacionadas con el crecimiento vegetativo, componentes del rendimiento y productividad del cultivo.

Variables agronómicas

- Altura de planta (cm).
- Precocidad a la floración (días).
- Longitud de vaina verde (cm).
- Ancho de vaina verde (cm).
- Materia seca de la vaina (%).

Componentes del rendimiento

- Número de vainas por planta.
- Número de granos por vaina.
- Peso promedio por vaina (g).
- Peso de 100 granos verdes (g).

Variable productiva

- Rendimiento de vaina verde (kg ha^{-1}).

Variables económicas

- Costo de producción.
- Ingreso bruto.
- Beneficio neto.
- Rentabilidad (%).
- Relación beneficio/costo (B/C).

Las evaluaciones agronómicas se realizaron en plantas seleccionadas aleatoriamente dentro de la parcela útil, mientras que el rendimiento fue determinado a partir de la cosecha total de

cada unidad experimental y posteriormente extrapolado a hectárea. El análisis económico se efectuó considerando los costos reales de producción y el valor comercial de la vaina verde durante la campaña agrícola.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos previamente a la verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al Diseño de Bloques Completos al Azar para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas.

Cuando el análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

Adicionalmente, se ajustaron modelos de regresión para analizar la respuesta de las principales variables agronómicas y del rendimiento frente a las diferentes combinaciones de abonamiento orgánico y fertilización mineral, permitiendo identificar la tendencia productiva y la eficiencia de las dosis aplicadas.

Análisis económico

La evaluación económica de los tratamientos se realizó mediante el cálculo de los costos variables y fijos asociados al establecimiento y manejo del cultivo, considerando los insumos, mano de obra y labores agrícolas empleadas durante el experimento.

El beneficio económico se estimó a partir del ingreso bruto generado por la producción de vaina verde y el costo total de producción. Finalmente, la eficiencia económica de cada tratamiento fue determinada mediante la relación beneficio/costo (B/C) y el porcentaje de rentabilidad, indicadores que permitieron identificar la alternativa de fertilización con mayor viabilidad técnica y económica para las condiciones agroecológicas de Huamanguilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo

Altura de planta

El análisis de varianza (Tabla 1), muestra que el abonamiento orgánico combinado con fertilización mineral produjo diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en la altura de planta a los 90 días después de la siembra, mientras que en las primeras etapas del cultivo (30 y 60 días) no se observaron diferencias importantes entre tratamientos. Ello indica que la respuesta del cultivo fue más evidente durante la fase de máximo crecimiento vegetativo, cuando la demanda nutricional alcanza su mayor intensidad.

Tabla 1

Análisis de varianza de la altura de planta de arveja a los 30, 60 y 90 días después de la siembra.

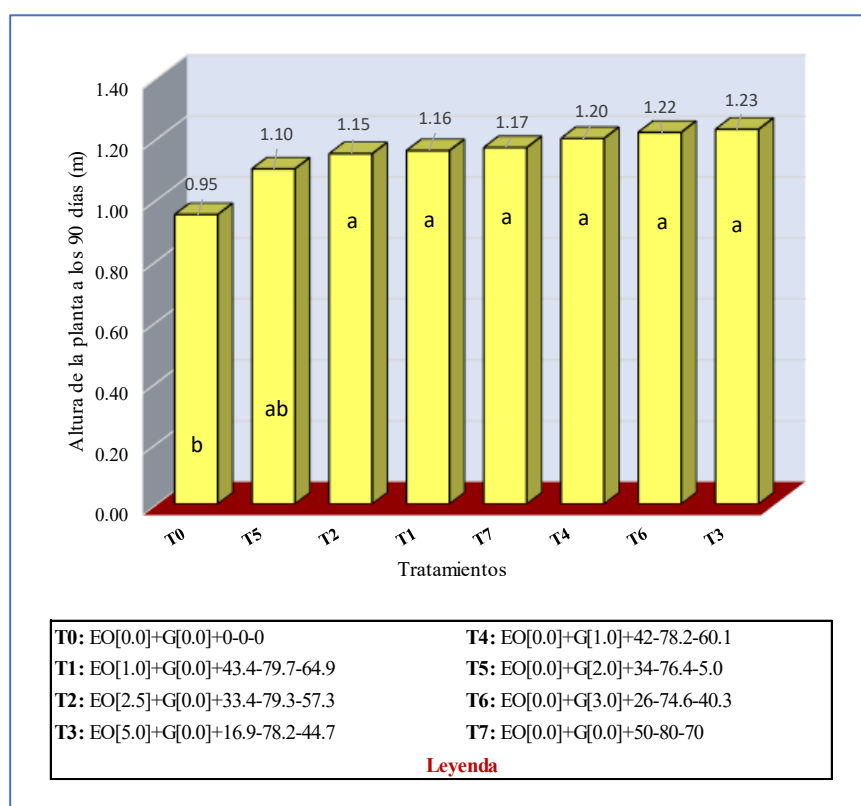
Fuente de variación	G. L	Altura a los 30 días (*)	Altura a los 60 días (**)	Altura a los 90 días
		Cuadrados Medios (CM)		
Bloques	2	0.0000003 ns	1765440.0 ns	0.0350 *
Tratamiento	7	0.0000033 ns	2538754.14 ns	0.025 **
Testigo vs con abonamiento	1	0.0000015 *	396749.99 ns	0.0015 **
Mineral puro vs orgánico mineral	1	0.000000014 ns	141458.45 ns	0.8479 ns
Entre orgánico mineral	1	0.0000009 ns	713900.97 ns	0.8129 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral				
R. lineal	1	0.0000009 ns	939043.63 ns	0.2307 ns
R. cuadrático	1	0.0000003 ns	318673.38 ns	0.3347 ns
Gallinaza + abonamiento mineral				
R. lineal	1	0.00000004 ns	1046.13 ns	0.7698 ns
R. cuadrático	1	0.00000002 ns	24881.60 ns	0.0368 *
Error	14	0.00000024		
Total	23			
CV (%):		20	19.45	5.96

La prueba de comparación de medias indicó que la mayor altura correspondió al tratamiento T3, con 1,23 m, seguido por T6, T4, T7, T1 y T2, los cuales conformaron un mismo grupo

estadístico. En contraste, el tratamiento testigo (T0), sin aplicación de abonos ni fertilizantes, presentó la menor altura (0,95 m), evidenciando que la disponibilidad limitada de nutrientes restringió el crecimiento vegetativo de las plantas. El tratamiento T5 mostró un comportamiento intermedio, sin diferencias estadísticas respecto al grupo superior ni al testigo.

Figura 1

Altura promedio de planta a los 90 días después de la siembra.



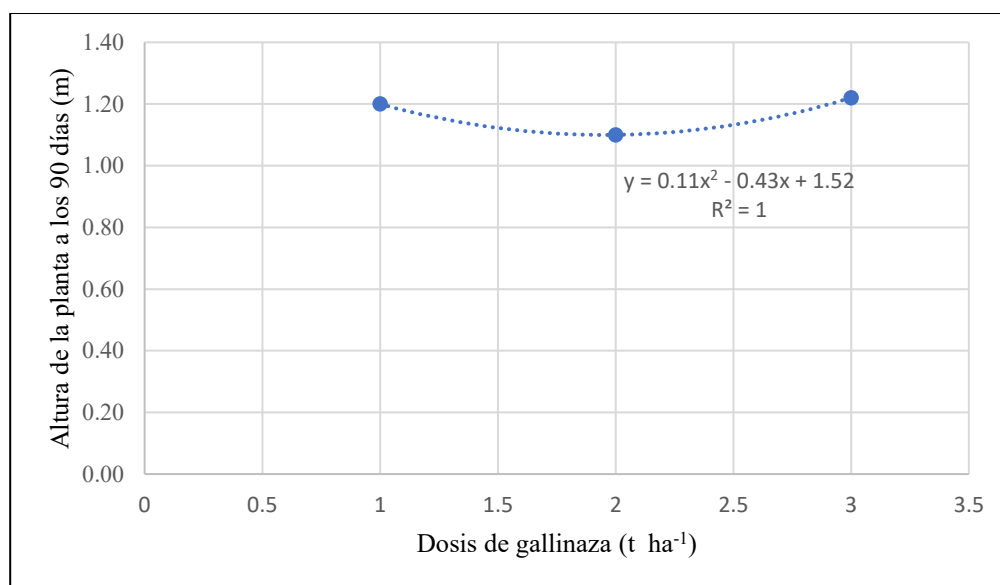
Desde el punto de vista fisiológico, el mayor crecimiento observado en los tratamientos fertilizados puede atribuirse al efecto complementario de los abonos orgánicos y los fertilizantes minerales. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, incrementa la actividad microbiana y favorece la liberación gradual de nutrientes, mientras que la fertilización mineral aporta nitrógeno, fósforo y potasio inmediatamente disponibles para la planta. Esta sinergia mejora la absorción de nutrientes, la actividad fotosintética y la síntesis de biomasa, favoreciendo el alargamiento del tallo y el desarrollo foliar.

Estos resultados coinciden con los reportados por Torres et al. (2021), quienes encontraron que la aplicación conjunta de compost y fertilización mineral incrementó significativamente la altura de plantas de haba respecto al tratamiento sin fertilización. Asimismo, Sharma et al. (2022) demostraron que la integración de fuentes orgánicas e inorgánicas incrementó el crecimiento vegetativo de la arveja debido al mejoramiento simultáneo de la fertilidad química y biológica del suelo. De igual forma, Méndez y Quesada (2019) reportaron incrementos significativos de altura en arveja cuando combinaron fertilización orgánica con NPK, atribuyendo dicho efecto a una mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes.

El análisis de regresión evidenció una respuesta cuadrática para las dosis de gallinaza asociadas con fertilización mineral. La mayor altura se obtuvo con $3,0 \text{ t ha}^{-1}$ de gallinaza, indicando que, dentro del rango evaluado, el incremento de la dosis favoreció el crecimiento del cultivo sin evidenciar efectos negativos por exceso de materia orgánica.

Figura 2

Modelo de regresión de la altura de planta en función de las dosis de gallinaza.



En conjunto, estos resultados evidencian que la fertilización integrada mejora el crecimiento vegetativo de la arveja, constituyendo una condición favorable para incrementar posteriormente los componentes del rendimiento.

Precocidad a la floración

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre tratamientos para los días transcurridos hasta la floración, indicando que la nutrición orgánico-mineral modificó el comportamiento fenológico del cultivo. El coeficiente de variación fue bajo (1,58 %), reflejando una adecuada precisión experimental.

Tabla 2

Análisis de varianza de la precocidad a la floración.

Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	8.580	4.290	1.797	0.2018 ns
Tratamiento	7	827.830	118.261	49.541	<0.0001**
Testigo vs con abonamiento	1	601.930	601.930	252.155	<0.0001**
Mineral puro vs orgánico mineral	1	34.570	34.570	14.482	0.0019**
Entre orgánico mineral	1	5.560	5.560	2.329	0.1494 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	170.670	170.670	71.496	<0.0001**
R. cuadrático	1	0.220	0.220	0.092	0.7649 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	8.170	8.170	3.423	0.0856 ns
R. cuadrático	1	6.720	6.720	2.815	0.1155 ns
Error	14	33.420	2.387		
Total	23	869.830			
CV (%): 1.58					

Los tratamientos que combinaron estiércol de ovino o gallinaza con fertilización mineral adelantaron la floración respecto al tratamiento testigo, lo cual constituye una ventaja agronómica debido a que reduce el tiempo de permanencia del cultivo en campo y permite un aprovechamiento más eficiente de las condiciones climáticas favorables.

La mayor precocidad probablemente estuvo asociada a una disponibilidad continua de nitrógeno, fósforo y potasio durante las primeras etapas del desarrollo. El fósforo favorece el crecimiento radicular y acelera la diferenciación floral, mientras que el nitrógeno y el potasio

intervienen en la síntesis de proteínas, el transporte de fotoasimilados y la regulación del metabolismo vegetal (Marschner, 2012; Foth, 1990).

Resultados semejantes fueron obtenidos por Escalante (2018) y Quispe Gonzales (2018), quienes reportaron que la incorporación de abonos orgánicos redujo el número de días requeridos para alcanzar la floración en arveja, debido a una mejora en la disponibilidad gradual de nutrientes y en las propiedades físicas del suelo.

Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento constituyen variables determinantes para explicar la productividad final del cultivo, ya que reflejan la capacidad fisiológica de la planta para transformar los recursos disponibles en estructuras reproductivas. En la presente investigación, el abonamiento orgánico-mineral produjo incrementos significativos en la longitud de la vaina, número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de cien granos, confirmando que la mejora del crecimiento vegetativo repercutió directamente sobre la formación y llenado de las vainas.

Los tratamientos que combinaron estiércol de ovino con fertilización mineral registraron, en términos generales, los mejores valores para estas variables, aunque algunos tratamientos con gallinaza mostraron respuestas similares, evidenciando que ambas fuentes orgánicas constituyen alternativas eficientes cuando son complementadas con fertilización mineral.

Estos resultados concuerdan con Collazos et al. (2018), quienes encontraron incrementos significativos en el número de vainas y peso de vaina mediante fertilización integrada. Del mismo modo, Kusuma y Patil (2022) demostraron que la aplicación conjunta de estiércol ovino y fertilización NPK incrementó significativamente el número de vainas y el rendimiento del frijol mungo, atribuyendo este comportamiento a una mayor disponibilidad de nutrientes durante el llenado de frutos. Asimismo, Kumar et al. (2023) concluyeron que la fertilización orgánico-mineral incrementa la eficiencia fisiológica de las leguminosas al mejorar simultáneamente el crecimiento radicular, la actividad fotosintética y la absorción de nutrientes, favoreciendo la formación de estructuras reproductivas y el rendimiento final.

Rendimiento de vaina verde

El rendimiento de vaina verde constituye la variable de mayor importancia agronómica por representar la productividad comercial del cultivo y reflejar el efecto integrado del crecimiento vegetativo, la eficiencia fisiológica y los componentes del rendimiento. El análisis de varianza (Tabla 5) evidenció diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos evaluados, lo que demuestra que la aplicación combinada de abonos orgánicos y fertilización mineral influyó de manera determinante sobre la producción de vainas verdes de arveja. El bajo coeficiente de variación obtenido en esta variable confirmó la adecuada precisión experimental y la confiabilidad de los resultados.

Tabla 5

Análisis de varianza para el rendimiento de vaina verde.

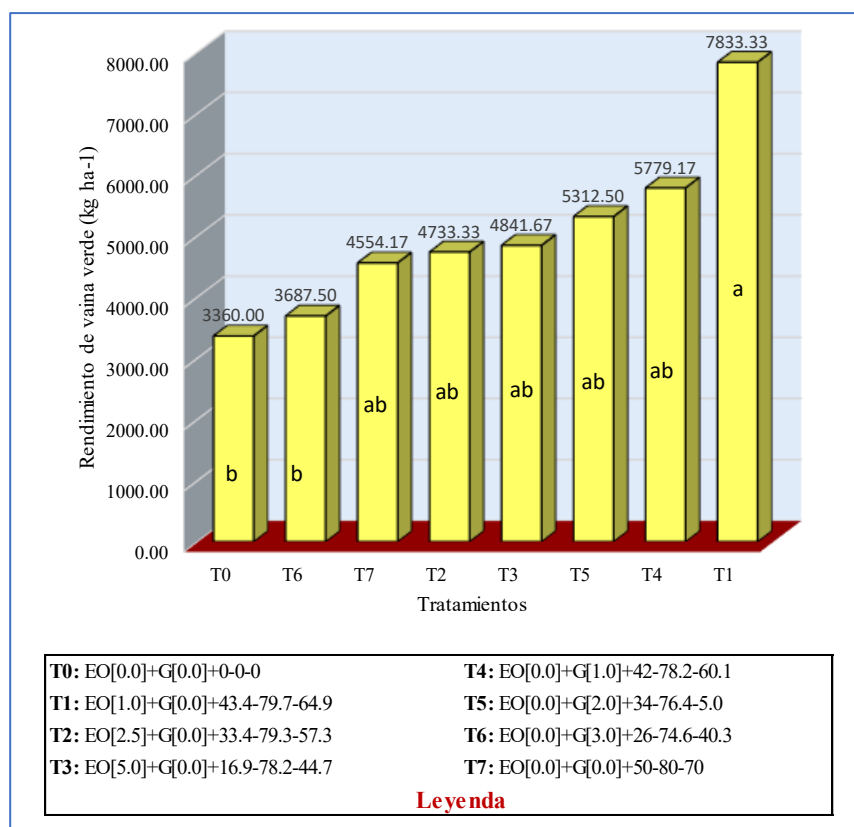
Fuente de variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	3870408.330	1935204.165	2.161	0.1521 ns
Tratamiento	7	24079400.000	3439914.286	3.841	0.0154 *
Testigo vs con abonamiento	1	4288009.520	4288009.520	4.788	0.0461 *
Mineral puro vs orgánico mineral	1	1077162.700	1077162.700	1.203	0.2913 ns
Entre orgánico mineral	1	2226050.000	2226050.000	2.485	0.1372 ns
Estiércol de ovino + abonamiento mineral					
R. lineal	1	8592066.670	8592066.670	9.593	0.0079**
R. cuadrático	1	3293888.890	3293888.890	3.678	0.0758 ns
Gallinaza + abonamiento mineral					
R. lineal	1	4166666.670	4166666.670	4.652	0.0489*
R. cuadrático	1	435555.560	435555.560	0.486	0.4970 ns
Error	14	12539325.000	895666.071		
Total	23	40489133.330			
CV (%): 23.44					

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey (Figura 3) mostró que el tratamiento T3, conformado por $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de estiércol de ovino complementado con $43,4\text{--}79,7\text{--}64,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, alcanzó el mayor rendimiento comercial con $7\,833,33 \text{ kg ha}^{-1}$, diferenciándose estadísticamente del tratamiento testigo ($3\,360,00 \text{ kg ha}^{-1}$) y de los tratamientos de menor productividad. El incremento del rendimiento fue superior al 130 % respecto al testigo, evidenciando la elevada eficiencia agronómica del manejo integrado de

la fertilización. Los tratamientos T6 y T4 también presentaron rendimientos elevados, sin diferencias significativas con T3, indicando que tanto el estiércol de ovino como la gallinaza constituyen fuentes orgánicas eficientes cuando son complementadas con fertilización mineral.

Figura 3

Rendimiento promedio de vaina verde de arveja según tratamientos.



El comportamiento observado confirma que el rendimiento de la arveja responde favorablemente a la fertilización integrada debido a la acción complementaria de los nutrientes aportados por ambas fuentes. Mientras los fertilizantes minerales suministran nitrógeno, fósforo y potasio en formas inmediatamente disponibles para satisfacer la demanda nutricional durante las fases críticas del cultivo, los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incrementan la capacidad de retención de agua, favorecen la actividad microbiana y liberan nutrientes de manera gradual. Como

consecuencia, aumenta la eficiencia en el aprovechamiento de los fertilizantes y se prolonga la disponibilidad de nutrientes durante el ciclo del cultivo.

El mayor rendimiento obtenido con el tratamiento T3 puede explicarse, además, por la mejora simultánea de los componentes del rendimiento previamente discutidos. El incremento de la altura de planta, el mayor número de vainas por planta y el mejor llenado de los granos permitieron una mayor acumulación de biomasa reproductiva, traduciéndose finalmente en una mayor producción comercial de vainas verdes.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Quispe Gonzales (2018), quien observó incrementos superiores al 40 % en el rendimiento de arveja mediante la aplicación conjunta de estiércol y fertilización mineral. Asimismo, Escalante (2018) reportó que la incorporación de abonos orgánicos incrementó significativamente la productividad del cultivo debido al mejoramiento de la fertilidad del suelo y de la disponibilidad de nutrientes durante el ciclo vegetativo.

Resultados similares fueron informados por Kumar et al. (2023) y Sharma et al. (2022) en investigaciones desarrolladas en India, donde la fertilización integrada produjo incrementos entre 25 y 60 % en el rendimiento de leguminosas respecto al uso exclusivo de fertilizantes minerales. Estos autores atribuyen dicho comportamiento al efecto sinérgico entre la nutrición mineral inmediata y la liberación progresiva de nutrientes provenientes de la materia orgánica, lo que mejora la eficiencia fisiológica de la planta y reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación.

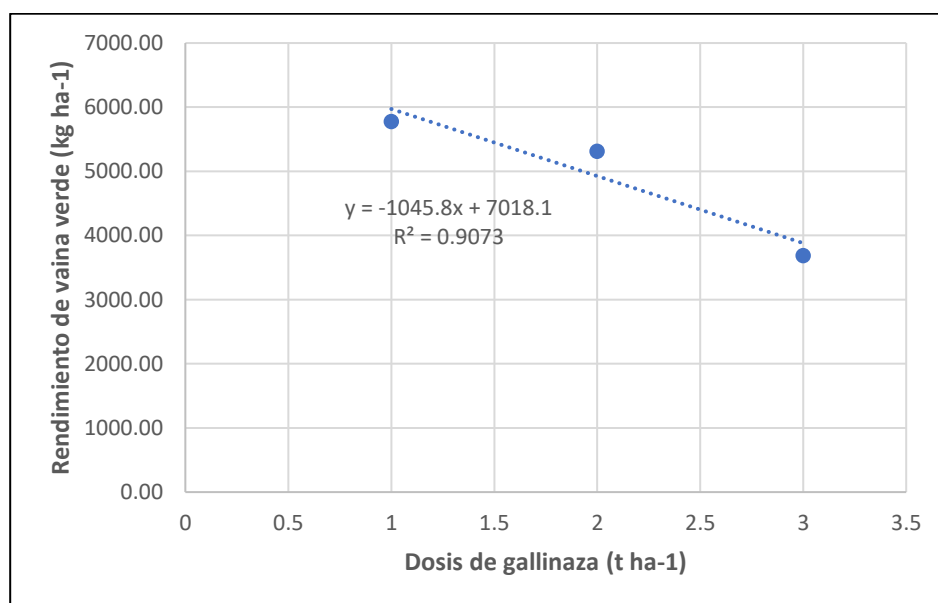
De igual manera, Collazos et al. (2018) señalaron que la fertilización orgánico-mineral favorece el desarrollo del sistema radical y mejora la absorción de fósforo y nitrógeno, incrementando significativamente la productividad de cultivos de leguminosas bajo condiciones similares a las del presente estudio.

El análisis de regresión (Figura 4) mostró una respuesta positiva del rendimiento frente al incremento de las dosis de abonamiento orgánico, observándose una tendencia cuadrática con máximos productivos cercanos a las dosis evaluadas en el tratamiento T3. Este comportamiento indica que la fertilización integrada permite optimizar el aprovechamiento

de los nutrientes sin necesidad de incrementar excesivamente las dosis de fertilizantes minerales, aspecto de gran importancia para la agricultura sostenible.

Figura 4

Modelo de regresión del rendimiento de vaina verde.



En conjunto, estos resultados demuestran que la fertilización integrada constituye una alternativa técnicamente eficiente para incrementar la productividad de la arveja en las condiciones agroecológicas de Huamanguilla, permitiendo mejorar el rendimiento sin depender exclusivamente de fertilizantes químicos.

Evaluación económica

Además del incremento en la productividad, la adopción de una tecnología agrícola depende de su rentabilidad económica. En ese sentido, se realizó un análisis económico considerando los costos de producción, el ingreso bruto, el beneficio neto, el porcentaje de rentabilidad y la relación beneficio/costo para cada tratamiento evaluado.

Tabla 6

Evaluación económica de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (kg/ha)	Rentabilidad (%)	Beneficio costo (B/C)
T0	Testigo absoluto	3,360.00	90.68	0.76
T1	1.0 t ha-1 e1 + (43.4 - 79.7 - 64.9)	7,833.33	317.99	2.65
T2	2.5 t ha-1 e2 + (33.4 - 79.3 - 57.3)	4,733.33	140.27	1.17
T3	5.0 t ha-1 e3 + (16.9 - 78.5 - 44.7)	4,741.67	112.45	0.94
T4	1.0 t ha-1 g1 + (42.0 - 78.2 - 60.1)	5,779.17	205.61	1.71
T5	2.0 t ha-1 g2 + (34.0 - 76.4 - 5.0)	5,312.50	165.68	1.38
T6	3.0 t ha-1 g3 + (26.0 - 74.6 - 40.3)	3,687.50	75.04	0.63
T7	(50.0 - 80.0 - 70.0)	4,554.17	154.00	1.28

Los resultados mostraron diferencias importantes entre tratamientos. El tratamiento T3 presentó el mayor beneficio económico, alcanzando una rentabilidad de 317,99 % y una relación beneficio/costo (B/C) de 2,65, lo que significa que por cada unidad monetaria invertida se obtuvo un retorno de 2,65 unidades. En contraste, el tratamiento testigo registró los menores ingresos debido a su baja productividad, confirmando que la ausencia de fertilización limita tanto el rendimiento como la rentabilidad del cultivo.

Los tratamientos que incluyeron gallinaza complementada con fertilización mineral también mostraron indicadores económicos favorables, aunque ligeramente inferiores al tratamiento con estiércol de ovino. Esta diferencia puede atribuirse principalmente a las variaciones observadas en el rendimiento comercial y a los costos asociados con cada fuente de abonamiento.

Desde el punto de vista económico, los resultados demuestran que la inversión realizada en fertilización integrada fue ampliamente compensada por el incremento del rendimiento obtenido. Aunque el uso combinado de abonos orgánicos y fertilizantes minerales incrementó los costos de producción respecto al testigo, el aumento de la productividad permitió generar beneficios económicos considerablemente superiores, reflejándose en mayores índices de rentabilidad.

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Quispe Gonzales (2018), quien encontró relaciones beneficio/costos superiores a 2,0 mediante el uso combinado de estiércol y fertilización química en arveja. Del mismo modo, Escalante (2018) concluyó que la fertilización integrada constituye una alternativa económicamente viable para pequeños productores debido a que incrementa significativamente los ingresos sin elevar proporcionalmente los costos de producción.

A nivel internacional, Sharma et al. (2022) y Kumar et al. (2023) señalaron que la integración de fertilización orgánica e inorgánica mejora simultáneamente la productividad y la rentabilidad de las leguminosas, favoreciendo además la sostenibilidad del sistema agrícola al reducir parcialmente la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Desde una perspectiva ambiental, el empleo de estiércol de ovino y gallinaza contribuye al reciclaje de residuos pecuarios y a la conservación de la calidad del suelo, aspectos que adquieren especial relevancia en los sistemas agrícolas altoandinos, donde la pérdida progresiva de materia orgánica constituye una de las principales limitantes para la producción sostenible.

En consecuencia, los resultados de la presente investigación evidencian que la combinación de 1,0 t ha⁻¹ de estiércol de ovino con fertilización mineral (43,4–79,7–64,9 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O) representa la alternativa más eficiente desde el punto de vista agronómico y económico para la producción de arveja bajo las condiciones agroecológicas de Huamanguilla, Ayacucho.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento que combinó 1,0 t ha⁻¹ de estiércol de ovino con fertilización mineral (43,4–79,7–64,9 kg ha⁻¹ de N–P₂O₅–K₂O) obtuvo el mayor rendimiento comercial de vaina verde (7 833,33 kg ha⁻¹), superando ampliamente al tratamiento testigo (3 360,00 kg ha⁻¹), demostrando que la interacción entre ambas fuentes de nutrientes optimiza la eficiencia agronómica del cultivo.
2. Desde el punto de vista económico, la fertilización integrada permitió incrementar significativamente los beneficios del sistema de producción. El tratamiento de mayor

rendimiento presentó la mayor rentabilidad (317,99 %) y la mayor relación beneficio/costo (2,65), confirmando que la inversión adicional en fertilización orgánica y mineral es ampliamente compensada por el incremento en la productividad y los ingresos del productor.

RECOMENDACIONES

1. Promover el uso integrado de estiércol de ovino y fertilización mineral en el cultivo de arveja, utilizando la dosis de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de estiércol de ovino complementada con 43,4–79,7–64,9 kg ha^{-1} de N–P₂O₅–K₂O, debido a que esta combinación permitió obtener el mayor rendimiento de vaina verde (7 833,33 kg ha^{-1}), la mayor rentabilidad (317,99 %) y la mejor relación beneficio/costo (2,65), constituyéndose en la alternativa más eficiente para las condiciones agroecológicas de Huamanguilla.
2. Realizar investigaciones de mayor duración que evalúen el efecto residual del abonamiento orgánico combinado con fertilización mineral sobre la fertilidad del suelo, la dinámica de los nutrientes y la productividad de la arveja en campañas agrícolas sucesivas, con la finalidad de establecer programas de fertilización sostenibles que optimicen el rendimiento del cultivo y contribuyan a la conservación de la calidad del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Collazos, R., Pérez, J., & Ramírez, L. (2018). Integrated nutrient management and productivity of grain legumes under Andean conditions. *Agronomía Colombiana*, 36(3), 245–253.

Escalante, J. (2018). *Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

Foth, H. D. (1990). *Fundamentals of Soil Science* (8th ed.). John Wiley & Sons.

Kumar, R., Singh, P., & Verma, A. (2023). Integrated nutrient management improves productivity and profitability of field pea (*Pisum sativum* L.). *Legume Research*, 46(4), 512–519.

Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.

Méndez, J., & Quesada, R. (2019). Organic and mineral fertilization effects on growth and yield of pea under tropical highland conditions. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 165–173.

Quispe Gonzales, M. (2018). *Respuesta del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) a diferentes niveles de fertilización orgánica y química* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].

Sharma, S., Kumar, A., & Patel, R. (2022). Integrated use of organic manures and inorganic fertilizers enhances growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 45(11), 1685–1698.

Torres, H., Rojas, M., & Vargas, C. (2021). Effect of integrated fertilization on growth and yield of broad bean (*Vicia faba* L.) under highland conditions. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 531–540.