

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA
AGRÓNOMA



**COMPORTAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE DIFERENTES
LÍNEAS DE ARVEJA (PISUM SATIVUM L.) EN CONDICIONES
DEL VALLE HUARAL.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor:

Morales Veramatus, Jonathan Miguel

Asesor:

Villarreal Tores, Henry Oswaldo

ORCID: 0000-0002-5989-4534

Chimbote – Perú

2025

Índice general

Índice general.....	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras.....	iii
Palabras Clave.....	iv
Constancia de originalidad.....	v
Título.....	xiv
Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción	1
Metodología	23
Resultados.....	25
Análisis y Discusión	43
Conclusiones.....	48
Recomendaciones	49
Referencias bibliográficas.....	50
Anexo.....	56

Índice de tablas

Tabla 1 Análisis de varianza para las variables del estudio	25
Tabla 2 Análisis de varianza para la variable número de vainas del rendimiento comercial.....	26
Tabla 3 Análisis de varianza para la variable peso del rendimiento comercial	29
Tabla 4 Análisis de varianza para la variable número de vainas del rendimiento no comercial.....	32
Tabla 5 Análisis de varianza para la variable longitud de la vaina.....	35
Tabla 6 Análisis de varianza para la variable tamaño rama.....	38
Tabla 7 Análisis de varianza para la variable número de ramas.....	40

Índice de figuras

Figura 1. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de vainas	28
Figura 2. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para peso comercial	31
Figura 3. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de vainas no comercial	33
Figura 4. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para longitud de vainas	36
Figura 5. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para tamaño de ramas.....	39
Figura 6. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de ramas.....	41

Palabras Clave

Tema	: Comportamiento, rendimiento, arveja, pisum sativum l
Especialidad	: Ingeniería agrónoma

Keywords:

Topic	: Behavior, yield, pea, Pisum sativum l
Specialty	: Agricultural Engineering

Línea de Investigación:

Línea de Investigación	: Agronomía y agricultura
Área	: Ciencias agrícolas
Subárea	: Agricultura, silvicultura y pesquería
Disciplina	: Agronomía

Constancia de originalidad



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**COMPORTAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE DIFERENTES LÍNEAS DE ARVEJA (Pisum Savitum L.) EN CONDICIONES DEL VALLE HUARAL.**" del (a) estudiante: **MORALES VERAMATUS JONATHAN MIGUEL**, identificado(a) con Código N° **1712000006**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 13 de febrero de 2026

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

COMPORTAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE DIFERENTES LÍNEAS DE
ARVEJA (PISUM SATIVUM L.) EN CONDICIONES DEL VALLE HUARAL.

Yield behavior of different pea lines (*Pisum sativum* L.) under conditions of the
Huaral Valley.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento agronómico de diez líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en las condiciones del Valle Huaral, 2024. La metodología empleada fue básica, tipo explicativa, marco prospectivo y diseño experimental. La población estuvo conformada por 990 plantas distribuidas en 11 tratamientos, cada uno correspondiente a una línea o genotipo de arveja. Se optó por trabajar con toda la población, sin efectuar muestreo. Para recolectar datos, se usó la técnica de la observación directa, complementada por la utilización de fichas de observación. Los resultados no detectaron efectos de línea en arquitectura, tamaño de rama mostró tendencia ($F=1.96$; $p=0.085$; $CV=19.01\%$; $R^2\approx 0.44$) y número de ramas no fue significativo ($F=1.02$; $p=0.451$; $CV=35.43\%$). Además, las características de vaina no difirieron entre líneas: longitud ($F=1.10$; $p=0.394$; $CV=26.17\%$; $R^2\approx 0.38$), ancho (Friedman $\chi^2=7.84$; $p=0.550$) y granos por vaina ($\chi^2=10.23$; $p=0.332$). También el rendimiento comercial resultó no significativo. Y se evidenció mediante las pruebas estadísticas que no se encontraron diferencias entre líneas en rendimiento comercial: número de vainas ($F=1.16$; $p=0.360$) y peso ($F=1.17$; $p=0.352$). La precisión fue limitada ($CV=69.43\%$ y 80.96% ; R^2 bajos). Concluyendo que el desempeño equivalente bajo alta variabilidad experimental.

Abstract

The study aimed to evaluate the agronomic performance of ten lines of pea (*Pisum sativum* L.) under the conditions of the Huaral Valley, 2024. The methodology used was basic, explanatory type, prospective framework and experimental design. The population consisted of 990 plants distributed in 11 treatments, each corresponding to a line or genotype of pea. It was decided to work with the entire population, without sampling. To collect data, the direct observation technique was used, complemented by the use of observation cards. The results did not detect line effects on architecture, branch size showed a trend ($F = 1.96$; $p = 0.085$; $CV = 19.01\%$; $R^2 \approx 0.44$) and the number of branches was not significant ($F = 1.02$; $p = 0.451$; $CV = 35.43\%$). Furthermore, pod traits did not differ between lines: length ($F=1.10$; $p=0.394$; $CV=26.17\%$; $R^2\approx0.38$), width (Friedman $\chi^2=7.84$; $p=0.550$) and grains per pod ($\chi^2=10.23$; $p=0.332$). Commercial yield was also not significant. Statistical tests showed no differences between lines in commercial yield: number of pods ($F=1.16$; $p=0.360$) and weight ($F=1.17$; $p=0.352$). Precision was limited ($CV=69.43\%$ and 80.96% ; low R^2). Concluding that equivalent performance under high experimental variability

Introducción

La investigación consideró las siguientes investigaciones como antecedentes:

Lafon, E. N. (2022), su estudio tuvo como objetivo de evaluar el comportamiento de diez genotipos de arveja con potencialidad de uso en la región para consumo en seco. El experimento se realizó en la Chacra de la Facultad de Agronomía UNCPBA, con sede en Azul, provincia de Bs. As. La siembra se realizó de manera directa el día 19 de julio de 2019, utilizando una sembradora a chorillo a una separación entre líneas de 20 cm. Se confeccionaron 3 bloques dentro de un sistema en bloques completos al azar. Cada parcela contenía 7 surcos de 9 m de largo separados a 20 cm. Se hizo un seguimiento de las 10 variedades en evaluación hasta su cosecha. Los resultados obtenidos del rendimiento en general bajos para los esperados en esta zona, pero normales para este año en particular (frío y seco durante gran parte del ciclo). El máximo rendimiento obtenido fue de 1830 kg/ha para la variedad Reussite, seguido por un rendimiento de 1793 kg/ha correspondiente a la variedad Facon. Sería necesario continuar evaluando las diferentes variedades de arveja en años sucesivos, esto permitiría tener una idea más clara de los rendimientos y su rango de variación en la región.

Cadena-Guerrero et al. (2021), su artículo tuvo el objetivo de evaluar quince genotipos de arveja por la estabilidad fenotípica del rendimiento en grano seco, en la zona productora de Nariño. El estudio se realizó entre el 2013 y 2014, en donde se evaluaron quince genotipos de arveja en tres ambientes de Nariño. Los experimentos se establecieron con un diseño de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. Para el análisis de estabilidad de rendimiento en grano seco se utilizó el modelo GGE biplot. Los resultados obtenidos del análisis de varianza, a través de los tres ambientes, se presentaron efectos significativos ($p < 0,05$) de ambientes (A), genotipos (G) e interacción de GA, para rendimiento en grano seco y número de granos por vaina. El promedio de rendimiento para todos los ambientes estuvo entre 747,5 y 1357,3 kg ha⁻¹ y los granos por vaina entre 4,4 y 5,4. Los genotipos ARUDN-3562 y VOUDN-7350

sobresalieron por ser estables y por sus altos rendimientos (kg ha⁻¹) con 1357,3 y 1144,1, respectivamente, que superaron a la media general (1057,9) y estadísticamente similares a los testigos Alcalá (1227,8), Obonuco Andina (1238,1) y Santa Isabel (1013,6). Concluyendo del estudio que los genotipos estudiados mostraron alta variabilidad en rendimiento y en estabilidad fenotípica, lo que permitirá ampliar la colección de trabajo para mejoramiento de arveja en Nariño. Se destacaron los genotipos ARUDN-3562 y VOUDN-7350, con los cuales se podría avanzar en forma individual o ser usados como parentales

Checa et al. (2020), su investigación se realizó en dos municipios (Yacuanquer y Guaitarilla) pertenecientes a la zona cerealista de Nariño, durante tres épocas de siembra en el 2017, constituyendo seis ambientes de estudiados. Se evaluaron ocho líneas de arveja arbustiva por número de vainas por planta, adaptabilidad y estabilidad fenotípica, para rendimiento en vaina verde y reacción a enfermedades foliares. En número de vainas sobresalieron GRICAND404 y GRICAND402. Los resultados del análisis de adaptabilidad y de estabilidad fenotípica permitió identificar, como ambientes favorables, a Yacuanquer abril, Guaitarilla abril y Yacuanquer marzo; GRICAND405, con un rendimiento promedio de 9,27t. ha⁻¹, se consideró una línea adaptable y predecible en los seis ambientes evaluados y GRICAND406, con 9,07t. ha⁻¹, fue predecible y mostró mejor adaptación a los ambientes más favorables. Concluyendo que la reacción a las enfermedades evaluadas, todas las líneas fueron susceptibles al ataque del complejo *Ascochyta* y el porcentaje de infestación de la enfermedad, se evidenció mayor en épocas muy lluviosas, como la época 1 (siembra de marzo) y disminuyó en épocas secas, como la época 3 (siembra de mayo); el ataque de Oídio, se evidenció mayormente en la época de menor precipitación (época 3), siendo resistente la línea GRICAND402.

Riascos & Checa (2020), su estudio tuvo el objetivo de determinar los efectos directos e indirectos que están presentes en las correlaciones genéticas entre el rendimiento y sus componentes, para aportar a la selección por rendimiento en genotipos de arveja con gen afila. Para lo cual se consideró 21 líneas que fueron evaluadas en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, la parcela

principal fueron las densidades y la subparcela los genotipos. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y se determinaron las correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento. Para establecer los efectos directos e indirectos de los diferentes componentes sobre el rendimiento, se efectuó un análisis de Sendero. Los resultados identificaron que el 73% de las correlaciones genéticas entre los componentes de rendimiento fueron significativas. Peso de cien granos verdes (PCGV) y número de vainas por planta (NVP) correspondieron a las variables con mayor efecto directo. Concluyendo el análisis de correlaciones genéticas indicó que es posible seleccionar genotipos con mayor peso de vaina a partir de la longitud de sus vainas. Los efectos directos NVP Y PCGV fueron los de mayor aporte y confirman su utilidad en la selección por rendimiento.

Mattia (2024), su investigación llevó el objetivo de caracterizar a las líneas promisorias F7 del cultivo de arveja (*Pisum Sativum* L.) con progenitores Utrillo y Remate por sus caracteres morfoagronómicos, evaluar el rendimiento en grano seco y seleccionar las progenies de crecimiento de enrame, precoces y buena calidad de vaina y grano. La metodología utilizada es el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 19 tratamientos y tres repeticiones y la parcela experimental fue de 4.8 m². Los parámetros evaluados referentes a las características morfoagronómicas fueron: días a floración, días a maduración fisiológica, altura de planta, número de lóculos por vaina, longitud de vainas, ancho de vainas, color del hilio, superficie de la testa y color del grano. Los componentes del rendimiento fueron número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas, rendimiento por planta y rendimiento de grano seco, así como las características del grano (color del hilio, textura del grano y color del grano). Los resultados alcanzados según Duncan las líneas promisorias que tuvieron los rendimientos más altos fueron L3 con 3566 kg/ha, L8 con 3295 kg/ha, L15 con 3241 kg/ha, L16 con 3188 kg/ha y L14 con 3146 kg/ha. Concluyendo que destacan por presentar granos de textura rugosa, granos de color verde e hilio blanco. Así mismo, de las líneas precoces L2, L3, L4, L7, L8, L9 y L10 sobresalieron las líneas L3 y L8 por su mayor rendimiento y precocidad.

Laura (2023), su estudio tuvo objetivo Identificar las características morfológicas y fenológicas de diez accesiones de arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones de invernadero en C.E. Camacani - Puno. Realizado bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 10 accesiones, con tres repeticiones, con un total de 30 unidades experimentales de (1.72mx1.68m), donde fueron evaluadas las características morfológicas como el color de semilla, tipo de pedúnculo (rama principal y secundaria), hoja (color y forma), pigmento (densidad y forma), vaina (color, curvatura, forma, textura y color seco), flor color y grano (color, forma y superficie), también se evaluó el rendimiento y sus componentes como altura de planta (cm), ancho de vaina (cm), longitud de vaina (cm), número de granos por vaina (conteo), número de ramas (conteo), número de tallos por planta (conteo), número de vaina por planta (conteo), tamaño del grano (mm), peso de vaina (gr), peso total del grano (gr), rendimiento por planta (kg/m²) y relación beneficio costo. Los resultados indican que la accesión 4 cuenta con mejores características en color de la semilla verde anaranjado, tipo de pedúnculo la rama principal es media y la rama secundaria es corta, color de hoja es verde amarillento y su forma es entera, la densidad del pigmento es media y la forma de la hoja es con puntos, la vaina de color verde amarillo, su cobertura es ligeramente cóncava, la forma ligeramente cóncava con ápice agudo y de textura rugosa de color amarillo claro, la flor color rosado roja, el grano de color amarillento de forma oval alongada y con una superficie lisa con arrugamiento. Concluyendo que la mayor altura de planta alcanzada de 170.17 cm fue con la Accesión 10. El mayor número de ramas y tallos fue con la Accesión 10 con 6.93 y 2.97 respectivamente. La mayor longitud, ancho y número de vaina fue con la Accesión 10 con 64.15mm, 13.67mm y 3.20 vainas respectivamente. La mayor rentabilidad fue en la Accesión 4 con 240.49 % equivalente a un beneficio costo de 3.40, la más baja fue con la Accesión 3 con 92.70 %, equivalente a un beneficio costo de 1.93.

Arce (2023), su investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres modalidades de siembra en el rendimiento de arveja de grano seco (*Pisum sativum* L.), Empleo como metodología el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones y cuatro tratamientos, los datos se registraron de los surcos centrales evaluando 10 plantas al azar, las modalidades en estudio son: 1) Siembra en línea a

golpes cada 20 cm, 2) siembra en línea a golpes cada 30 cm, 3) siembra a chorro continuo y el testigo siembra al voleo. Las variables evaluadas para estimar el rendimiento de grano seco en toneladas por hectárea fueron; peso de 100 granos, número de granos por vainas, número de vainas llenas y vanas, altura de planta, longitud de vaina. Los resultados obtenidos de la modalidad de siembra en línea a 20 cm entre golpes con 1.54 t ha⁻¹ y la siembra en línea a 30 cm entre golpes con 1.44 t ha⁻¹ superando en 55% y 45% respectivamente al testigo (siembra al voleo) con 0.99 t ha⁻¹. Concluyendo que la modalidad de siembra en línea a 20 cm entre golpes es la más destacada y se sitúa como la mejor, con un rendimiento promedio de 1.543 t ha⁻¹ de grano seco de arveja cultivar azul.

Raymundo (2022), su investigación planteó el objetivo de evaluar el efecto de los fertilizantes foliares en el rendimiento del cultivo de la arveja en el distrito de Tápuc y especificar el efecto de las interacciones de fertilizante foliar con variedades de arveja. Utilizando una metodología de trabajo experimental y el diseño de Bloques Completos al Azar (BCR) distribuidos en una factorial de 4x2 (cuatro variedades de arveja y dos fertilizantes foliare), la prueba de rango múltiple de Duncan se utilizó para diferenciar los efectos entre los tratamientos al 0.05% de probabilidad, en cuanto a rendimiento la variedad remate reporta 17.58 t/ha y en las interacciones el T5 (variedad remate más Super abono), reporta el mayor promedio con 20.53 t/ha., concerniente a las particularidades agronómicas del cultivo de la arveja como son : altura de plantas, número de vainas por planta y peso de vainas por planta el T5 (variedad remate más super abono) reporta los promedios de 1.30 m, 31.67 vainas por planta y 308.33 gramos por planta, de igual forma es preciso mencionar que, la siembra de variedad rondo más aplicación de super abono alcanzaron 8 granos por vaina de arveja, los resultados obtenidos aconseja en el distrito de Tapuc efectuar la siembra del cultivo de arveja variedad Remate con aplicación del fertilizante foliar super abono por los rendimientos obtenidos.

Alvarez (2022), su investigación tuvo el objetivo de determinar el comportamiento de los componentes agronómicos y de rendimiento bajo distanciamientos de siembra de *Pisum sativum* L. “arveja”, en Zungarococha, distrito

de San Juan Bautista-Loreto.2021. La metodología de investigación fue experimental, de tipo prospectivo con una variable independiente (distanciamientos de siembra) y nueve variables dependientes (Altura de planta, diámetro de la planta, longitud de vaina, diámetro de vaina, numero de vainas/planta, numero de granos/vaina, peso de vaina, peso de granos/vaina y peso de granos verdes/ha). El diseño experimental que se utilizó fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida de 2 hileras con 10 plantas/hilera y la unidad de muestreo estuvo constituida por cuatro plantas/unidad experimental. Los resultados del experimento es que el distanciamiento de siembra en *Pisum sativum* L. “arveja”, influyen en las características agronómicas y rendimiento; el Tratamiento T4 (1.25 m x 0.50 m), presentó los mayores valores promedios de los componentes agronómicos y rendimiento a excepción del peso de granos/ha. Concluyendo que el Tratamiento T3 (1 m x 0.50 m), presentó el mejor valor promedio de rendimiento de peso de granos verdes/ha con 121.80 Kg/ha; los resultados de rendimiento de granos verde/ha, han sido muy bajos que no permitieron obtener beneficio económico.

Zuñiga (2021), su estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del monitoreo de las plagas en cultivo asociado de haba (*Vicia faba* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) en la Provincia de Acobamba. La metodología empleada fue de tipo experimental y un nivel aplicado como explicativo - experimental. La estuvo constituida por parcelas instaladas de los cultivos de haba y arveja en asociación. En la parcela o unidad experimental estuvo instalada con surcos intercalados de haba (03 surcos) y arveja (03 surcos), de 1500 m². Los resultado referentes al diagnóstico de la asociación los cultivos de haba y arveja tienen plagas similares en cuanto al desarrollo de toda su fenología como: los gusanos de tierra (*Copitarsia* sp.) y la mosca de los cotiledones (*Delia platura*) así en haba la incidencia de gusanos de tierra y delia es mayor 30 y 45% respectivamente en relación al cultivo de arveja de 10 y 20% de Gusanos de tierra y Delia platura, aphidos y empoasca 10, 30 y 25% respectivamente en cambio en el cultivo de arveja gusanos de tierra, aphidos y mosca minadora 5, 10 y 40% respectivamente Aphidos, Empoasca sp, Mosca minadora y Trips sp en 5, 10, 40 y 30% respectivamente mientras que en el cultivo de arveja gusanos de tierra, Aphidos,

Empoasca, Mosca minadora y Trips en 5, 10, 15, 60 y 10%.se resalta; Sobre la asociación los cultivos de haba y arveja tienen plagas similares en cuanto al desarrollo de toda su fenología como en la etapa de siembra y germinación se presentan plagas como los gusanos de tierra (*Copitarsia* sp.) y la mosca de los cotiledones (*Delia platura*) así en haba la incidencia de gusanos de tierra y delia es mayor 30 y 45% respectivamente en relación al cultivo de arveja de 10 y 20% de Gusanos de tierra y *Delia platura* respectivamente, en cuanto al crecimiento vegetativo en el cultivo de haba se presentaron gusanos de tierra, aphidos y empoasca 10, 30 y 25% respectivamente; En la etapa de floración en el cultivo de haba presenta Aphidos, Empoasca sp, Mosca minadora y Trips sp en 5, 10, 40 y 30% respectivamente mientras que en el cultivo de arveja gusanos de tierra, Aphidos, Empoasca, Mosca minadora y Trips en 5, 10, 15, 60 y 10% respectivamente en esta etapa la infestación se considera que es mayor en el cultivo de arveja debido a la mayor infestación de plagas claves, en la etapa de la fructificación en el cultivo de haba se presenta aphidos, empoasca, mosca minadora y trips en un 10, 30 60 y 10% respectivamente mientras que en el cultivo de arveja aphidos, empoasca, mosca minadora y trips en un 5, 20, 50, 15% respectivamente en etapa se nota claramente que el cultivo de arveja ha sido menos infestado por plagas en relación al cultivo de haba, en la etapa de maduración siguen las mismas plagas como aphidos, empoasca, mosca minadora y trips 5, 10, 35 y 25 % respectivamente en cambio en el cultivo de arveja están los aphidos, empoasca, mosca minadora y trips 10, 20, 40, 15 %.

Paulino (2024), su estudio tuvo como objetivo determinar las características morfoagronómicas y el rendimiento de grano seco de las líneas promisorias de arveja *Pisum sativum* L. de la cruce de Utrillo x Usui bajo condiciones de Marcará, Carhuaz – Ancash. La investigación realizada es de tipo experimental y aplicada empleándose el Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y 3 bloques. Los parámetros evaluados se dividieron en 3: variables de caracteres morfo agronómicas y calidad de fruto, rendimiento de grano seco y sus componentes y evaluación morfológica. Se emplearon 6 tratamientos, C3F9-T5 (T1), C3F9-T6 (T2), C3F9-T13a (T3), C3F9-T13b (T4), Usui (T5) y Testigo (T6). La siembra se realizó el 13 de enero del 2023 y la cosecha se realizó de forma manual desde fines de abril hasta mediados

de mayo, dependiendo de la madurez que alcanzaba cada línea, las muestras fueron sometidas al secado para su posterior trilla y selección. En altura de planta el tratamiento testigo es superior con 168.033 cm, presenta un 26.9 de ramas y de igual manera superior en número de vainas por planta con 20.57, sin embargo, en la longitud de vaina el tratamiento testigo es el menor con 6.85 cm, las líneas promisorias muestran una mayor longitud de vaina como el C3F9-T5 (T1) con 9.06 cm, presentan más lóculos por vaina como el C3F9-T13a (T3) con 9.5, presentan mayor número de granos por vaina como el C3F9-T13a (T3) con 6.83, mayor peso de grano por planta como el C3F9-T6 (T2) con 30.53 g, mayor ancho de vaina como el C3F9-T13b (T4) con 1.77 cm y mayor diámetro de semilla como el C3F9-T6 (T2) con 0.74 cm, en días a la floración, las líneas promisorias muestran un comportamiento precoz como C3F9-T13a (T3) con 52.67 días, en cambio el testigo presenta 76 días y en días para la madurez fisiológica las líneas promisorias son precoces como el C3F9-T13a (T3) con 103 días, por otra parte el tratamiento 5 (Usui) presentó 115.67 días y el testigo (T6) 113.33 días. En cuanto al rendimiento el tratamiento 5 (Usui) con 2194.44 kg/ha es el mayor y el C3F9-T5 (T1) con 1368.06 kg/ha es el menor, cabe mencionar que no se realizó ninguna fertilización.

La fundamentación científica de la investigación, se basó en los siguientes términos:

El cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) se destaca como una leguminosa de relevancia nutricional y estratégica en la producción agronómica. Su capacidad para fijar nitrógeno, a través de la simbiosis con bacterias rizos feéricas, permite mejorar la fertilidad del suelo y contribuir a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, lo cual es crucial en escenarios donde se busca reducir el uso de insumos químicos (Rojas & Cordero, 2022). En regiones donde la biodiversidad y las condiciones edáficas varían, como es el caso del Valle Huaral, la adaptación y el manejo adecuado del cultivo se convierten en ejes fundamentales para garantizar su éxito productivo (Pérez et al., 2025).

La arveja es reconocida por aportar altos niveles de proteína y otros nutrientes esenciales, constituyéndose en un cultivo que favorece la diversificación de rotaciones agrícolas y aporta beneficios ambientales, como la mejora de la estructura del suelo y la reducción de la dependencia de fertilizantes sintéticos Torres-Martínez et al. (2020). Estudios en regiones comparables han evidenciado que el manejo adecuado de la fertilización, la densidad de siembra y la aplicación de biofertilizantes pueden potenciar el rendimiento y la calidad del cultivo, lo que se traduce en un mayor valor agregado a la producción agronómica y en mayores oportunidades comerciales (Pérez et al., 2025). Así mismo, la arveja contribuye a la economía local, ya que su cultivo favorece la generación de empleo y el fortalecimiento de cadenas de valor en zonas agrícolas estratégicas (Torres-Martínez et al., 2020).

La importancia agronómica de la arveja y la identificación de los desafíos actuales en su cultivo son fundamentales para orientar futuras estrategias de mejoramiento y optimización del rendimiento en contextos específicos como el del Valle Huaral. La integración de estudios sobre nutrición, técnicas de manejo y estrategias de inoculación constituye la base teórica para el desarrollo de soluciones innovadoras que permitan enfrentar la variabilidad inherente a la producción en zonas de alta diversidad ambiental (Rojas & Cordero, 2022; Pérez et al., 2025).

El rendimiento agrícola se define como la cantidad de producto cosechado por unidad de área y constituye un indicador central para evaluar la eficiencia de los sistemas de producción agronómica. La productividad se ve influenciada por factores biológicos, agronómicos y ambientales, integrándose aspectos relacionados con la acumulación de biomasa, el tiempo fisiológico y la eficiencia en el uso de recursos (Hernández et al., 2018). En estudios de cultivos similares se han aplicado métodos fenológicos y de análisis de biomasa para explicar la variabilidad en la productividad, lo que se considera fundamental para interpretar el desempeño de líneas y cultivares en condiciones variables (Hernández et al., 2018). Además, la escala de productividad debe comprender tanto la dimensión cuantitativa (rendimiento) como aspectos cualitativos que delinean la eficiencia del uso de insumos y la respuesta del cultivo frente a factores ambientales estresantes.

La calidad de la semilla es un componente esencial para garantizar un rendimiento óptimo; se concibe como el conjunto de características inherentes al material genético, tales como la pureza genética, vigor, uniformidad en tamaño, viabilidad y condiciones óptimas de humedad para su almacenamiento y germinación (Guerrero et al., 2024). La adaptabilidad fenotípica, por otra parte, se refiere a la capacidad de un cultivar para ajustarse a distintos entornos agroclimáticos, permitiendo la expresión de sus potenciales cualitativos y cuantitativos incluso bajo condiciones adversas. En este sentido, una semilla de alta calidad se evalúa tanto en términos de pureza como en su respuesta adaptativa y estabilidad en el desempeño, lo cual se debe considerar en las estrategias de mejoramiento y selección de líneas (Guerrero et al., 2024).

El crecimiento y desarrollo de las plantas se rigen por procesos fisiológicos y bioquímicos que integran la acción de hormonas vegetales, la disponibilidad de nutrientes y la actividad enzimática, procesos que interactúan en el establecimiento de patrones de crecimiento y en la acumulación de biomasa. Estudios recientes han demostrado que la aplicación de nanopartículas, como las de óxido de zinc, puede modular diversos aspectos fisiológicos en cultivos hortícolas, incluyendo el de *Pisum sativum*, al potenciar el crecimiento radicular y la elongación del tallo mediante la alteración de rutas metabólicas y la optimización de la absorción de nutrientes (Méndez-Argüello et al., 2016). Estos procesos bioquímicos permiten una respuesta más rápida y eficiente ante factores ambientales, subrayando la necesidad de integrar enfoques fisiológicos y bioquímicos en el análisis del desarrollo del cultivo de arveja.

El mejoramiento genético es fundamental para el incremento del rendimiento y la estabilidad de líneas en condiciones variables. La variabilidad genética, considerada como la base de la selección, permite identificar y aislar aquellos genotipos que presentan un mayor desempeño y adaptabilidad; estos procesos son potenciados por la heterosis y la alta heredabilidad de rasgos clave, como el potencial productivo. Aunque la integración de técnicas moleculares ha facilitado la caracterización genética, los métodos tradicionales de selección siguen siendo esenciales para la obtención de líneas con desempeño consistente (Guerrero et al.,

2024). La sinergia entre la evaluación fenotípica y la determinación de marcadores genéticos constituye la estrategia ideal para el desarrollo de nuevos cultivares, igualando la innovación tecnológica con el conocimiento agronómico clásico.

El proceso de mejoramiento genético se fundamenta en la identificación y selección de líneas con comportamiento superior bajo condiciones ambientales variables. La selección de líneas se basa en el análisis de características fenotípicas y genéticas, aplicando métodos de cruzamiento y evaluaciones experimentales en diversos ambientes para identificar genotipos que demuestren alta estabilidad y rendimiento (Sahagún-Castellanos, 2024; Checa et al., 2022). Diversos estudios han demostrado que la aplicación combinada de métodos tradicionales y el análisis de parámetros cuantitativos optimiza la selección de cultivares adaptados a condiciones locales, permitiendo aislar aquellos genotipos con alta capacidad de adaptación y respuesta al estrés ambiental, tal como se observa en líneas de arveja con gen afila (Checa et al., 2022). Esta selección se sustenta en la robustez del marco teórico que integra la variabilidad genética y la interacción genotipo-ambiente, respaldando la utilización de métodos de análisis estadístico que facilitan la identificación de diferencias significativas en el desempeño de las líneas evaluadas (Sahagún-Castellanos, 2024; Sahagún-Castellanos, 2024).

La evaluación de la estabilidad y la adaptabilidad constituye una estrategia esencial en el proceso de mejoramiento, dado que los cultivares deben mantener un rendimiento consistente a través de diferentes ambientes. Con este objetivo, se emplean estrategias que combinan pruebas de multiambiente con modelos estadísticos que permiten descomponer la varianza en componentes debidos a efectos genotípicos, ambientales e interacción genotipo-ambiente (Checa et al., 2022; Mendoza et al., 2021). Modelos como el AMMI (Análisis Multifactorial de la Interacción Genotipo-Ambiente) son ampliamente utilizados para evaluar la estabilidad de las líneas, facilitando la detección de genotipos con respuestas predecibles en condiciones contrastantes; su aplicación ha permitido identificar líneas de arveja con alta adaptabilidad fenotípica (Checa et al., 2022). Además, se integran pruebas de regresión y otros análisis multivariantes que permiten evaluar cuantitativamente la capacidad

adaptativa de los genotipos y establecer estrategias de mejoramiento dirigidas a la reducción de la interacción negativa entre genotipo y ambiente (Sahagún-Castellanos, 2024).

La aplicación de modelos estadísticos en el análisis de rendimiento es crucial para interpretar la variabilidad en la producción agronómica. El análisis de varianza (ANOVA) se utiliza para determinar la significancia de las fuentes de variación, mientras que modelos como el AMMI permiten descomponer la interacción genotipo-ambiente en componentes aditivos y multiplicativos. La combinación de ambos enfoques ofrece una herramienta robusta para evaluar y predecir el comportamiento de las líneas de arveja en diferentes ambientes (Borrego-Escalante et al., 2023; Checa et al., 2022). Diversas investigaciones han evidenciado que el modelo AMMI, al capturar la variación significativa atribuible a diferencias ambientales y genéticas, facilita la clasificación de genotipos estables y de alto rendimiento, lo que resulta esencial para la toma de decisiones en el fitomejoramiento (Borrego-Escalante et al., 2023; Mendoza et al., 2021). Esta metodología se complementa con otras técnicas de regresión y análisis multivariante que permiten comparar modelos y ajustar el análisis a la realidad experimental, optimizando así la interpretación de datos (Cruz-Medina & Hernández-Jasso, 2024).

El diseño experimental en agronomía es fundamental para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados. El diseño en bloques completamente al azar es uno de los métodos tradicionales que permite controlar la variabilidad intraambiental, mientras que el diseño Lattice Alfa, se utiliza en situaciones donde se presentan muchos tratamientos o genotipos, facilitando una mayor precisión en la estimación de diferencias entre ellos. Estos diseños experimentales permiten minimizar el error experimental y facilitar la aplicación de análisis estadísticos robustos, que son esenciales para evaluar el rendimiento de las líneas de arveja en diferentes condiciones (Bautista & Ramírez, 2024). La adopción de diseños experimentales bien estructurados contribuye a identificar y cuantificar la interacción genotipo-ambiente, mejorando la capacidad predictiva de los modelos de rendimiento.

La aplicación comparativa de modelos de rendimiento implica evaluar diversas metodologías estadísticas para seleccionar el que mejor se ajuste a la estructura de los datos obtenidos en los ensayos en campo. Este enfoque comparativo permite validar la eficacia de los modelos AMMI, SREG (Modelo de Regresión de Sitios) y otros modelos de análisis multivariante, confrontándolos en términos de capacidad explicativa y error de predicción (Borrego-Escalante et al., 2023; Mendoza et al., 2021). La comparación de estos modelos no solo refuerza la confiabilidad de los resultados, sino que también orienta hacia la optimización de los procesos de selección y mejoramiento genético, permitiendo identificar herramientas estadísticas que resulten más precisas para el análisis del rendimiento en condiciones reales de producción agronómica (Cruz-Medina & Hernández-Jasso, 2024; Bautista & Ramírez, 2024). De esta manera, el enfoque experimental se beneficia de una robusta validación de los modelos de rendimiento, fortaleciendo la integración de datos experimentales con criterios de estabilidad y adaptabilidad.

El manejo agronómico en contextos de alta variabilidad climática demanda una articulación precisa entre el manejo de nutrientes y el manejo hídrico, orientados a optimizar la productividad y a mitigar el impacto de los factores de estrés ambiental. La asignación y manejo de nutrientes se fundamenta en la identificación de la heterogeneidad de los suelos y en la aplicación de fertilizantes que respondan a la demanda específica de cada microambiente. El uso eficiente de sistemas de irrigación, junto con la aplicación de estrategias de fertirrigación, puede incrementar la eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, permitiendo aprovechar al máximo los recursos disponibles, sobre todo durante períodos de déficit hídrico (Melo et al. (2024). En este contexto, es imprescindible la adopción de metodologías para el monitoreo constante y la dosificación de insumos, dadas las fluctuaciones en la disponibilidad hídrica que caracterizan a estas áreas.

La mitigación de factores de estrés en el cultivo se orienta hacia estrategias que incluyan tanto la selección de cultivares con tolerancia a condiciones adversas, como la implementación de prácticas culturales de protección. Se ha enfatizado la importancia de desarrollar e identificar genotipos que muestren resistencia a

condiciones de déficit hídrico, en los cuales intervienen mecanismos fisiológicos de adaptación que pueden ser optimizados mediante el manejo agronómico (Ruiz et al., 2021). Adicionalmente, el empleo de herramientas de monitoreo, como la termografía aplicada en la agricultura, ha permitido evaluar de forma no invasiva la respuesta del cultivo ante el estrés hídrico y ajustar así los programas de irrigación, minimizando el riesgo de pérdida de rendimiento (Gomes et al., 2021).

La implementación de tecnologías como sensores remotos, drones y sistemas de información geográfica permite la recopilación y análisis de datos a gran escala, facilitando la identificación de patrones de variabilidad en el rendimiento y la incidencia de estrés en campo (Cavalcante et al., 2022). Estas tecnologías son parte esencial de la agricultura de precisión, que busca ajustar de manera localizada la aplicación de insumos y la gestión de recursos hídricos, generando un pronóstico más certero de la respuesta del cultivo ante las condiciones ambientales variables (Borges et al., 2022). La integración de estas herramientas con métodos de modelación estadística y análisis espacial posibilita una mejor planificación y toma de decisiones a nivel gerencial y de investigación.

La sistematización de la documentación y el análisis de datos en el manejo agronómico se refuerza al aplicar normativas internacionales, entre ellas la norma ISO, la cual establece criterios de calidad, consistencia y transparencia en la ejecución de proyectos de investigación y en la implementación de técnicas avanzadas de medición. La adopción de dichas normativas permite uniformar los procesos metodológicos, garantizando que la información generada sea comparativa, reproducible y alineada con estándares internacionales (Cavalcante et al., 2022). Esta integración normativizada no solo mejora la calidad de la documentación, sino que también facilita la validación de métodos y la difusión de resultados en foros académicos y aplicaciones prácticas dentro del sector agropecuario.

La presente investigación se justificó teóricamente al contribuir al conocimiento científico sobre el comportamiento agronómico de líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones específicas del valle de Huaral. El estudio permitirá

debatir y ampliar las teorías existentes sobre adaptabilidad varietal, interacción genotipo-ambiente y factores determinantes del rendimiento en leguminosas de grano. Los resultados obtenidos proporcionarán evidencia empírica para establecer nuevos marcos teóricos sobre el desempeño productivo de líneas mejoradas de arveja en agroecosistemas de la costa central del Perú, contribuyendo así al corpus de conocimiento en mejoramiento genético vegetal y agronomía de cultivos andinos.

Esta investigación se justificó prácticamente debido a que los productores agrícolas del valle de Huaral requieren información técnica confiable para la toma de decisiones sobre qué líneas de arveja cultivar para maximizar su rentabilidad. El problema de baja productividad y la necesidad de diversificación de cultivos en la zona demanda soluciones basadas en evidencia científica. Los resultados del estudio proporcionarán a agricultores, técnicos extensionistas y empresas agrícolas recomendaciones específicas sobre las líneas de arveja más apropiadas para las condiciones edafoclimáticas locales, optimizando así el uso de recursos productivos y mejorando la competitividad del sector agrícola regional.

La investigación se justificó socialmente al favorecer las demandas de la comunidad agrícola del valle de Huaral y grupos de productores que se beneficiarán directamente con los resultados. La identificación de líneas de arveja de alto rendimiento contribuirá a mejorar la seguridad alimentaria local, generar mayores ingresos económicos para las familias rurales y fortalecer las cadenas productivas regionales. Adicionalmente, el cultivo de arveja representa una alternativa proteica importante en la dieta de poblaciones vulnerables, por lo que incrementar su disponibilidad y accesibilidad tendrá un impacto positivo en la nutrición comunitaria y el desarrollo socioeconómico de la región.

Esta investigación se justificó metodológicamente al proponer la implementación de protocolos estandarizados de evaluación agronómica específicamente adaptados a las condiciones del valle de Huaral. El estudio desarrollará y validará nuevos procedimientos para la caracterización del rendimiento de líneas de arveja bajo condiciones edafoclimáticas particulares, estableciendo metodologías replicables para futuras investigaciones en zonas con características

similares. Los métodos de evaluación implementados podrán ser aplicados en programas de mejoramiento genético y estudios de adaptabilidad varietal en otras regiones costeras del país.

La investigación se justificó científicamente porque los resultados obtenidos aportarán nuevos conocimientos sobre el comportamiento productivo de líneas de arveja en condiciones específicas de la costa central peruana, fundamentando estudios posteriores en mejoramiento genético vegetal y manejo agronómico de leguminosas. El conocimiento generado servirá como base para futuras investigaciones donde las variables ambientales, genéticas y de manejo puedan ser diferentes, contribuyendo al desarrollo de la ciencia agronómica nacional e internacional. Además, los datos de rendimiento y adaptabilidad obtenidos podrán ser integrados en bases de datos científicas para metaanálisis y estudios comparativos regionales.

La investigación sobre el rendimiento de las líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en condiciones del Valle Huaral durante 2024 se fundamenta en un análisis integral del entorno agroecológico, social y económico de esta región agrícola. El Valle Huaral, ubicado en la región de Lima, Perú, presenta altitudes entre 250 y 400 metros sobre el nivel del mar, configurando un ambiente agroclimático único con clima predominantemente cálido y marcadas variaciones estacionales en las precipitaciones, condición que influye directamente en los sistemas de riego y estrategias de manejo de cultivos locales.

La diversidad edáfica del valle, caracterizada por suelos de fertilidad variable y topografía favorable para diversos sistemas productivos, ha consolidado la agricultura como pilar económico fundamental de la región. Esta dependencia histórica del sector agrícola constituye la principal fuente de empleo para las comunidades locales y dinamiza las cadenas de valor regionales, generando un impacto socioeconómico significativo (Mogollón et al., 2023; Torres-Martínez et al., 2020).

En este contexto, la arveja ha emergido como un cultivo estratégico de considerable importancia por su valor nutricional y contribución a la diversificación de los sistemas agrícolas locales. La extensión significativa de hectáreas destinadas al cultivo de arveja y otras leguminosas ha generado oportunidades de empleo desde la producción primaria hasta las actividades de comercialización y procesamiento agroindustrial. Las investigaciones en regiones con características agroclimáticas similares han documentado la participación relevante de este cultivo en los mercados locales, aunque evidencian variaciones considerables en los rendimientos promedio por hectárea (Mogollón et al., 2023; Torres-Martínez et al., 2020).

Los datos empíricos recopilados durante 2019-2024 revelan que el rendimiento promedio de las líneas de arveja en zonas aledañas a Huaral ha fluctuado entre 1,200 y 1,500 kg/ha, registrándose tendencias descendentes atribuidas a la interacción compleja entre factores edáficos y climáticos. Estas mediciones han permitido identificar que ciertos genotipos presentan mayor capacidad adaptativa y rendimiento superior bajo condiciones de estrés ambiental (Cadena-Guerrero et al., 2021; Checa et al., 2022).

La problemática del rendimiento responde a múltiples limitantes que actúan sinérgicamente, reduciendo el potencial productivo del cultivo. Entre las principales restricciones se encuentran las deficiencias nutricionales del suelo, variabilidad en la estructura y textura del sustrato, condiciones climáticas adversas incluyendo déficit hídrico y heladas, deficiencias en el manejo agronómico y utilización de líneas genéticas con limitada adaptabilidad local (Checa et al., 2022).

A pesar de sus ventajas, la producción de arveja enfrenta importantes desafíos. La variabilidad en la capacidad de fijación de nitrógeno depende de condiciones ambientales y la interacción con el sustrato, ocasionando inconsistencias en el rendimiento. Además, la eficiencia de la nodulación resulta sensible a factores climáticos y de manejo agronómico, mientras que la presión de plagas y enfermedades mantiene en constante discusión la búsqueda de soluciones que integren prácticas tradicionales y nuevas tecnologías (Rojas & Cordero, 2022; Pérez et al., 2025).

El análisis causal revela factores interconectados que intensifican la brecha entre el rendimiento potencial y el observado en campo. La deficiencia nutricional del suelo, la presencia de enfermedades y plagas, la escasa adopción de tecnologías innovadoras y la utilización de semillas de calidad limitada han generado un efecto acumulativo que perpetúa los bajos rendimientos (Mogollón et al., 2023; Checa et al., 2022).

Las consecuencias de mantener esta situación generan impactos económicos y sociales considerables. Los productores enfrentan pérdidas económicas que reducen la competitividad regional y comprometen la seguridad alimentaria local. Las fluctuaciones constantes en el rendimiento desalientan la inversión en mejoras tecnológicas, perpetuando un ciclo de baja productividad (Mogollón et al., 2023; Torres-Martínez et al., 2020).

Ante este escenario, la evaluación y selección de líneas de arveja con mayor potencial de rendimiento emerge como una estrategia viable. El mejoramiento genético y la identificación de germoplasma superior ofrecen oportunidades para incrementar la productividad mediante la integración de características de tolerancia al estrés, mayor eficiencia en el uso de recursos y adaptación específica a las condiciones del Valle Huaral (Checa et al., 2022).

Esta problemática se enmarca en modelos teóricos que integran factores fisiológicos, genéticos y ambientales como determinantes del rendimiento. La interacción genotipo-ambiente subraya la importancia de seleccionar líneas que combinen estabilidad y adaptabilidad para compensar las limitaciones características del valle (Cadena-Guerrero et al., 2021; Checa et al., 2022).

Los resultados esperados contribuirán a la innovación en el manejo agronómico, estableciendo un sistema de selección fundamentado en datos empíricos que permitan identificar líneas de alta estabilidad y rendimiento. Esta propuesta se vincula con los objetivos de desarrollo sostenible del Valle Huaral, favoreciendo la competitividad del sector agrícola y fortaleciendo las cadenas de valor locales (Checa et al., 2022; Torres-Martínez et al., 2020).

Este planteamiento pretende cubrir la brecha existente entre el rendimiento potencial teórico y el real observado, identificando las limitantes actuales y evaluando la capacidad adaptativa de líneas de alto rendimiento. La viabilidad del estudio se fundamenta en la disponibilidad de recursos técnicos especializados, el respaldo institucional y la pertinencia temporal en un contexto de creciente demanda de productos agrícolas sostenibles (Mogollón et al., 2023; Checa et al., 2022).

Este planteamiento deriva en la definición de objetivos claros y formulación de hipótesis que orientarán la aplicación de técnicas de mejoramiento genético y manejo agronómico. La investigación busca incrementar el rendimiento de las líneas de arveja y contribuir a la innovación agronómica y sostenibilidad del sistema productivo regional (Cadena-Guerrero et al., 2021; Checa et al., 2022).

Por ello, la formulación del Problema general fue la pregunta central siguiente: ¿cuál es el rendimiento comparativo de diferentes líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) cultivadas bajo las condiciones agroclimáticas específicas del Valle Huaral durante la campaña agrícola 2024?

En este apartado, se presenta la conceptualización y la operacionalización de las variables clave de la investigación en condiciones del valle Huaral, 2024. Se identifican y definen conceptualmente las variables dependientes (rendimiento de las líneas) e independiente (línea o genotipo de arveja) con base en literatura reciente especializada en agronomía y fitotecnia.

Sobre la variable de Rendimiento de las líneas de arveja, se definió:

Definición conceptual, desde el punto de vista teórico en agronomía, el rendimiento de un cultivo se entiende como la cantidad de producto cosechado por unidad de área (por ejemplo, en kg/ha), lo que refleja la eficiencia en la conversión de recursos (agua, nutrientes y energía solar) en biomasa comercializable (Cernay et al., 2015).

En el caso de la arveja, dicho rendimiento no solo depende de las condiciones ambientales y del manejo agronómico, sino que también está fuertemente influenciado

por la capacidad genética de cada línea para aprovechar de forma óptima dichos recursos. Estudios recientes han demostrado que las variaciones en la temperatura y en la disponibilidad hídrica pueden reducir el rendimiento final, siendo este parámetro el resultado de la interacción compleja de factores fisiológicos, genéticos y ambientales (Zhao et al., 2017).

Definición operacional, el rendimiento se medirá mediante ensayos de campo estandarizados en los cuales se cuantificará el peso seco de la semilla cosechada por hectárea, asegurando la aplicación de protocolos comparables en diferentes sitios y temporadas experimentales. Esta variable se empleará para evaluar la eficacia y estabilidad de las líneas de arveja bajo las condiciones agroclimáticas específicas del Valle Huaral.

Respecto a la variable de la Línea de arveja, se consideró:

Definición conceptual, el concepto de línea o genotipo en el contexto de fitotecnia se refiere al material genético definido y estable obtenido a través de procesos de selección y mejoramiento, lo cual determina la capacidad intrínseca del cultivo para responder a estímulos ambientales y para expresar características agronómicas deseables, tales como la eficiencia en el uso de nutrientes y la tolerancia al estrés. En la literatura reciente se ha resaltado que la diversidad genética y fenotípica existente entre diferentes líneas de arveja es fundamental para enfrentar la variabilidad de las condiciones de cultivo, permitiendo la identificación de genotipos con mayor potencial de rendimiento y estabilidad (Kumar et al., 2016).

Definición operacional, la operacionalización de esta variable implicará la identificación y clasificación de las líneas mediante análisis fenotípicos y genéticos en ensayos de campo, utilizando modelos estadísticos como el AMMI para descomponer la interacción genotipo-ambiente y determinar la estabilidad y adaptabilidad de cada línea (Kumar et al., 2016). Así, mediante una comparación directa se podrá establecer el vínculo entre las características intrínsecas de cada línea y su rendimiento medido en condiciones reales de cultivo.

Con ello, se articula un enfoque de investigación en el que el rendimiento de las líneas (variable dependiente) se relacionará directamente con las características genéticas y fenotípicas de las mismas (variable independiente), permitiendo evaluar, bajo condiciones específicas del Valle Huaral, la capacidad de cada línea para ofrecer un rendimiento superior y estable. Esto se sustenta en marcos teóricos que integran factores fisiológicos, genéticos y ambientales, y se orienta a aportar al desarrollo de estrategias de mejoramiento y manejo agronómico en estudios recientes (Zhao et al., 2017; Cernay et al., 2015).

La investigación propuso la siguiente hipótesis general: Existen diferencias significativas en el rendimiento agronómico entre las diez líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) evaluadas en las condiciones del Valle Huaral, 2024.

Asimismo, se formularon las siguientes hipótesis específicas:

- Las diferentes líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) presentan diferencias significativas en las características morfológicas de las ramas, específicamente en el tamaño y número de ramas por planta, bajo las condiciones del Valle Huaral.
- Las líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) evaluadas muestran diferencias significativas en las características productivas de las vainas, tales como longitud, ancho, número de granos, número y peso, en el contexto experimental del Valle Huaral.

Para el estudio, se formularon los objetivos de investigación, partiendo del Objetivo general: Evaluar el rendimiento agronómico de diez líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en las condiciones del Valle Huaral, 2024.

Además, se formularon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la influencia de las líneas de arveja sobre las características morfológicas de las ramas, considerando el tamaño y número de ramas por planta.
- Analizar las líneas de arveja sobre las características productivas de las vainas, incluyendo longitud, ancho, número de granos, número y peso bajo condiciones experimentales del Valle Huaral.

Metodología

Esta metodología experimental permite no solo evaluar con rigurosidad las diferencias en el rendimiento entre diversas líneas de arveja, sino también fundamentar futuras intervenciones en el mejoramiento genético y en el manejo agronómico en condiciones específicas del Valle Huaral, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la innovación en el sector agrícola.

La investigación se clasifica como de carácter básico por su finalidad de generar conocimientos teóricos aplicables al mejoramiento de cultivos; es de tipo explicativa, ya que se busca determinar las relaciones causales entre las características genotípicas (líneas de arveja) y el rendimiento observado; y se desarrolla bajo un marco prospectivo, permitiendo recolectar datos actuales y proyectar tendencias para la campaña 2024.

Se optó por un diseño experimental de tipo explicativo, en el que se manipulan las variables independientes (líneas de arveja) para evaluar su efecto sobre la variable dependiente (rendimiento), tal como se ha aplicado en estudios de estabilidad y productividad de cultivos de arveja (Greveniotis et al., 2021).

La población experimental está conformada por 990 plantas distribuidas en 11 tratamientos, cada uno correspondiente a una línea o genotipo de arveja. Dado que se trata de un estudio en el que se desea evaluar la totalidad del material disponible para obtener resultados robustos y representativos, se optará por trabajar con toda la población, sin efectuar muestreo, facilitando así la evaluación integral de cada línea bajo las condiciones agroclimáticas del Valle Huaral (Greveniotis et al., 2021).

La técnica principal para la recolección de datos será la observación directa en los ensayos de campo, complementada por la utilización de fichas de observación diseñadas específicamente para registrar las variables relevantes (parámetros de crecimiento, fenología y rendimiento en kg/ha). La validez de la ficha se establecerá mediante el juicio de expertos en agronomía y fitotecnia, asegurando que los indicadores medidos sean pertinentes y representativos de la variable estudiada.

Además, se calculará el coeficiente alfa de Cronbach para determinar la confiabilidad interna del instrumento, siguiendo protocolos establecidos en estudios experimentales similares (Greveniotis et al., 2021).

El procesamiento de la información incluirá un análisis descriptivo de los datos recolectados, mediante el cual se resumirán y presentarán las características principales del rendimiento de las líneas de arveja. Adicionalmente, se llevará a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) para contrastar las diferencias significativas entre los tratamientos (líneas de arveja), evaluando la interacción genotipo-ambiente y determinando el efecto real de la variable independiente sobre el rendimiento. El análisis se realizará utilizando software estadístico que permita aplicar pruebas complementarias, como el test post hoc (por ejemplo, Tukey), en caso de resultados significativos, tal como se ha empleado en investigaciones similares (Alao et al., 2024).

Resultados

El análisis estadístico de las variables evaluadas se realizó verificando previamente los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para las variables que cumplieron dichos supuestos y la prueba no paramétrica de Friedman para aquellas que no lo hicieron, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los resultados detallados de las pruebas estadísticas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Análisis de varianza para las variables del estudio

Variable	Normalidad	Homogeneidad	Método	Estadístico	p-valor
Rendimiento Comercial					
Nro. de vainas	Si	Si	ANOVA	F = 1.16	0.360
Peso	Si	Si	ANOVA	F = 1.17	0.352
Rendimiento No Comercial					
Nro. de vainas	Si	Si	ANOVA	F = 0.56	0.815
Peso	No	Si	Friedman	$\chi^2 = 6.41$	0.699
Morfología de la Vaina					
Longitud	Si	Si	ANOVA	F = 1.10	0.394
Ancho	No	Si	Friedman	$\chi^2 = 7.84$	0.550
Granos por vaina	No	Si	Friedman	$\chi^2 = 10.23$	0.332
Arquitectura de la Planta					
Tamaño de rama	Si	Si	ANOVA	F = 1.96	0.085
Nro. de ramas por planta	Si	Si	ANOVA	F = 1.02	0.451

En cuanto a los componentes de rendimiento, se observó un comportamiento homogéneo entre las líneas evaluadas. Para el rendimiento comercial, tanto el número de vainas (Media = 5.13) como el peso (Media = 19.85) fueron estadísticamente equivalentes según el ANOVA (F = 1.16; p = .360 y F = 1.17; p = .352, respectivamente).

El rendimiento no comercial mostró la misma tendencia. El número de vainas no comerciales (Media = 7.18) no difirió significativamente ($F = 0.56$; $p = .815$). Asimismo, el peso no comercial, analizado mediante Friedman debido a la falta de normalidad, tampoco presentó diferencias significativas entre las líneas (Mediana = 10.75; $\chi^2 = 6.41$; $p = .699$).

Los resultados relacionados con la morfología de la vaina tampoco mostraron diferencias significativas atribuibles a las líneas genéticas. La longitud media de la vaina fue de 11.24, sin variaciones significativas detectadas mediante ANOVA ($F = 1.10$; $p = .394$). Para el ancho de vaina y el número de granos por vaina, variables que no cumplieron el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba de Friedman. Esta prueba confirmó la ausencia de diferencias significativas tanto en el ancho (Mediana = 0.72; $\chi^2 = 7.84$; $p = .550$) como en el número de granos por vaina (Mediana = 7.23; $\chi^2 = 10.23$; $p = .332$).

En la evaluación de la arquitectura de la planta, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las líneas de arveja evaluadas para ninguna de las variables morfológicas. El tamaño de rama presentó una media general de 28.53, y el análisis ANOVA indicó que las variaciones observadas no fueron significativas ($F = 1.96$; $p = .085$). De igual manera, el número de ramas por planta (Media = 11.40) fue estadísticamente similar entre las diferentes líneas ($F = 1.02$; $p = .451$).

Tabla 2

Análisis de varianza para la variable número de vainas del rendimiento comercial

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	78.6	3	26.19	2.07	0.128
Variedad (Líneas de Arveja)	131.9	9	14.66	1.16	0.36
Error Experimental	341.9	27	12.66		
Total	552.4	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 69.43%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.381.

La evaluación de la calidad del experimento revela una precisión muy baja. El coeficiente de variación (CV) obtenido fue del 69.43%. En el contexto de la investigación agrícola de campo, este valor es excesivamente alto, lo que indica una elevada variabilidad residual (error experimental) en relación con la media de los datos. Esto sugiere que factores no controlados influyeron sustancialmente en los resultados, reduciendo la confiabilidad general del ensayo.

El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.381, indicando que el modelo estadístico (que incluye los efectos de bloque y variedad) solo explica el 38.11% de la variación total observada en el número de vainas comerciales. La mayoría de la variabilidad (61.89%) permanece sin explicar y se atribuye al error experimental (CM Error = 12.66), lo cual es congruente con el alto CV.

El análisis del factor Bloque no mostró un efecto significativo sobre la variable dependiente ($F(3, 27) = 2.07$; $p = .128$). Esto indica que no hubo diferencias significativas entre los bloques establecidos en el campo. Por lo tanto, se infiere que las condiciones ambientales o de suelo fueron relativamente homogéneas a lo largo del área experimental, y la estrategia de bloqueo no fue efectiva para capturar variabilidad del sitio ni para reducir el error experimental en esta variable.

Respecto al factor principal de interés, el efecto de la Variedad sobre el número de vainas comerciales no fue estadísticamente significativo ($F(9, 27) = 1.16$; $p = .360$). Dado que el valor p es superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existe evidencia suficiente para afirmar que las medias del número de vainas comerciales difieren entre las líneas de arveja evaluadas.

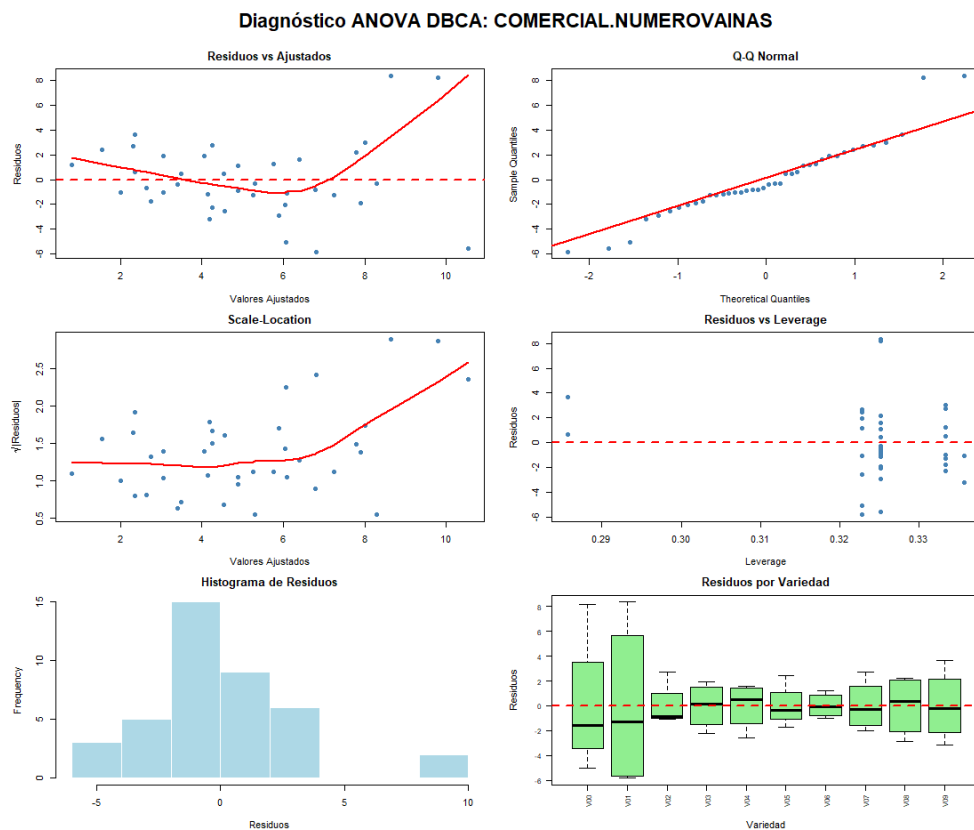


Figura 1. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de vainas

La validación de los supuestos paramétricos del modelo de Análisis de Varianza se llevó a cabo mediante una inspección gráfica de los residuos. El análisis reveló que, si bien algunos supuestos se cumplen, existen violaciones significativas en otros que comprometen la validez del modelo.

El supuesto de normalidad de los residuos fue satisfactoriamente validado. El gráfico Q-Q Normal demostró una alineación precisa de los cuantiles muestrales con los teóricos, y el histograma de residuos presentó una distribución unimodal y simétrica, congruente con una distribución gaussiana. Asimismo, el análisis del gráfico de Residuos vs. Apalancamiento concluyó que el conjunto de datos no contiene observaciones influyentes, ya que todos los puntos se concentraron en una región de bajo apalancamiento.

No obstante, se detectaron infracciones críticas en los supuestos de linealidad y homocedasticidad. El gráfico de Residuos vs. Valores Ajustados exhibió un patrón curvilíneo sistemático, indicando una clara violación del supuesto de linealidad, lo que sugiere que el modelo lineal es insuficiente para capturar la relación subyacente en los datos.

Adicionalmente, se confirmó la violación del supuesto de homocedasticidad. El gráfico de Scale-Location evidenció la presencia de heteroscedasticidad a través de una tendencia ascendente, revelando que la varianza de los residuos aumenta con los valores predichos. Esta falta de homogeneidad en las varianzas fue corroborada por el diagrama de cajas de residuos por variedad, el cual mostró diferencias notables en la dispersión intercuartílica entre los distintos tratamientos.

Tabla 3

Análisis de varianza para la variable peso del rendimiento comercial

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	1322	3	440.7	1.71	0.189
Variedad (Líneas de Arveja)	2723	9	302.5	1.17	0.352
Error Experimental	6975	27	258.3		
Total	11020	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 80.96%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.367.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar el efecto de las diferentes líneas genéticas de arveja (factor Variedad) sobre el peso comercial, intentando controlar la heterogeneidad del sitio experimental mediante el factor Bloque. Los resultados se resumen en la Tabla 3.

La evaluación de la calidad del experimento revela una precisión extremadamente baja para la variable peso comercial. El coeficiente de variación (CV) registrado fue del 80.96%. En el contexto de la investigación agrícola, este valor es excesivamente alto (independientemente de clasificaciones automáticas que puedan

sugerir lo contrario). Un CV de esta magnitud indica que la variabilidad residual (error experimental) fue muy elevada en comparación con la media de los datos, lo que sugiere que factores no controlados influyeron fuertemente en los resultados, comprometiendo seriamente la confiabilidad del ensayo.

El ajuste del modelo, evaluado mediante el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.367$), indica que solo el 36.71% de la variación total en el peso comercial es explicada por el modelo (efectos de Bloque y Variedad). La mayor parte de la variabilidad (63.29%) permanece sin explicar y se atribuye al error experimental (CM Error = 258.30), lo cual es consistente con el elevado CV.

El análisis del factor bloque no mostró un efecto significativo sobre la variable dependiente ($F(3, 27) = 1.71$; $p = .189$). Esto indica que no hubo diferencias significativas entre los bloques establecidos en el campo. Se infiere que las condiciones del sitio fueron relativamente homogéneas o que la estrategia de bloqueo no fue eficaz para capturar la variabilidad existente. En consecuencia, el bloqueo no contribuyó a reducir el error experimental.

Respecto al factor principal de interés, el efecto de la variedad sobre el peso comercial no fue estadísticamente significativo ($F(9, 27) = 1.17$; $p = .352$). Dado que el valor p es superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existe evidencia suficiente para afirmar que las medias del peso comercial difieren entre las líneas de arveja evaluadas.

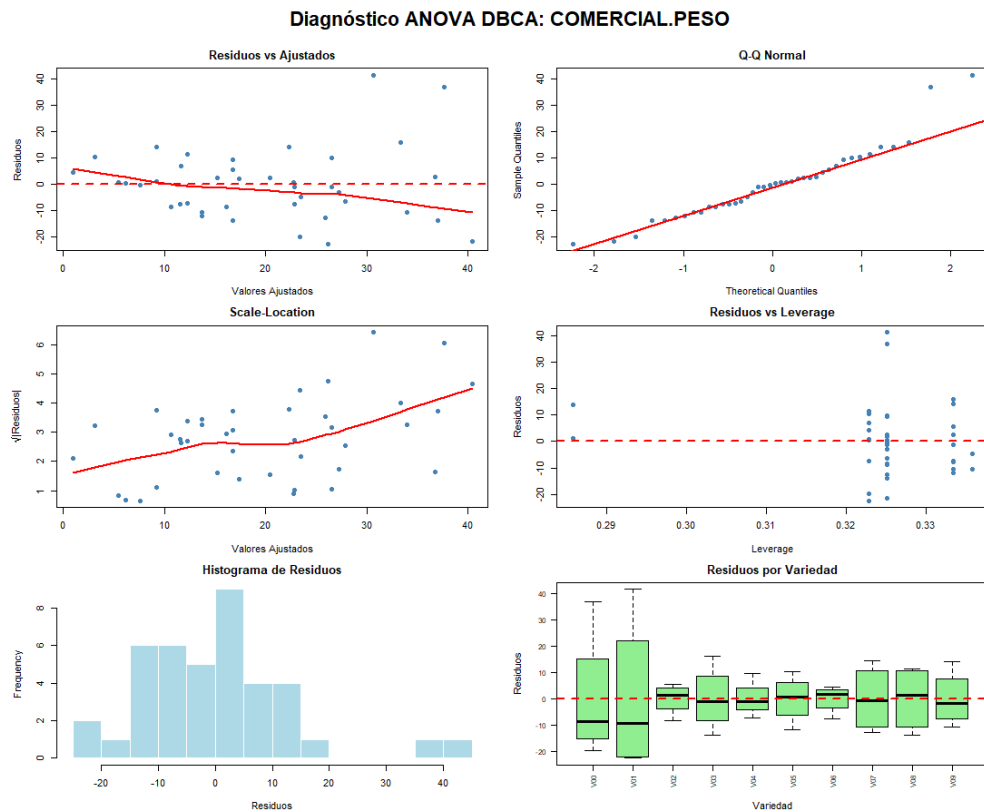


Figura 2. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para peso comercial

Según la figura los residuos del modelo de Análisis de Varianza (ANOVA) es un procedimiento indispensable para validar la fiabilidad de sus resultados. Dicho análisis reveló violaciones severas de los supuestos paramétricos fundamentales.

En primer lugar, se constató un incumplimiento del supuesto de normalidad. El gráfico Q-Q Normal exhibió una desviación sistemática de los puntos respecto a la línea de referencia teórica, formando una curva sigmoidea que denota una distribución leptocúrtica (de colas pesadas). Esta conclusión fue reforzada por el histograma de residuos, el cual no presentó la forma simétrica de una campana de Gauss y evidenció la presencia de un valor atípico extremo. Si bien el análisis de apalancamiento no detectó observaciones influyentes, sí identificó la existencia de estos datos atípicos con residuos elevados que contribuyen a la falta de normalidad.

En segundo lugar, se demostró una clara violación del supuesto de homocedasticidad (igualdad de varianzas). El gráfico de Scale-Location mostró una tendencia ascendente, indicando que la varianza de los errores aumenta a medida que se incrementan los valores predichos por el modelo. Esta heteroscedasticidad fue corroborada por el diagrama de cajas de residuos por variedad, donde se observaron diferencias marcadas en la dispersión de los datos entre los distintos grupos de tratamiento.

Tabla 4

Análisis de varianza para la variable número de vainas del rendimiento no comercial

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	53.50	3	17.85	0.49	0.693
Variedad (Líneas de Arveja)	185.20	9	20.58	0.56	0.815
Error Experimental	987.00	27	36.56		
Total	1225.70	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. La Media General fue 7.18. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 84.27%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.195 y el R^2 ajustado fue de -0.163.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para determinar el efecto de las diferentes líneas genéticas de arveja (factor variedad) sobre el número de vainas no comerciales, incorporando el factor bloque para controlar la posible heterogeneidad del sitio experimental. Los resultados se detallan en la Tabla 4.

El ajuste del modelo fue muy pobre. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.195, lo que significa que el modelo estadístico (incluyendo bloque y variedad) solo explica el 19.5% de la variación total observada. Más del 80% de la variabilidad se atribuye al error experimental (CM Error = 36.56). Además, el R^2 ajustado fue negativo (-0.163), lo cual es un fuerte indicativo de que el modelo no es adecuado para explicar los datos y que los predictores no aportan información relevante más allá de la media general.

El efecto del factor bloque no fue estadísticamente significativo ($F(3, 27) = 0.49$; $p = .693$). Este resultado demuestra que no existieron diferencias detectables entre los bloques en el campo. Se infiere que el área experimental fue homogénea o que la estrategia de bloqueo fue ineficaz para capturar la variabilidad del sitio. En consecuencia, el bloqueo no logró reducir el error experimental.

En cuanto al factor principal de estudio, el efecto de la variedad sobre el número de vainas no comerciales no fue estadísticamente significativo ($F(9, 27) = 0.56$; $p = .815$). Dado que el valor p es considerablemente superior al umbral de significancia ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no hay evidencia estadística para afirmar que las medias del número de vainas no comerciales difieren entre las líneas evaluadas.

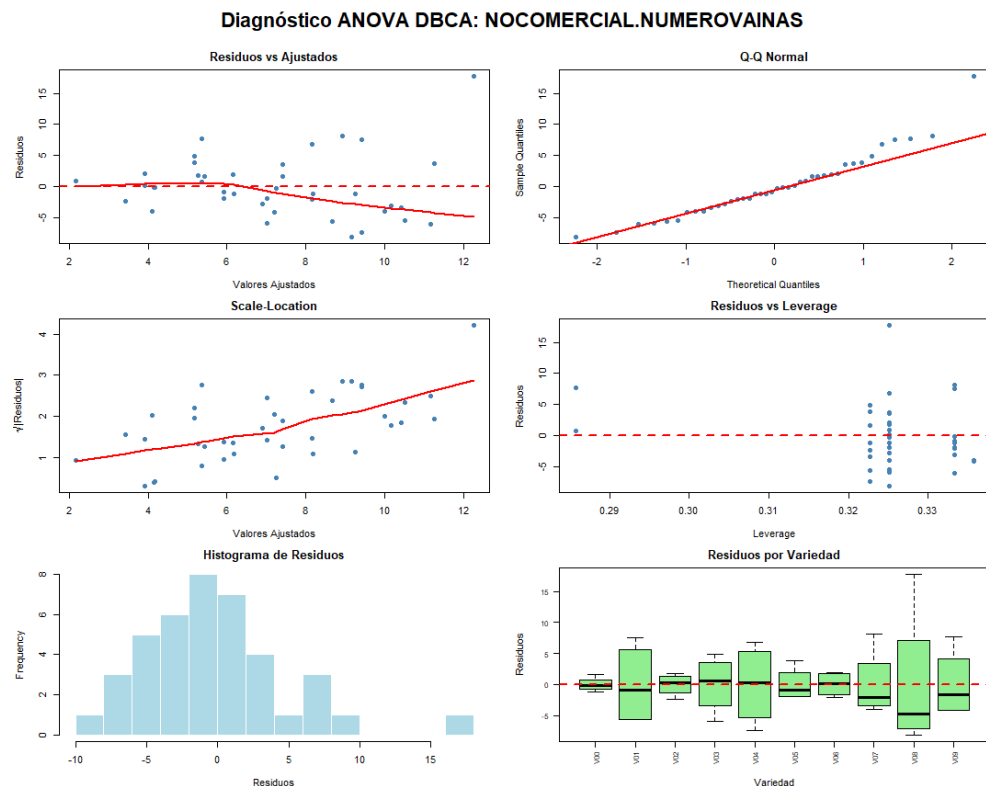


Figura 3. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de vainas no comercial

El análisis gráfico de los residuos, un paso crucial para determinar la fiabilidad del modelo de análisis de varianza (ANOVA), reveló violaciones significativas de sus supuestos fundamentales. En primer lugar, se constató un incumplimiento del supuesto de normalidad. Tanto el gráfico Q-Q Normal, que mostró una desviación sistemática en la cola superior, como el histograma, evidenciaron una distribución de residuos marcadamente asimétrica a la derecha. El análisis de apalancamiento confirmó que esta asimetría es atribuible a un dato atípico con un residuo positivo elevado, el cual, si bien no es influyente, distorsiona la distribución.

En segundo lugar, el modelo infringe el supuesto de homocedasticidad. El gráfico de Scale-Location demostró la presencia de heteroscedasticidad a través de una tendencia ascendente, indicando que la varianza de los errores aumenta con los valores predichos. Esta falta de homogeneidad fue corroborada por las notorias diferencias en la dispersión de los residuos entre las distintas variedades, observadas en los diagramas de caja. Finalmente, el gráfico de Residuos vs. Valores Ajustados exhibió una clara pendiente descendente, lo que constituye una violación del supuesto de linealidad.

Para la variable peso no comercial, los datos recopilados no cumplieron con el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de un Análisis de varianza (ANOVA) paramétrico. En consecuencia, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman, que es la metodología adecuada para analizar datos provenientes de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) cuando no se satisfacen dichos supuestos. Esta prueba evalúa la hipótesis nula de que las medianas de la variable de interés son iguales entre los diferentes tratamientos (líneas de arveja), basándose en los rangos asignados dentro de cada bloque. Los resultados del análisis indican que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el peso no comercial entre las líneas de arveja evaluadas ($\chi^2(9) = 6.41$; $p = .699$). Dado que el valor p obtenido es sustancialmente superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que las medianas del peso no comercial difieren entre las líneas genéticas estudiadas. Las diferentes líneas de arveja exhibieron un comportamiento estadísticamente homogéneo respecto a esta variable. Debido a que el resultado de la

prueba global no fue significativo, no fue necesario realizar pruebas post-hoc de comparación múltiple.

Tabla 5

Análisis de varianza para la variable longitud de la vaina

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	58.69	3	19.56	2.26	0.104
Variedad (Líneas de Arveja)	85.87	9	9.54	1.10	0.394
Error Experimental	233.74	27	8.66		
Total	378.3	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. La Media General fue 11.24. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 26.17%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.382.

Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar el efecto de las diferentes líneas genéticas de arveja (factor Variedad) sobre la longitud de la vaina, utilizando el factor Bloque para controlar la heterogeneidad potencial del sitio experimental. Los resultados se resumen en la Tabla 6.

La evaluación de la precisión experimental para la variable longitud de vaina (media general = 11.24) indica una variabilidad moderadamente alta. El coeficiente de variación (CV) obtenido fue del 26.17%. En el contexto de la investigación agrícola de campo, este valor se sitúa en el límite superior de lo aceptable. Si bien representa una mejora sustancial en la precisión comparado con las variables de rendimiento (donde los CVs superaron el 69%), todavía sugiere que existe una notable variabilidad residual (error experimental) en el ensayo, lo cual limita la capacidad de detectar diferencias sutiles entre tratamientos.

El ajuste del modelo fue relativamente bajo. El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.382, indicando que el modelo (incluyendo bloque y variedad) explica solo el 38.21% de la variación total en la longitud de la vaina. La mayoría de la variabilidad (61.79%) permanece sin explicar y se atribuye al error experimental (CM Error = 8.66).

El análisis del factor bloque no mostró un efecto significativo sobre la variable dependiente ($F(3, 27) = 2.26$; $p = .104$). Aunque el valor p se aproxima al umbral de significancia convencional ($\alpha = 0.05$), no lo cruza. Esto sugiere que las diferencias entre los bloques no fueron lo suficientemente pronunciadas para ser estadísticamente significativas. Por lo tanto, se infiere que el sitio experimental fue relativamente homogéneo o que la estrategia de bloqueo no fue efectiva para reducir significativamente el error experimental en esta variable.

Respecto al factor principal de interés, el efecto de la variedad sobre la longitud de la vaina no fue estadísticamente significativo ($F(9, 27) = 1.10$; $p = .394$). Dado que el valor p es superior al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existe evidencia suficiente para afirmar que las medias de la longitud de vaina difieren entre las líneas de arveja evaluadas. Las características morfológicas de longitud de vaina fueron estadísticamente similares entre los genotipos estudiados.

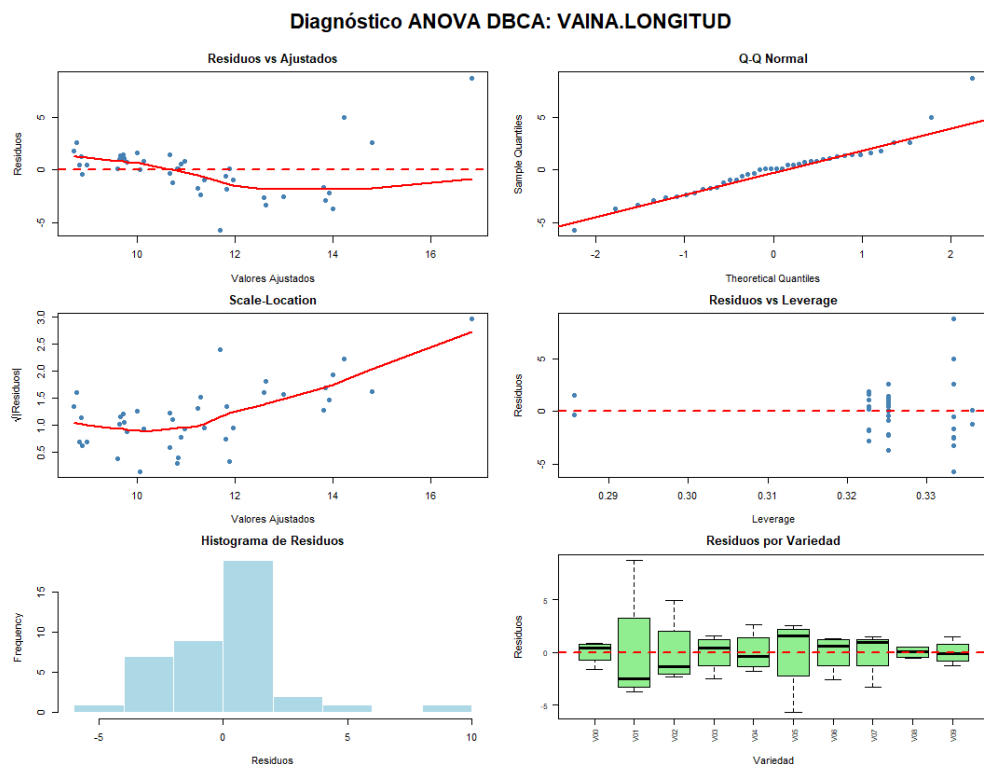


Figura 4. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para longitud de vainas

El análisis diagnóstico de los residuos del modelo ANOVA para la variable longitud de la vaina reveló que, si bien se cumplen ciertos supuestos clave, existen violaciones en otros que comprometen la validez del modelo. Por un lado, el modelo satisface el supuesto de normalidad de los residuos. Esta conclusión se fundamenta en la precisa alineación de los puntos sobre la línea teórica en el gráfico Q-Q Normal y en la distribución unimodal y simétrica observada en el histograma. Adicionalmente, el análisis de apalancamiento confirmó la ausencia de datos influyentes, ya que ninguna observación individual ejerce una influencia desproporcionada sobre las estimaciones del modelo.

Por otro lado, se detectaron violaciones significativas en otros supuestos. El modelo presenta una clara heteroscedasticidad, violando el supuesto de homocedasticidad. Esta falta de homogeneidad en las varianzas fue evidenciada por la tendencia ascendente en el gráfico de Scale-Location y corroborada por las notorias diferencias en la dispersión de los residuos entre las variedades. Asimismo, el supuesto de linealidad es cuestionable, dado que el gráfico de Residuos vs. Valores Ajustados exhibe un patrón curvilíneo sistemático que el modelo lineal no logra capturar.

Para la variable ancho de vaina, los datos recopilados no cumplieron con el supuesto de normalidad requerido para la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA) paramétrico. En consecuencia, se empleó la prueba no paramétrica de Friedman, que es la metodología adecuada para analizar datos provenientes de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) cuando no se satisfacen dichos supuestos. Esta prueba evalúa la hipótesis nula de que las medianas del ancho de vaina son iguales entre las diferentes líneas de arveja, basándose en el análisis de los rangos asignados dentro de cada bloque.

Los resultados del análisis indican que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el ancho de vaina entre las líneas de arveja evaluadas ($\chi^2(9) = 7.84$; $p = .550$). Dado que el valor p obtenido es considerablemente superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), no se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que las medianas del ancho de vaina difieren entre las líneas genéticas estudiadas. Las diferentes líneas

de arveja exhibieron una morfología estadísticamente homogénea respecto a esta característica bajo las condiciones del Valle Huaral. Debido a que el resultado de la prueba global no fue significativo, no fue necesario realizar pruebas post-hoc de comparación múltiple.

El análisis de la variable granos por vaina mediante la prueba de Friedman no reveló diferencias estadísticamente significativas entre las variedades evaluadas, χ^2 (9) = 10.23, $p = .332$. Dado que el valor p (0.332) es mayor que el nivel de significancia comúnmente establecido ($\alpha = 0.05$), se acepta la hipótesis nula. Esto indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que exista una diferencia real en el número de granos por vaina entre al menos una de las variedades estudiadas. En consecuencia, todas las variedades se comportan de manera similar con respecto a esta variable y no fue necesario realizar pruebas de comparación múltiple post-hoc.

Tabla 6

Análisis de varianza para la variable tamaño rama

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	103.6	3	34.55	1.17	0.338
Variedad (Líneas de Arveja)	519.9	9	57.77	1.96	0.085
Error Experimental	794.3	27	29.42		
Total	1417.8	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. La Media General fue 28.526. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 19.01%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.4398.

El análisis de varianza (ANOVA) fue realizado para evaluar el efecto del factor variedad. Los resultados indican que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las distintas variedades evaluadas, F (9, 27) = 1.96, $p = .085$. Aunque se observa una tendencia, el valor de probabilidad ($p = .085$) es superior al nivel de significancia alfa ($\alpha = .05$), por lo que se acepta la hipótesis nula. Esto sugiere que, bajo las condiciones de este estudio, todas las variedades tuvieron un comportamiento estadísticamente similar.

Adicionalmente, el efecto del bloque no fue significativo, $F(3, 27) = 1.17$, $p = .338$, lo que indica que la formación de bloques no fue efectiva para controlar una fuente importante de variación; es decir, las condiciones a lo largo de los bloques eran bastante homogéneas. El modelo en su conjunto explicó el 44.0% de la variabilidad total de los datos ($R^2 = .4398$), aunque el R cuadrado ajustado (R^2 ajustado = .1908) ofrece una estimación más conservadora de la varianza explicada. El coeficiente de variación (CV) de 19.01% se considera bueno, lo que sugiere una precisión y control adecuados en la ejecución del experimento. La media general observada fue de 28.53.

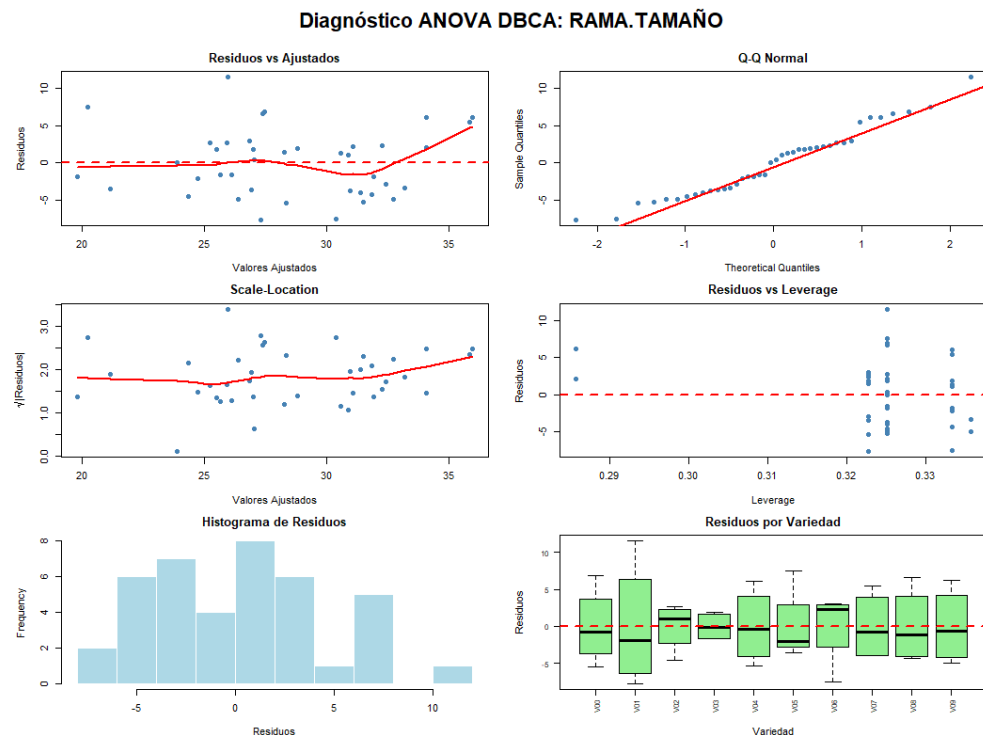


Figura 5. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para tamaño de ramas

El análisis diagnóstico de los residuos del modelo ANOVA para la variable tamaño de ramas reveló violaciones significativas de los supuestos estadísticos fundamentales, comprometiendo la validez de sus resultados.

Se constató un incumplimiento del supuesto de normalidad. El gráfico Q-Q Normal evidenció una distribución leptocúrtica (de colas pesadas), con desviaciones sistemáticas en ambos extremos de la línea teórica. Esta observación fue reforzada por el histograma, que, aunque centrado en cero, presentó una dispersión mayor a la esperada. El análisis de apalancamiento, si bien no detectó observaciones influyentes, sí confirmó la presencia de datos atípicos con residuos elevados que contribuyen a dicha falta de normalidad.

Asimismo, el modelo infringe el supuesto de homocedasticidad. El gráfico de Scale-Location mostró un patrón curvo con tendencia ascendente, indicando la presencia de heteroscedasticidad, es decir, la varianza de los errores no es constante. Esta falta de homogeneidad fue corroborada por las marcadas diferencias en la dispersión de los residuos entre las distintas variedades, como se observó en los diagramas de caja.

Finalmente, el supuesto de linealidad también fue violado, como lo demuestra el patrón curvilíneo en forma de "U" en el gráfico de Residuos vs. Valores Ajustados, lo que indica un ajuste inadecuado del modelo lineal.

Tabla 7

Análisis de varianza para la variable número de ramas

Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	85.90	3	28.64	1.76	0.18
Variedad (Líneas de Arveja)	149.60	9	16.62	1.02	0.45
Error Experimental	440.70	27	16.32		
Total	676.20	39			

Nota. SC = Suma de Cuadrados; gl = grados de libertad; CM = Cuadrado Medio. La Media General fue 11.402. El Coeficiente de Variación (CV) del experimento fue de 35.43%. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.3483.

El análisis estadístico no encontró diferencias significativas en el número de ramas por planta entre las variedades estudiadas, $F(9, 27) = 1.02$, $p = .451$. Dado que el valor p (.451) es mucho mayor que el nivel de significancia comúnmente aceptado ($\alpha = 0.05$), se concluye que no hay evidencia estadística para afirmar que alguna variedad sea superior a otra en cuanto a la producción de ramas. El efecto del bloque tampoco fue significativo ($p = .180$), lo que sugiere que las condiciones a lo largo del experimento eran homogéneas. El modelo en su conjunto explica aproximadamente el 34.8% de la variabilidad en el número de ramas ($R^2 = .3483$). Sin embargo, el R cuadrado ajustado es muy bajo ($R^2 \text{ ajustado} = .0586$), indicando un poder predictivo débil del modelo. El coeficiente de variación (CV) de 35.43% se considera moderado, lo que refleja una considerable dispersión en los datos que no es explicada por los factores controlados (variedad y bloque). En promedio, las plantas presentaron 11.40 ramas.

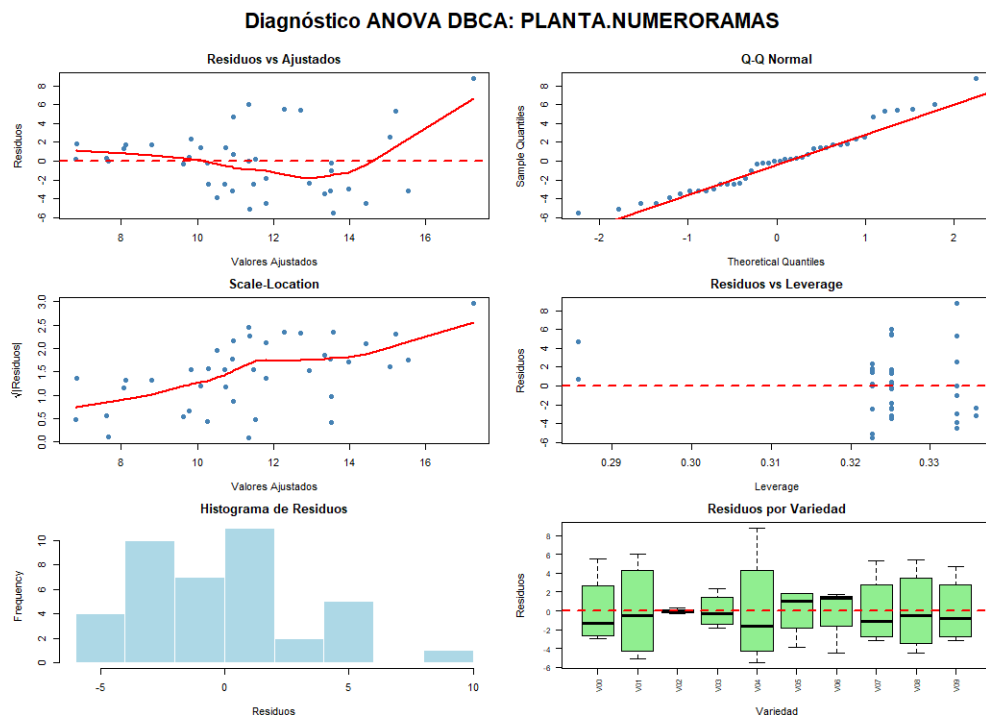


Figura 6. Gráficos de diagnóstico para la validación de supuestos para número de ramas

El diagnóstico gráfico de los residuos del modelo de Análisis de Varianza (ANOVA) indica un cumplimiento robusto de los supuestos paramétricos, validando la fiabilidad de sus inferencias estadísticas. El supuesto de normalidad se cumple de manera excelente, como lo demuestra la precisa alineación de los puntos en el gráfico Q-Q Normal y la distribución simétrica en forma de campana del histograma. Adicionalmente, el análisis de apalancamiento confirma la ausencia de observaciones influyentes que pudieran distorsionar las estimaciones del modelo.

Asimismo, los supuestos de homocedasticidad y linealidad se consideran satisfechos, a pesar de desviaciones menores. El gráfico de Residuos vs. Valores Ajustados muestra una distribución aleatoria de los puntos, aunque con una ligera curvatura en la línea de tendencia que no se considera invalidante. Si bien el gráfico de Scale-Location insinúa una heteroscedasticidad muy leve, esta es contrarrestada por la buena homogeneidad de varianzas observada entre los diferentes grupos en los diagramas de caja.

Análisis y Discusión

En términos generales, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las líneas genéticas evaluadas para ninguno de los componentes de rendimiento (comercial y no comercial), ni para los rasgos morfológicos de vaina, ni para los atributos de arquitectura de planta. En rendimiento comercial, el número de vainas (ANOVA: $F = 1.16$; $p = 0.360$) y el peso (ANOVA: $F = 1.17$; $p = 0.352$) fueron equivalentes entre líneas. El rendimiento no comercial siguió el mismo patrón: número de vainas (ANOVA: $F = 0.56$; $p = 0.815$) y peso (Friedman: $\chi^2 = 6.41$; $p = 0.699$) sin evidencias de diferencias. En morfología de vaina, la longitud (ANOVA: $F = 1.10$; $p = 0.394$), el ancho (Friedman: $\chi^2 = 7.84$; $p = 0.550$) y los granos por vaina (Friedman: $\chi^2 = 10.23$; $p = 0.332$) tampoco mostraron efectos de variedad. En arquitectura de planta, el tamaño de rama reveló solo una tendencia no significativa (ANOVA: $F = 1.96$; $p = 0.085$), mientras que el número de ramas fue claramente no significativo (ANOVA: $F = 1.02$; $p = 0.451$).

En paralelo, el factor bloque no fue significativo en prácticamente todas las tablas (p.ej., $F = 2.07$; $p = 0.128$ para vainas comerciales; $F = 1.71$; $p = 0.189$ para peso comercial; $F = 2.26$; $p = 0.104$ para longitud; $F = 1.17$; $p = 0.338$ para tamaño de rama; $F = 1.76$; $p = 0.180$ para número de ramas), lo que sugiere que la estrategia de bloqueo no capturó fuentes importantes de heterogeneidad o que el sitio fue relativamente homogéneo respecto de la variación que afectó a estas respuestas. En términos prácticos, el bloqueo no contribuyó a reducir el error experimental.

La lectura de los gráficos diagnósticos revela, con matices entre variables, violaciones relevantes a la homocedasticidad (patrones ascendentes en Scale–Location), a la linealidad (curvaturas en residuos vs. ajustados) y, en algunos casos, a la normalidad (desviaciones sigmoideas en Q–Q plot, colas pesadas, presencia de atípicos). Si bien para ciertas variables (p. ej., número de vainas comerciales y longitud de vaina) la normalidad de residuos se consideró adecuada y no hubo observaciones influyentes, la heteroscedasticidad y la no linealidad se repiten como problemas

estructurales. En las variables con distribución claramente no normal (p. ej., peso no comercial, ancho de vaina, granos por vaina), el uso de Friedman fue metodológicamente correcto dado el DBCA y la falta de normalidad; los resultados fueron igualmente no significativos. En conjunto, estas evidencias limitan la robustez de las conclusiones basadas en ANOVA clásico y refuerzan la interpretación de ausencia de diferencias detectables más por falta de precisión que por equivalencia biológica estricta.

El objetivo general del estudio fue evaluar el rendimiento agronómico de diez líneas de arveja (*Pisum sativum* L.) en el Valle de Huaral, 2024; en términos globales, los resultados indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre líneas para los componentes de rendimiento (número y peso de vainas comerciales y no comerciales), así como para rasgos de morfología de vaina (longitud, ancho y granos por vaina) y arquitectura de planta (tamaño y número de ramas). Estos hallazgos deben interpretarse a la luz de coeficientes de variación elevados en variables de rendimiento (p. ej., CV = 69,43% en número de vainas comerciales y 80,96% en peso comercial) y R^2 modestos, lo cual sugiere precisión experimental limitada que reduce la potencia para discriminar entre genotipos bajo las condiciones del ensayo.

También se tiene la investigación de Cadena-Guerrero et al. (2021) donde reportaron genotipos superiores (ARUDN-3562 y VOUDN-7350) por rendimiento y estabilidad. Nuestros datos no corroboran la existencia de superioridad entre las líneas evaluadas, pues el efecto de variedad fue no significativo tanto para número como para peso de vainas comerciales ($F = 1,16$; $p = 0,360$ y $F = 1,17$; $p = 0,352$, respectivamente). Dada la alta variabilidad residual observada, esta contradicción aparente podría explicarse por diferencias ambientales/regionales y, sobre todo, por baja precisión del experimento que limita la detección de ventajas genéticas sutiles.

En el caso de Checa et al. (2020) identificaron líneas de alto rendimiento con adaptación/estabilidad específica de ambiente. El que en Huaral no se hayan detectado diferencias entre diez líneas no contradice necesariamente esos hallazgos: refuerza la noción de fuerte interacción genotipo por ambiente y subraya que, en este sitio y ciclo, las líneas se comportaron estadísticamente equivalentes en rendimiento.

Por otro lado, Riascos & Checa (2020) mostraron correlaciones genéticas significativas entre componentes de rendimiento y que la longitud de vaina podría usarse para seleccionar peso de vaina. En nuestro estudio no hubo diferencias entre líneas para longitud de vaina ($F = 1,10$; $p = 0,394$), con CV moderado-alto (26,17%) y bajo ajuste del modelo; además, no se efectuó análisis de correlación genética. Por ello, no es posible confirmar su conclusión; más bien, la homogeneidad fenotípica y la variación residual dificultaron poner a prueba ese patrón correlacional.

Para Mattia (2024) se reportó varias líneas promisorias con rendimientos aceptables que no difirieron entre sí. Esto coincide parcialmente con nuestros hallazgos: en Huaral, las diez líneas no se diferenciaron estadísticamente en los componentes de rendimiento, lo cual es coherente con bloques de líneas promisorias de desempeño semejante. Sin embargo, los valores de rendimiento absoluto de Mattia no son directamente comparables, ya que aquí se analizaron principalmente conteos y pesos por parcela con alta variabilidad, no estimaciones de rendimiento por hectárea con manejo optimizado.

Además, Arce (2023) mostró que modalidades de siembra mejoradas superan a la siembra tradicional en rendimiento. Nuestro ensayo no manipuló el sistema de siembra y registró CV muy altos en rendimiento, por lo que no permite contrastación directa; no obstante, sus resultados coinciden con la interpretación de que factores de manejo pueden dominar la variación del rendimiento e influir en la precisión del experimento.

Asimismo, Raymundo (2022) observó efectos marcados de fertilizantes foliares (p. ej., 20,56 t/ha con la combinación óptima). A diferencia de ese estudio centrado en manejo, aquí la variedad no mostró efectos significativos bajo las condiciones establecidas; por tanto, existe una divergencia de foco más que una contradicción científica: el manejo sí puede generar grandes diferencias, mientras que entre las líneas aquí evaluadas no se evidenciaron contrastes bajo el manejo empleado.

Zuñiga (2021) documentó presión de plagas diferencial en asociaciones haba–arveja. Aunque en nuestro estudio no se midió incidencia de plagas, los altos CV en rendimiento son compatibles con la hipótesis de microheterogeneidad biótica/abiótica en el campo, lo que podría haber enmascarado diferencias genéticas.

Paulino (2024) encontró diferencias de rendimiento entre materiales (p. ej., Usui > C3F9-T13b > C3F9-T5) sin fertilización, lo cual contrasta con nuestros resultados sin diferencias entre diez líneas en Huaral. Este contraste sugiere importancia de sitio, germoplasma y año, y refuerza la posibilidad de interacción G×E; adicionalmente, nuestros R^2 bajos y CV altos reducen la capacidad de detectar diferencias reales pequeñas a moderadas.

Para el primer objetivo específico, evaluar la influencia de las líneas de arveja sobre las características morfológicas de las ramas, considerando el tamaño y número de ramas por planta. Arquitectura de la planta: tamaño y número de ramas se tiene los hallazgos que no se detectaron diferencias entre líneas ni para tamaño de rama (tendencia: $F = 1,96$; $p = 0,085$; $R^2 = 0,4398$; $CV = 19,01\%$) ni para número de ramas ($F = 1,02$; $p = 0,451$; $CV = 35,43\%$). Estos resultados no contradicen a Checa et al. (2020) ni a Riascos & Checa (2020), pues sus conclusiones se centran en componentes de rendimiento (número de vainas, peso de 100 granos, adaptación y resistencia a enfermedades), más que en morfología de ramas. En términos metodológicos, la precisión fue aceptable para tamaño de rama ($CV \approx 19\%$) pero insuficiente para discriminar diferencias sutiles; en número de ramas la dispersión fue mayor ($CV \approx 35\%$). Raymundo (2022) señaló efectos del manejo (fertilización foliar) sobre altura de planta y peso de vainas por planta; tal énfasis en manejo complementa nuestros resultados al indicar que factores no genéticos pueden dominar rasgos arquitectónicos y de acumulación de biomasa, lo cual puede diluir el contraste entre líneas en escenarios con alta variabilidad residual.

Asimismo, para el segundo objetivo específico analizar las líneas de arveja sobre las características productivas de las vainas, incluyendo longitud, ancho, número de granos, número y peso bajo condiciones experimentales del Valle Huaral; sobre la morfología y productividad de vaina: longitud, ancho, granos por vaina, número y peso

se ha obtenido como resultados para la longitud de vaina mostró media $\approx 11,24$ cm y no presentó diferencias entre líneas ($F = 1,10$; $p = 0,394$), con $CV = 26,17\%$ y ajuste bajo ($R^2 = 0,382$). Tanto ancho como granos por vaina evaluados con Friedman también fueron no significativos ($\chi^2 = 7,84$; $p = 0,550$ y $\chi^2 = 10,23$; $p = 0,332$, respectivamente). En rendimiento por vaina, número y peso de vainas comerciales no difirieron entre líneas, replicándose el patrón en el componente no comercial (ANOVA no significativo; Friedman no significativo para peso). Estos hallazgos coinciden parcialmente con la literatura que reporta alta variabilidad y la necesidad de seleccionar por ambientes (Cadena-Guerrero; Checa), pero no confirman asociaciones específicas (Riascos & Checa) por la homogeneidad entre líneas y la falta de potencia para correlacionar rasgos.

Con respecto a valores reportados por Mattia (2024) sobre longitud de vaina ($\approx 9,6$ – $10,64$ cm en distintas líneas), nuestra media de $\approx 11,24$ cm se sitúa ligeramente por encima, lo que sugiere adecuada expresión morfológica del gremoplasma en Hualar; sin embargo, la equivalencia estadística entre líneas matiza la utilidad selectiva de esta variable en este ciclo.

Sobre prácticas de manejo, Arce (2023) y Alvarez (2022) mostraron que distanciamientos/ modalidades de siembra afectan el rendimiento, y Raymundo (2022) que la fertilización foliar eleva drásticamente la producción. Dado que en nuestro estudio el factor de interés fue la variedad y se evidenció alta variabilidad residual, es plausible que microheterogeneidad de manejo/sitio haya contribuido a enmascarar diferencias en número y peso de vaina. Esta lectura es consistente con CV elevados en los componentes de rendimiento.

Finalmente, los efectos de bloque fueron no significativos en casi todas las variables, lo que indica que la estrategia de bloqueo no redujo el error residual de forma apreciable en este ensayo; ello respalda la conveniencia de diseños más eficientes o modelamientos espaciales en futuras evaluaciones para mejorar la precisión.

Conclusiones

- Se logro evidenciar mediante las pruebas estadísticas que no se encontraron diferencias entre líneas en rendimiento comercial: número de vainas ($F=1.16$; $p=0.360$) y peso ($F=1.17$; $p=0.352$). La precisión fue limitada ($CV=69.43\%$ y 80.96% ; R^2 bajos). Se concluyó desempeño equivalente bajo alta variabilidad experimental.
- No se detectaron efectos de línea en arquitectura, tamaño de rama mostró tendencia ($F=1.96$; $p=0.085$; $CV=19.01\%$; $R^2\approx 0.44$) y número de ramas no fue significativo ($F=1.02$; $p=0.451$; $CV=35.43\%$). Se infirió que diferencias sutiles no emergieron.
- Las características de vaina no difirieron entre líneas: longitud ($F=1.10$; $p=0.394$; $CV=26.17\%$; $R^2\approx 0.38$), ancho (Friedman $\chi^2=7.84$; $p=0.550$) y granos por vaina ($\chi^2=10.23$; $p=0.332$). También el rendimiento comercial resultó no significativo. Se concluyó equivalencia estadística.

Recomendaciones

- Aumentar la precisión experimental; elevando el número de repeticiones y/o tamaño de parcela, estandarizar densidad, fertilización y control fitosanitario, y registrar covariables edáficas/microclimáticas.
- Ampliar el alcance analítico y de ambientes mediante la implementación de ensayos multiambiente y factoriales con densidad/fertilización para desagregar $G \times E$ y manejo.
- Integrar calidad comercial y sanidad para monitorear plagas clave localmente para reducir varianza residual y documentar su incidencia. Complementar el rendimiento con métricas de calidad (uniformidad de vaina, color, calibre, peso de 100 semillas) y establecer umbrales de aceptación que orienten la recomendación varietal para productores del Valle de Huaral

Referencias bibliográficas

- Álvarez, E., Torres, Y., & Urrutia, M. (2024). Evaluación de la productividad del cultivo de arveja (*pisum sativum* l.) bajo sistemasde siembra tradicional y tutorado en mombita municipio de aquitania(boyacá). *Agricolae & Habitat*, 7(2), 39-54. <https://doi.org/10.22490/26653176.8062>
- Alvarez, C. F. (2022). *Comportamiento de componentes agronómicos y de rendimiento bajo distaciamientos de siembra en Pisum sativum L. "arveja", en Zungarococha, distrito de San Juan Bautista - Loreto. 2021.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8272>
- Arce, M. W. (2023). *Efecto de tres modalidades de siembra en el rendimiento de grano seco de arveja (Pisum sativum L.) en Cajamarca.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca). <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5954>
- Bautista, E. and Ramírez, B. (2024). Análisis de experimentos factoriales para la investigación agronómica mediante software estadístico. *Revista Científica Del Sistema De Estudios De Postgrado De La Universidad De San Carlos De Guatemala*, 7(2), 17-30. <https://doi.org/10.36958/sep.v7i2.299>
- Borges, L., Nascimento, A., & Morgado, C. (2022). Agricultura de precisão: ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. *Scientific Electronic Archives*, 15(3). <https://doi.org/10.36560/15320221520>
- Borrego-Escalante, F., Robles-Salazar, V., Murillo-Soto, M., Benítez, A., & Benavides-Mendoza, A. (2023). Rendimiento y calidad de fruto en tomate, diferencias genóticas y estabilidad en tres ambientes agronómicos. *Agraria*, 19(2), 35. <https://doi.org/10.59741/agraria.v19i2.16>

- Cadena-Guerrero, M., Yepes-Chamorro, D., & Romero, J. (2021). Estabilidad fenotípica de arveja (*Pisum sativum* L.) en la zona productora de nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 841-853. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.41408>
- Cavalcante, W., Silva, N., Teixeira, M., Neto, G., Filho, F., Cunha, F., ... & Côrrea, F. (2022). Tecnologias e inovações no uso de drones na agricultura / technologies and innovations in the use of drones in agriculture. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 7108-7117. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-481>
- Cernay, C., Ben-Ari, T., Pelzer, E., Meynard, J., & Makowski, D. (2015). Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. *Scientific Reports*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/srep11171>
- Checa, O., Portilla, D., & Rodríguez, M. (2022). Adaptabilidad y estabilidad fenotípica para el rendimiento en vaina verde de 20 líneas de arveja voluble (*Pisum sativum* L.) con gen afila. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 73-84. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1977>
- Checa, O. E., Getial, J. A., & Rodríguez, D. M. (2020). Evaluación de ocho líneas de arveja arbustiva (*Pisum sativum* L.) en seis ambientes de la zona cerealista de Nariño. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(1), e1211. Epub June 30, 2020. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1211>
- Cruz-Medina, R. and Hernández-Jasso, A. (2024). Analisis computacional de la interaccion genotipo-ambiente con el modelo ammi. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 17(1), 103. <https://doi.org/10.35196/rfm.1994.1.103>
- Gomes, F., Lima, J., & Neto, L. (2021). Aplicações da termografia na agricultura. *Agrarian Academy*, 8(16). https://doi.org/10.18677/agrarian_academy_2021b9

- Guerrero, K., Molina, J., Ramírez, D., Moreno, L., Yzquierdo, G., Moscoso, M., ... & Gómez, D. (2024). Desempeño fisiológico de semillas de sorgo dulce en respuesta a la aplicación de retardantes de crecimiento. *Aci Avances en Ciencias E Ingenierías*, 16(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.2998>
- Hernández, A., Carrillo, A., Estrada, J., González, M., Velázquez, S., & Jiménez, L. (2018). Fenología, biomasa y análisis de crecimiento de cultivares de sorgo forrajero en valles altos. *Agronomía Costarricense*, 42(2). <https://doi.org/10.15517/rac.v42i2.33782>
- Kumar, S., Ambreen, H., Variath, M., Rao, A., Agarwal, M., Kumar, A., ... & Jagannath, A. (2016). Utilization of molecular, phenotypic, and geographical diversity to develop compact composite core collection in the oilseed crop, safflower (*carthamus tinctorius* l.) through maximization strategy. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01554>
- Lafon, E. N. (2022). *Evaluación del comportamiento de diez variedades de arveja en la chacra experimental de la facultad de Agronomía de Azul, Prov. Bs. As.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires). <https://ridaa.unicen.edu.ar/items/61ccbaba-f695-4e51-8171-135e0f63525e>
- Laura, L. L. (2023). *Caracterización morfológicas y fenológicas de diez accesiones de arveja (Pisum sativum L.) en condiciones de invernadero en C.E. Camacani – Puno.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano). <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20767>
- Mattia, D. L. (2024). *Comportamiento de líneas F7 de arveja (Pisum sativum L.) de la cruza Utrillo x Remate en condiciones de La Molina.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/f6f068e7-73eb-4bea-aa2e-993bc14e03d2>

- Melo, M., Costa, K., Bousse, G., Vaz, C., Oliveira, C., Melo, N., ... & Moraes, F. (2024). Importância da agricultura de precisão para a eficiência da produção agrícola: uma revisão. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 17(5), e6760. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.5-102>
- Méndez-Argüello, B., Vera-Reyes, I., Mendoza-Mendoza, E., García-Cerda, L., Puente-Urbina, B., & Saldívar, R. (2016). Promoción del crecimiento en plantas de capsicum annuum por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova Scientia*, 8(17), 140. <https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.544>
- Mendoza, P., Castro, D., Rosales, G., Sánchez, D., & Llanos, R. (2021). Uso del modelo ammi para el análisis de la interacción genotipo ambiente en variedades de maíz amiláceo de tayacaja, Perú. *Tayacaja*, 4(1), 09-24. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.149>
- Mogollón, M., Barrera, Y., & Pastrana, Á. (2023). Tipología de productores de arveja (*pisum sativum* L.) en los municipios córdoba y puerres, nariño, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 20(2), 15543. <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n2.2023.15543>
- Paulino, R. R. (2024). *Descripción varietal y rendimiento en grano seco de líneas promisorias de arveja (pisum sativum L.) De la crusa de utrillo x usui en condiciones de Marcará – Carhuaz – Áncash – 2023*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo). <https://repositorio.unasam.edu.pe/item/3801e78f-01b0-419a-a191-e61f883ba75e>
- Pérez, M., Mangui, J., Curay-Quispe, S., Yáñez-Villacis, J., & Chicaiza-Chicaiza, J. (2025). Influencia de la biofertilización en el rendimiento de arveja (*pisum sativum*) de crecimiento indeterminado var. san isidro. *Revista De Ciencias Agropecuarias Allpa*, 8(15), 99-109. <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i15.0106>

- Pérez, M., Mangui, J., Curay-Quispe, S., Yáñez-Villacis, J., & Chicaiza-Chicaiza, J. (2025). Influencia de la biofertilización en el rendimiento de arveja (*Pisum sativum*) de crecimiento indeterminado var. san isidro. *Revista De Ciencias Agropecuarias Allpa*, 8(15), 99-109. <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i15.0106>
- Raymundo, J. E. (2022). Comportamiento agronómico de cuatro variedades de arveja (*Pisum sativum* l) a la aplicación de abonos foliares bajo condiciones del Distrito de Tapuc Provincia de Daniel Alcides Carrión - Región Pasco. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3771>
- Riascos, M. E., & Checa, O. E. (2020). Correlaciones genéticas en arveja (*Pisum sativum* L.) tipo afila. *Agronomía Costarricense*, 44(2). <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43089>
- Rojas, P. and Cordero, W. (2022). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la nodulación de arveja en un suelo andisol de la angelina, cartago. *Repertorio Científico*, 24(2), 8-14. <https://doi.org/10.22458/rc.v24i2.3888>
- Rojas, P. and Cordero, W. (2022). Fijación biológica de nitrógeno en arveja (*Pisum spp*) mediante técnicas isotópicas del n15, en un suelo andisol, llano grande cartago. *Repertorio Científico*, 24(2), 1-7. <https://doi.org/10.22458/rc.v24i2.3887>
- Ruiz, V., Rocha, L., & Savé, R. (2021). Drought tolerance of *Paspalum notatum* subjected to defoliation. *Ecosistemas*, 30(3), 2204. <https://doi.org/10.7818/ecos.2204>
- Sahagún-Castellanos, J. (2024). Evaluación de genotipos en series de experimentos: diferencias en parámetros genéticos generados en dos modelos. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 17(2), 116. <https://doi.org/10.35196/rfm.1994.2.116>
- Torres-Martínez, F., Rivadeneira-Miranda, C., & Castillo-Marín, Á. (2020). Producción y comercialización de arveja en el departamento de nariño-colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 129-140. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.36776>

- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D., Huang, Y., ... & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9326-9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
- Zuñiga, A. (2021). *Monitoreo de los efectos de las plagas en cultivo asociado de haba (vicia faba l.) y arveja (Pisum Sativum l.) en la provincia de Acobamba*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica). <https://repositorio.unh.edu.pe/items/430ce39b-2ecc-42e5-bdde-a16af50d64cf>

Anexo

Anexo 01: Cuadro de conceptualización y operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala
Rendimiento de las líneas de arveja	Desde el punto de vista teórico en agronomía, el rendimiento de un cultivo se entiende como la cantidad de producto cosechado por unidad de área (por ejemplo, en kg/ha), lo que refleja la eficiencia en la conversión de recursos (agua, nutrientes y energía solar) en biomasa comercializable (Cernay et al., 2015). En el caso de la arveja, dicho rendimiento no solo depende de las condiciones ambientales y del manejo agronómico, sino que también está fuertemente influenciado por la capacidad genética de cada línea para aprovechar de forma óptima dichos recursos. Estudios recientes han demostrado que las variaciones en la temperatura y en la disponibilidad hídrica pueden reducir el rendimiento final, siendo este parámetro el resultado de la interacción compleja de factores fisiológicos, genéticos y ambientales (Zhao et al., 2017).	Operacionalmente, el rendimiento se medirá mediante ensayos de campo estandarizados en los cuales se cuantificará el peso seco de la semilla cosechada por hectárea, asegurando la aplicación de protocolos comparables en diferentes sitios y temporadas experimentales. Esta variable se empleará para evaluar la eficacia y estabilidad de las líneas de arveja bajo las condiciones agroclimáticas específicas del Valle Huaral.	Rama	Tamaño de la rama		
				Número de ramas		

Línea de arveja	El concepto de línea o genotipo en el contexto de fitotecnia se refiere al material genético definido y estable obtenido a través de procesos de selección y mejoramiento, lo cual determina la capacidad intrínseca del cultivo para responder a estímulos ambientales y para expresar características agronómicas deseables, tales como la eficiencia en el uso de nutrientes y la tolerancia al estrés. En la literatura reciente se ha resaltado que la diversidad genética y fenotípica existente entre diferentes líneas de arveja es fundamental para enfrentar la variabilidad de las condiciones de cultivo, permitiendo la identificación de genotipos con mayor potencial de rendimiento y estabilidad (Kumar et al., 2016).	La operacionalización de esta variable implicará la identificación y clasificación de las líneas mediante análisis fenotípicos y genéticos en ensayos de campo, utilizando modelos estadísticos como el AMMI para descomponer la interacción genotipo-ambiente y determinar la estabilidad y adaptabilidad de cada línea (Kumar et al., 2016). Así, mediante una comparación directa se podrá establecer el vínculo entre las características intrínsecas de cada línea y su rendimiento medido en condiciones reales de cultivo. Con ello, se articula un enfoque de investigación en el que el rendimiento de las líneas (variable dependiente) se relacionará directamente con las características genéticas y fenotípicas de las mismas (variable independiente), permitiendo evaluar, bajo condiciones específicas del Valle Huaral, la capacidad de cada línea para ofrecer un rendimiento superior y estable. Esto se sustenta en marcos teóricos que integran factores fisiológicos, genéticos y ambientales, y se orienta a aportar al desarrollo de estrategias de mejoramiento y manejo agronómico en estudios recientes (Zhao et al., 2017; Cernay et al., 2015).	Vaina	Número de vaina no comercial		
				Peso no comercial		
				Longitud		
				Ancho		
				Número de granos		
				Número de vaina comercial		
				Peso comercial		

Anexo 02: Matriz de consistencia

Problema	Variables	Objetivos	Hipótesis	Metodología
¿cuál es el rendimiento comparativo de diferentes líneas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) cultivadas bajo las condiciones agroclimáticas específicas del Valle Huaral durante la campaña agrícola 2024?	Rendimiento de las líneas de arveja Línea de arveja	Objetivo general Evaluar el rendimiento agronómico de diez líneas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) en las condiciones del Valle Huaral, 2024.	Hipótesis general Existen diferencias significativas en el rendimiento agronómico entre las diez líneas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) evaluadas en las condiciones del Valle Huaral, 2024.	La investigación se clasifica como de carácter básico y de tipo explicativa, bajo un marco prospectivo. Se optó por un diseño experimental de tipo explicativo. La población experimental está conformada por 990 plantas distribuidas en 11 tratamientos, cada uno correspondiente a una línea o genotipo de arveja. Dado que se trata de un estudio en el que se desea evaluar la totalidad del material disponible para obtener resultados robustos y representativos, se optará por trabajar con toda la población, sin efectuar muestreo, facilitando así la evaluación integral de cada línea bajo las condiciones agroclimáticas del Valle Huaral (Greveniotis et al., 2021). La técnica principal para la recolección de datos será la observación directa en los ensayos de campo, complementada por la utilización de fichas de observación diseñadas específicamente para registrar las variables relevantes (parámetros de crecimiento, fenología y rendimiento en kg/ha).
		Objetivos Específicos • Evaluar la influencia de las líneas de arveja sobre las características morfológicas de las ramas, considerando el tamaño y número de ramas por planta. • Analizar las líneas de arveja sobre las características productivas de las vainas, incluyendo longitud, ancho, número de granos, número y peso bajo condiciones experimentales del Valle Huaral.	Hipótesis específicas • Las diferentes líneas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) presentan diferencias significativas en las características morfológicas de las ramas, específicamente en el tamaño y número de ramas por planta, bajo las condiciones del Valle Huaral. • Las líneas de arveja (<i>Pisum sativum</i> L.) evaluadas muestran diferencias significativas en las características productivas de las vainas, tales como longitud, ancho, número de granos, número y peso, en el contexto experimental del Valle Huaral.	

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
Morales Veramatos, Jonathan miguel		45218767	jmoralesveramatos24@gmail.com Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional			
☐ Bachiller	☐ Título Profesional	☒ Título Segunda Especialidad	☐ Maestría ☐ Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Comportamiento en el rendimiento de diferentes Líneas de arveja (Pisum sativum L.) en condiciones del valle de Huaral.			
5. Programa Académico			
Ingeniería Agrónoma			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público * (info:cu-repo/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido * (info:cu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)	
Embargo (Máximo 24 meses) (info:cu-repo/semantics/embargoedAccess)		Fecha de Liberación de embargo: ____ / ____ / ____ (Formato: día / mes / año)	
(*) En caso de restringido y embargo sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶

Huella Digital




Firma

Ciudad Día Mes Año
Chimbote 15 01 26

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art 8, inciso 8.2.
- Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio AUCIA".

Nota. - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

COMPORTAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE DIFERENTES LÍNEAS DE ARVEJA (Pisum Savitum L.) EN CONDICIONES DEL VALLE HUARAL.

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%	28%	%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	5%
2	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	www.scielo.sa.cr Fuente de Internet	2%
7	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	1%

9	revistas.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
12	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	www.dspace.uce.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1 %
14	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
15	sired.udenar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

dspace.udla.edu.ec

20	Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
22	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
24	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Catolica San Antonio de Murcia Trabajo del estudiante	<1 %

31	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	1library.co Fuente de Internet	<1 %
33	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
34	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
35	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad de Manizales Trabajo del estudiante	<1 %
38	dadospdf.com Fuente de Internet	<1 %
39	mafiadoc.com Fuente de Internet	<1 %
40	revistas.udca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	<1 %

43	Submitted to CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA Trabajo del estudiante	<1 %
44	Submitted to unapiquitos Trabajo del estudiante	<1 %
45	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to University of Salford Trabajo del estudiante	<1 %
47	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
48	www.buhlmannlabs.ch Fuente de Internet	<1 %
49	fisiologiavegetal2014.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
50	laccei.org Fuente de Internet	<1 %
51	orientacion.universia.net.co Fuente de Internet	<1 %
52	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

54	Submitted to unasam Trabajo del estudiante	<1 %
55	www.semanticscholar.org Fuente de Internet	<1 %
56	www.wma.net Fuente de Internet	<1 %
57	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
58	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
59	elmundovino.elmundo.es Fuente de Internet	<1 %
60	gacetasanitaria.org Fuente de Internet	<1 %
61	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.tec.mx Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
65	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %

66	www.pharmaceutical-care.es Fuente de Internet	<1 %
67	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
68	docs.google.com Fuente de Internet	<1 %
69	ecoportal.net Fuente de Internet	<1 %
70	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
71	inba.info Fuente de Internet	<1 %
72	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
73	moam.info Fuente de Internet	<1 %
74	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
75	portal.amelica.org Fuente de Internet	<1 %
76	publications.iadb.org Fuente de Internet	<1 %
77	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

78	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
79	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
80	search.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
81	www.downtoearthnw.com Fuente de Internet	<1 %
82	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
83	www.rimisp.cl Fuente de Internet	<1 %
84	aprenderly.com Fuente de Internet	<1 %
85	archive.org Fuente de Internet	<1 %
86	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
87	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
88	revistas.unat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %