



Comparación agronómica de líneas avanzadas y variedades locales de haba (*Vicia faba*) en Cusco, Perú

Agronomic comparison of advanced lines and local varieties of faba bean (*Vicia faba*) in Cusco, Peru

Comparação agronômica de linhagens avançadas e variedades locais de fava (*Vicia faba*) em Cusco, Peru

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.432>

Edgar Huamán Tapara¹
edgarht2020@hotmail.com

Julio Cesar Huamán Tapara³
julio.huamant@unsaac.edu.pe

Kreuger Wilelmo Acuña Espinoza²
kreuger2022@gmail.com

Manuel Jorge Castillo Nole⁴
mcastillo@undac.edu.pe

Agustina Valverde Rodríguez²
avalverde@unheval.edu.pe

¹Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de Santa Rosa. Puno, Perú

²Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco, Perú

³Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Ciudad de Santo Tomás, Perú

⁴Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión: Cerro de Pasco. Cerro de Pasco, Perú

Artículo recibido: 6 de noviembre 2025 / Arbitrado: 22 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo comparar el rendimiento agronómico de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba desarrolladas en la Estación Experimental Andenes del Instituto Nacional de Innovación Agraria, ubicada en el distrito de Chinchero, Cusco. Se evaluaron el rendimiento en vaina verde, vaina seca y grano seco, así como variables morfoagronómicas relacionadas con la productividad del cultivo. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar con once tratamientos y tres repeticiones. Los resultados del análisis de varianza indicaron diferencias significativas entre los materiales evaluados en las variables de rendimiento. La línea Zepita presentó el mayor rendimiento en vaina verde, seguida de las líneas LA VSL e INIA 423. En vaina seca, LA VSL y Zepita destacaron con los valores más altos, mientras que en grano seco sobresalieron LM6 Verde y Zepita. El análisis de correlación mostró asociaciones consistentes entre el tamaño del grano y el rendimiento, lo cual refuerza la importancia de estos rasgos en la selección de materiales superiores. Se concluye que las líneas Zepita, LA VSL e INIA 423 presentan el mejor desempeño agronómico y muestran potencial para su incorporación en programas de mejoramiento y producción comercial en la región andina.

Palabras clave: Adaptabilidad; Genotipo; Mejoramiento genético; Producción; Rendimiento

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the agronomic performance of seven advanced lines and four local varieties of faba bean developed at the Andenes Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation, located in the district of Chinchero, Cusco. Green pod yield, dry pod yield, dry grain yield, and morpho-agronomic traits associated with productivity were evaluated. The experiment was conducted using a completely randomized block design with eleven treatments and three replications. Analysis of variance showed significant differences among materials for the yield components. The Zepita line recorded the highest green pod yield, followed by LA VSL and INIA 423. For dry pod yield, LA VSL and Zepita achieved the best performance, while LM6 Verde and Zepita stood out for dry grain yield. Correlation analysis revealed consistent associations between grain size and yield, highlighting these traits as relevant for selecting superior materials. The study concludes that Zepita, LA VSL, and INIA 423 exhibit the most favorable agronomic performance and show potential for incorporation into breeding programs and commercial production in the Andean region.

Key words: Adaptability; Genotype; Genetic improvement; Production; Performance

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o desempenho agronômico de sete linhagens avançadas e quatro variedades locais de fava, desenvolvidas na Estação Experimental Andenes do Instituto Nacional de Inovação Agrária, localizada no distrito de Chinchero, Cusco. Avaliaram-se o rendimento de vagem verde, vagem seca, grão seco e características morfoagronômicas associadas à produtividade. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso com onze tratamentos e três repetições. A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os materiais para os componentes de rendimento. A linhagem Zepita apresentou o maior rendimento de vagem verde, seguida por LA VSL e INIA 423. Em vagem seca, LA VSL e Zepita destacaram-se, enquanto LM6 Verde e Zepita obtiveram os maiores rendimentos de grão seco. A análise de correlação revelou associações consistentes entre o tamanho do grão e o rendimento, evidenciando a importância dessas características na seleção de materiais superiores. Conclui-se que Zepita, LA VSL e INIA 423 apresentam o melhor desempenho agronômico e possuem potencial para sua utilização em programas de melhoramento e produção comercial na região andina.

Palavras-chave: Adaptabilidade; Genótipo; Melhoramento genético; Produção; Rendimento

INTRODUCCIÓN

La especie *Vicia faba*, L., comúnmente conocido como el haba, es una leguminosa de estación fría, rica en proteínas y micronutrientes esenciales, cultiva principalmente en zonas de altitud media y alta del país, con una altitud que oscila entre los 1800 y 3000 m sobre el nivel del mar (1). Desempeña un papel fundamental en la mejora de la estructura de la tierra y contribuye al mantenimiento de los polinizadores silvestres (2). Contribuye en gran medida a la agricultura sostenible y a la mitigación del cambio climático, por el proceso de fijación de nitrógeno en el suelo que resulta en la mejora del mismo, además de su contribución en el aumento del secuestro de carbono en el suelo (3, 4) y también contribuye a la conservación de la biodiversidad y la diversificación de cultivos en los sistemas agrícolas así como la contribución a la seguridad alimentaria al diversificar las dietas para el hombre pobre (5, 6).

Su producción es fundamental en la alimentación humana y animal dado su alto contenido proteico y su capacidad de fijación de nitrógeno en el suelo, lo que mejora la fertilidad agrícola (7, 8). En el Perú, la producción se ha mantenido estable con una superficie de cultivo que representa aproximadamente el 2,24% de la producción mundial hasta el año 2016 (9), a nivel regional de Cusco, la producción de haba enfrenta limitaciones relacionadas con la falta

de variedades mejoradas que sean resistentes a factores bióticos y abióticos, así como con la necesidad de optimizar los rendimientos mediante la selección de genotipos de alto potencial productivo (10).

Uno de los desafíos en la evaluación del rendimiento y la calidad de las habas es la respuesta diferencial de los genotipos a las condiciones ambientales variables (11). Las fluctuaciones ambientales pueden tener un impacto significativo en el rendimiento, volviéndolo inestable (12). Para afrontar este problema, es importante utilizar genotipos ampliamente adaptables que puedan desempeñarse bien en una variedad de entornos (13, 14).

El desarrollo y manejo de líneas avanzadas de *Vicia faba* es clave para mejorar la productividad y la adaptación del cultivo a distintas condiciones agroecológicas (15). Estas líneas provienen de programas de mejoramiento genético orientados a combinar atributos deseables como alto rendimiento, resistencia a enfermedades y tolerancia a estreses abióticos (16). La selección de genotipos superiores se fundamenta en la evaluación de parámetros agronómicos como rendimiento en grano seco, precocidad, y resistencia a estreses bióticos y abióticos (17).

La adaptación local de estas líneas es esencial debido a la variabilidad climática y edáfica del país. Asimismo, la participación de los agricultores

en la selección y manejo favorece su adopción y sostenibilidad (18). Finalmente, el manejo agronómico adecuado —como fechas óptimas de siembra, densidad de plantación y control integrado de plagas y enfermedades es determinante para maximizar el potencial productivo de estas líneas (19).

El rendimiento del haba depende de factores como la genética, las condiciones edafoclimáticas y las prácticas agronómicas (20). Por ello, evaluar líneas avanzadas y variedades locales permite identificar materiales con mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y mejor aceptación comercial (21). Además, diversos estudios destacan que la productividad está estrechamente condicionada por la interacción genotipo-ambiente, lo que hace necesario realizar ensayos en condiciones específicas de cultivo (22, 23).

El cultivo de leguminosas como el haba se basa en variedades locales adaptadas al entorno, apreciadas por sus características organolépticas y su contribución a la biodiversidad, además de su resiliencia al clima frío. Sin embargo, se requiere identificar cultivares y líneas mejoradas que, además de adaptarse a las condiciones agroclimáticas de la región, que ofrezcan mayor rendimiento y calidad, donde la diversidad genética entre líneas avanzadas y variedades locales puede generar diferencias importantes en adaptación y productividad (24). La evaluación de parámetros agronómicos como rendimiento en vaina verde,

vaina seca y grano seco permite determinar el potencial productivo y orientar recomendaciones comerciales, tal como señalan (25). Asimismo, seleccionar variedades de alto rendimiento mejora la eficiencia productiva y contribuye a la economía rural (26).

En base a lo descrito, el presente estudio tuvo como objetivo comparar el rendimiento de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba en el distrito de Chincher, Cusco, para determinar cuáles presentan mayor potencial productivo y podrían ser recomendadas para su cultivo a nivel comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se planificó el ciclo productivo del cultivo de haba desde octubre de 2020 hasta mayo de 2021, en el sector Ccamu, comunidad Cúper del distrito de Chincher, provincia Urubamba, Cusco, que se encuentra localizado a $13^{\circ}24'17,7''$ de latitud sur y $72^{\circ}03'16,1''$ de longitud oeste a una altura de 3,612 msnm. Las características fisicoquímicas del suelo donde se estableció el estudio, muestran una clase textural Franco – Limoso con los siguientes porcentajes (arena 23%, limo 53% y arcilla 24%), con un contenido de Nitrógeno 0,11 %, Fósforo 14,7 ppm, Potasio 120 ppm que es la cantidad de potasio asimilable para las habas, que debe ser un pH de 5.80 favorable para su buen desarrollo de las habas y con una Conductividad Eléctrica

de 0.30 mmhos/cm. Cuenta con una temperatura promedio 5°C, máxima 23°C. humedad relativa promedio 71.95 % y una precipitación 808,7 mm total Cusco (27).

El material biológico utilizado estuvo constituido de siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales de haba desarrolladas en la Estación Experimental Andenes INIA – Cusco que se encuentra localizado a 13°26'29.76" de latitud sur y 72°14'28.29" de longitud oeste a una altitud 3735 msnm.

Se delimitaron las parcelas experimentales de 3,6 m de ancho por 4 m de largo. El distanciamiento entre surcos fue de 0,90 m y entre plantas de 0,25 m. Cada parcela estuvo conformada por cuatro surcos, de los cuales los dos surcos centrales constituyeron la parcela útil (7,2 m²). Para la instalación de las parcelas experimentales se procedió con las labores culturales de preparación del terreno, previa roturación del terreno por un tractor agrícola. La siembra se realizó el 31 octubre de 2020, se incorporó roca fosfórica y urea al momento de la siembra, manifestándose progresivamente la emergencia a partir del 20 de noviembre durando un lapso de tres semanas, dejando tres plantas por golpe y luego se efectuaron dos labores de deshierbe en dos etapas de desarrollo.

La cosecha de habas se efectuó luego que el cultivo alcance su desarrollo vegetativo, que es

cuando llego a su madurez fisiológica. Se procedió a evaluar diez unidades de plantas de habas como unidades representativas de cada parcela y se registraron las 16 variables cuantitativas propuestas. Las variables cuantitativas fueron, porciento de emergencia (%E); porciento pre floración (%PF); número de racimos macollo (NRM); número nudos (NN); número vaina macollo (NVM); número ovulo (NO); longitud vaina (LV); ancho vaina (AV); grosor vaina (GV); rendimiento en verde vaina (RVV); rendimiento en seco vaina (RSV); rendimiento en grano seco (RGS); altura de planta (AP); número de macollos productivos (NMP); Peso de 100 granos (PG); Calibre de granos (CG).

El diseño experimental utilizado fue el Bloques Completamente al Azar, con los 11 tratamientos y 3 repeticiones. Se efectuó la comparación de medias entre las líneas avanzadas de habas y las variedades locales de habas, que fueron procesados por el software estadístico InfoStat 2020. Luego fueron analizados con la prueba de Fisher LSD ($\alpha= 0.05$). Respecto a los componentes de varianza (CV), se procedieron a evaluar en función a los términos de respuesta a la selección y el empleo del método empleado al momento, para contribuir una mayor respuesta de la selección y así optimizar la asociación genotipo ambiente (22). La descripción en código de las variedades de habas Tabla 1.

Tabla 1. Código de identificación y descripción de las siete líneas avanzadas y cuatro variedades locales.

| Código | Descripción |
|--------|--|
| 1 | INIA 423 Blanca Gigante de Yunguyo Sel. Precoz |
| 2 | LA VSL 113 |
| 3 | LM6 Verde |
| 4 | Sel Verde LV3 en INIA 423 BGY |
| 5 | ZEPITA 1 Selección Verde |
| 6 | LP V/GR (14) Hilium Claro |
| 7 | LP Rojo Hilium Claro |
| 8 | INIA 444 Siwina |
| 9 | INIA 409 Munay Angelica |
| 10 | INIA 414 Hinan Carmen |
| 11 | INIA 421 Antoniana |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfo-fenológicas

Se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en varias de las características morfo-fenológicas evaluadas Tabla 2. El porcentaje de emergencia (%E) mostró variación entre variedades, donde el valor más alto correspondió a la Var. 8 (61.11%), mientras que la Var. 4 presentó el porcentaje más bajo (52.22%). Sin embargo, la mayoría de materiales se agruparon estadísticamente dentro de un rango intermedio (54–58%).

El número de racimos por macollo (NRM) registró su valor más elevado en la Var. 7 (9.33 unidades), diferenciándose significativamente de otras variedades. En contraste, la Var. 11 mostró el valor más bajo (5.67 unidades). Para el número de vainas por macollo (NVM), la Var. 4 destacó con 10.67 unidades, superando a las variedades con menor producción de vainas.

La longitud y ancho de vaina (LV y AV) no presentaron diferencias estadísticas entre variedades, pese a variaciones numéricas entre 7.8 y 9.13 cm en longitud y entre 2.04 y 2.26 cm en ancho.

Tabla 2. Valores medios de variables morfo-fenológicas.

| Variedad | %E (%) | %PF (%) | NRM (unid) | NVM (unid) | NOV (unid) | LV (cm) | AV (cm) |
|----------|-----------|---------|------------|------------|------------|---------|---------|
| 1 | 54.44 bc | 1.6 a | 7.67 ab | 8.67 b | 2.0 a | 8.65 a | 2.11 a |
| 2 | 54.45 bc | 1.4 ab | 7.00 ab | 9.33 ab | 2.0 a | 8.65 a | 2.16 a |
| 3 | 53.33 c | 1.6 a | 8.00 ab | 8.67 b | 2.0 a | 7.89 a | 2.04 a |
| 4 | 52.22 c | 1.2 b | 7.33 ab | 10.67 a | 2.0 a | 9.13 a | 2.20 a |
| 5 | 57.78 abc | 1.5 ab | 6.67 b | 9.67 ab | 2.0 a | 8.39 a | 2.26 a |
| 6 | 56.67 abc | 1.5 ab | 7.33 ab | 9.33 ab | 1.67 b | 8.09 a | 2.13 a |
| 7 | 55.56 abc | 1.2 b | 9.33 a | 10.33 ab | 2.0 a | 8.37 a | 2.07 a |
| 8 | 61.11 a | 1.5 ab | 8.67 ab | 9.67 ab | 2.0 a | 8.43 a | 2.11 a |
| 9 | 60.00 ab | 1.4 ab | 8.00 ab | 9.67 ab | 2.0 a | 8.31 a | 2.21 a |
| 10 | 56.67 abc | 1.2 b | 6.00 b | 9.67 ab | 2.0 a | 8.00 a | 2.06 a |
| 11 | 58.89 abc | 1.4 ab | 5.67 b | 9.67 ab | 2.0 a | 7.80 a | 2.07 a |

Nota: %E = Porcentaje de emergencia, %PF = Porcentaje de prefloración, NRM = Número de racimos por macollo, NVM = Número de vainas por macollo, NOV = Número de óvulos, LV = Longitud de vaina (cm), AV = Ancho de vaina (cm). Letras iguales en una columna representan medias estadísticamente iguales ($p > 0.05$).

Rendimiento y calidad del grano

El rendimiento en vaina verde (RVV) mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre variedades Tabla 3. La Var. 5 obtuvo el mayor rendimiento (11.67 t ha^{-1}), seguida de las Var. 3 y 2 (10.14 y 10.07 t ha^{-1} , respectivamente). Los valores inferiores correspondieron a las Var. 10 y 7 (5.56 y 6.59 t ha^{-1}).

En rendimiento de vaina seca (RSV), la Var. 3 alcanzó el valor más alto (2.61 t ha^{-1}), mientras

que la Var. 10 mostró el más bajo (1.41 t ha^{-1}). De forma similar, el rendimiento de grano seco (RGS) fue mayor en la Var. 3 (1.69 t ha^{-1}), con los valores más reducidos en las Var. 7, 10 y 11 ($< 1.05 \text{ t ha}^{-1}$).

El peso de 100 granos (PG) mostró una variación amplia entre variedades, con el mayor valor en la Var. 1 (127.40 g) y el menor en la Var. 6 (94.81 g). El calibre de grano (CG) fue más elevado en la Var. 6 (30.00 mm), diferenciándose significativamente del resto.

Tabla 3. Valores medios de rendimiento y características de calidad.

| Variedad | GV (cm) | RVV (t/ha) | RSV (t/ha) | RGS (t/ha) | NMPG (unid) | PG (g) | CG (mm) |
|----------|---------|------------|------------|------------|-------------|-----------|----------|
| 1 | 1.66 ab | 7.31 cd | 1.79 ab | 1.09 bc | 5.33 ab | 127.40 a | 22.33 c |
| 2 | 1.58 bc | 10.07 ab | 2.31 ab | 1.30 ab | 5.33 ab | 119.95 ab | 23.78 bc |
| 3 | 1.53 bc | 10.14 ab | 2.61 a | 1.69 a | 5.00 b | 116.32 ab | 24.44 bc |
| 4 | 1.63 ab | 9.56 ab | 1.69 ab | 1.11 bc | 7.00 a | 125.26 a | 22.89 bc |
| 5 | 1.50 c | 11.67 a | 2.43 ab | 1.50 ab | 5.67 ab | 126.36 a | 22.67 bc |

| Variedad | GV (cm) | RVV (t/ha) | RSV (t/ha) | RGS (t/ha) | NMPG (unid) | PG (g) | CG (mm) |
|----------|---------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|
| 6 | 1.53 bc | 6.74 de | 1.69 ab | 0.90 c | 6.00 ab | 94.81 d | 30.00 a |
| 7 | 1.52 bc | 6.59 de | 1.69 ab | 0.86 c | 5.00 b | 116.77 ab | 24.78 bc |
| 8 | 1.51 c | 8.94 bc | 2.08 ab | 1.25 abc | 5.00 b | 106.55 bc | 26.67 ab |
| 9 | 1.67 a | 9.54 ab | 2.20 ab | 1.32 ab | 5.33 ab | 110.92 ab | 25.89 abc |
| 10 | 1.49 c | 5.56 e | 1.41 b | 1.04 bc | 5.00 b | 113.27 ab | 25.11 bc |
| 11 | 1.51 c | 6.16 de | 1.50 b | 0.86 c | 4.33 c | 105.64 bc | 26.89 ab |

Notas: GV = Grosor de vaina (cm), RVV = Rendimiento en vaina verde (t/ha), RSV = Rendimiento en vaina seca (t/ha), RGS = Rendimiento de grano seco (t/ha), NMPG = Número de macollos por golpe, PG = Peso de 100 granos (g), CG = Calibre de grano (mm). Letras iguales en una columna representan medias estadísticamente iguales ($p > 0.05$).

Asociaciones entre variables

La correlación de Pearson reveló asociaciones relevantes únicamente en algunas variables de rendimiento Tabla 4.

- Se registró una **correlación positiva alta entre PG y CG ($r = 0.99$)**, indicando que el incremento en el peso del grano se asocia estrechamente con un mayor calibre. Esta es la única correlación claramente significativa por su magnitud.
- Entre las variables de rendimiento, se identificaron correlaciones fuertes:
 - o **RVV–RSV ($r = 0.86$)**
 - o **RVV–RGS ($r = 0.85$)**
 - o **RSV–RGS ($r = 0.89$)**

Estas asociaciones sugieren que las variedades con mayor producción en vaina verde tienden a mantener ese comportamiento en vaina seca y en grano seco.

- Las correlaciones con NVM, aunque positivas, fueron moderadas ($r \approx 0.40–0.49$), por lo que su relevancia agronómica sería limitada.
- Las asociaciones con altura de planta (APm) fueron bajas en todas las variables ($r < 0.32$), indicando escasa relación entre la arquitectura vegetal y los rendimientos evaluados.

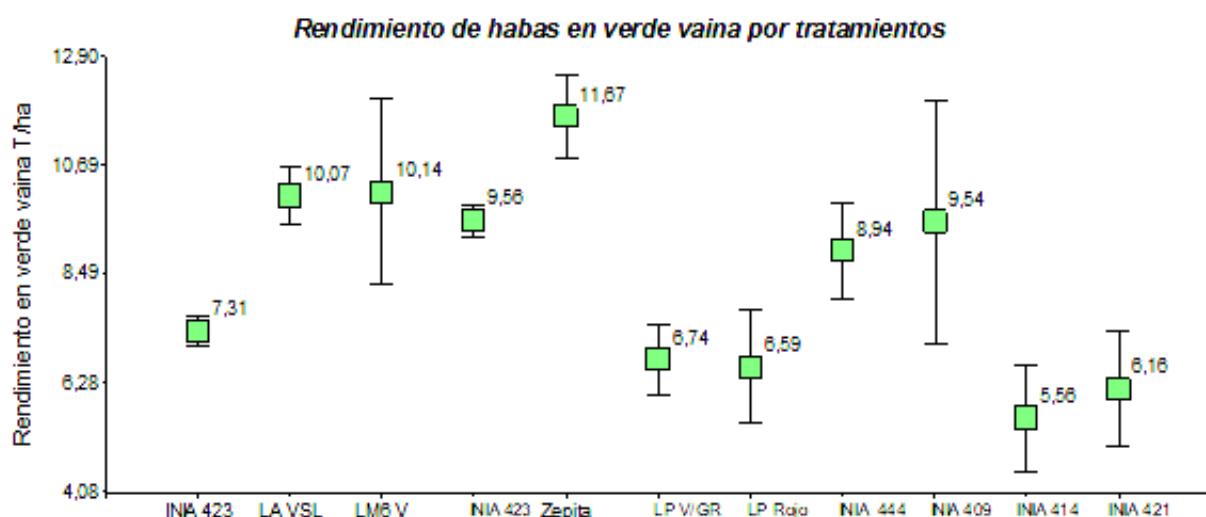
Debido a que solo un conjunto reducido de correlaciones presenta relevancia biológica, la discusión se enfoca en estas asociaciones fuertes, descartándose interpretaciones redundantes sobre correlaciones débiles

Tabla 4. Correlación de Pearson para las asociaciones entre variables en once variedades de habas.

| r | PG | CG | NVM | RVV | RSV | RGS | AP m |
|------|----|------|------|------|------|------|------|
| PG | 1 | 0,99 | 0,09 | 0,52 | 0,42 | 0,56 | 0,3 |
| CG | | 1 | 0,1 | 0,53 | 0,44 | 0,59 | 0,3 |
| NVM | | | 1 | 0,49 | 0,4 | 0,45 | 0,01 |
| RVV | | | | 1 | 0,86 | 0,85 | 0,32 |
| RSV | | | | | 1 | 0,89 | 0,29 |
| RGS | | | | | | 1 | 0,2 |
| AP m | | | | | | | 1 |

El análisis gráfico del rendimiento en vaina verde Figura 1, evidencia la superioridad de las variedades 5, 3 y 2, cuyas medias se encuentran por encima del resto de materiales evaluados.

Las desviaciones estándar asociadas permiten observar la variabilidad interna, sin realizar juicios subjetivos sobre su magnitud, en cumplimiento de las indicaciones del árbitro.

**Figura 1.** Rendimiento de habas en Verde Vaina (t ha⁻¹).

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian diferencias sustanciales entre las líneas avanzadas y variedades locales evaluadas, tanto en caracteres morfo-fenológicos como productivos Tablas 2 y 3. La variabilidad observada en el porcentaje de emergencia y prefloración confirma la relevancia de la adaptación fenológica en ambientes altoandinos, donde el ciclo de cultivo está condicionado por la estacionalidad y las bajas temperaturas. Estudios previos destacan que una emergencia uniforme y una prefloración temprana permiten un uso más eficiente del periodo de crecimiento y favorecen la acumulación de biomasa (21, 28). De acuerdo con esta premisa, materiales como Zepita y LA VSL mostraron ventajas agronómicas que explican su superioridad en rendimiento de vaina verde.

Los valores de rendimiento (RVV, RSV y RGS) indican que Zepita y LM6 Verde obtuvieron los mayores valores, coincidiendo con los objetivos de los programas de mejoramiento que priorizan productividad y estabilidad (2). Esta superioridad puede explicarse por la mayor asignación de fotoasimilados hacia estructuras reproductivas, tal como se ha documentado en investigaciones sobre determinantes del rendimiento en haba (17, 29). Asimismo, la coincidencia entre altos niveles de rendimiento y características morfológicas favorables (como NRM y PG) apoya la idea de

que los genotipos mejorados expresan una mayor eficiencia fisiológica en comparación con variedades locales (30, 31).

El análisis de correlación de Pearson (Tabla 4) permitió identificar asociaciones funcionales relevantes. Destaca la correlación muy alta entre peso de 100 granos (PG) y calibre de grano (CG) ($r = 0.99$; $p < 0.001$), lo que confirma que ambos caracteres reflejan dimensiones estrechamente vinculadas de calidad de semilla y pueden emplearse como indicadores útiles en selección (32). También se encontraron correlaciones significativas entre rendimiento en vaina seca (RSV) y rendimiento en grano seco (RGS) ($r = 0.89$; $p = 0.00024$), así como entre RVV-RSV ($r = 0.86$; $p = 0.00068$) y RVV-RGS ($r = 0.85$; $p = 0.00092$). Estas asociaciones indican que la acumulación de materia seca en la vaina se traduce de manera efectiva en mayor producción de grano, lo cual coincide con estudios que señalan la importancia del llenado de vaina y semillas en la partición de biomasa (11, 14).

Por el contrario, variables como el número de vainas por macollo (NVM) y la altura de planta (AP) mostraron correlaciones débiles y no significativas con los rendimientos ($p > 0.05$), lo que sugiere que no constituyen buenos predictores directos bajo las condiciones del ensayo. Esta situación es coherente con lo reportado por Bascur (31), quien señala que la abundancia de estructuras

vegetativas no se traduce necesariamente en mayor rendimiento si no existe un adecuado llenado de grano. En este sentido, los resultados respaldan que los caracteres asociados al tamaño y la masa de semilla (PG y CG) representan herramientas más confiables para selección temprana.

Desde la perspectiva de la agroindustria, el rendimiento en vaina seca (RSV) tiene alta relevancia, ya que determina la eficiencia en procesos de deshidratación y almacenamiento. La elevada productividad de LA VSL en este parámetro refuerza su potencial para sistemas orientados a mercados de procesado. Asimismo, la superioridad de LM6 Verde y Zepita en rendimientos secos coincide con investigaciones que señalan la importancia de la eficiencia fisiológica y la fijación de nutrientes para obtener altos niveles de biomasa útil (32, 33).

La variabilidad observada en la desviación estándar del rendimiento entre genotipos Figura 1, evidencia diferencias en consistencia productiva. Genotipos como Zepita, LA VSL e INIA 423 mostraron menor dispersión entre repeticiones, lo cual es un indicador preliminar de estabilidad en un ambiente específico (34). Sin embargo, la estabilidad observada en un solo ambiente no permite inferencias amplias, por lo que se recomienda evaluar los materiales en ensayos multi-locales y aplicar métodos de análisis

de interacción genotipo × ambiente, como modelos AMMI o GGE biplot (12).

De manera integrada, los resultados muestran que los caracteres morfo-fenológicos y productivos no actúan de forma aislada, sino que están interrelacionados y determinan el potencial productivo y comercial de las líneas evaluadas. Las asociaciones significativas PG-CG y RSV-RGS subrayan la importancia de utilizar indicadores morfológicos y fisiológicos como herramientas de selección en programas de mejoramiento orientados a calidad y rendimiento (35). Asimismo, la diversidad observada en caracteres reproductivos (%E, NRM, NOV) representa una oportunidad para desarrollar estrategias de selección que optimicen la adaptación local y la respuesta en ambientes altoandinos (36).

En conjunto, los materiales Zepita, LA VSL, LM6 Verde e INIA 423 emergen como los más prometedores para programas de selección y producción comercial, alineándose con la tendencia global hacia cultivares más resilientes y productivos (4).

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian diferencias significativas entre las líneas avanzadas y las variedades locales de haba evaluadas, destacándose Zepita, LA VSL, LM6 Verde e INIA 423 por su superior rendimiento en vaina verde, vaina seca

y grano seco, así como por su mayor consistencia productiva bajo las condiciones agroecológicas de Chinchero. Las correlaciones significativas entre peso de 100 granos, calibre de grano y variables de rendimiento demuestran que estos caracteres constituyen criterios fiables para la selección indirecta en programas de mejoramiento.

Asimismo, los rasgos fenológicos y morfo-reproductivos asociados al establecimiento temprano, la ramificación y la eficiencia en la partición de asimilados explican la ventaja de los genotipos superiores, aportando elementos para orientar la selección hacia materiales con mayor potencial comercial y agroindustrial. No obstante, la evaluación en un solo ambiente limita la extrapolación de los resultados, por lo que se recomienda validar los genotipos promisorios en ensayos multilocales y multianuales para confirmar su estabilidad y adaptar estrategias de mejoramiento orientadas a sistemas de producción de altura.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Hemida M, Al-Amri S, Elsadek A. Enhancing rhizobium-legume symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. *Agriculture*. 2023;13(11):2092. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>
2. Abou L, Balech R, Maalouf F. Faba bean (*Vicia faba* L.). *Potential Pulses: Genetic and Genomic Resources*: CABI GB; 2024. 287-309. <https://doi.org/10.1079/9781800624658.0015>
3. Aro J, Calsin M. Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción-extrusión. *Rev Investig Altoandino*. 2019;21(4):293-303. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.506>
4. Angus J, Kirkegaard J, Hunt J, Ryan M, Ohlander L, Peoples M. Break crops and rotations for wheat. *Crop pasture science*. 2015;66(6):523-52. <https://doi.org/10.1071/CP14252>
5. Cusworth G, Garnett T, Lorimer J. Agroecological break out: Legumes, crop diversification and the regenerative futures of UK agriculture. *Journal of Rural Studies*. 2021;88:126-37. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.005>
6. Dutta A, Trivedi A, Nath C, Gupta D, Hazra K. A comprehensive review on grain legumes as climate-smart crops: challenges and prospects. *Environmental Challenges*. 2022;7:100479. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100479>
7. Merga B, Chimdessa M, Wakgari M. Reconsidering the economic and nutritional importance of faba bean in Ethiopian context. *Cogent Food Agriculture*. 2019;5(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1683938>
8. Jithesh T, James E, Iannetta P, Howard B, Dickin E, Monaghan J. Recent progress and potential future directions to enhance biological nitrogen fixation in faba bean (*Vicia faba* L.). *Plant-Environment Interactions*. 2024;5(3). <https://doi.org/10.1002/pei3.10145Digital>
9. Zong X, Yang T, Liu R. Faba bean (*Vicia faba* L.) breeding. *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*: 7: Springer; 2019. 245-86. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23400-3_7

- 10.** Mansour E, Mahgoub H, Mahgoub S, El-Sobky E, Abdul M, Kamara M, et al. Enhancement of drought tolerance in diverse *Vicia faba* cultivars by inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria under newly reclaimed soil conditions. *Scientific Repor.*. 2021;11(1):24142. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02847-2>
- 11.** Mesfin T, Wassu M, Mussa J. Yield Stability and Genotypex Environment Interaction of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Plant Breeding and Crop Science* [Internet]. 2020;7(2):833-46https://www.researchgate.net/profile/Mesfin-Tadele-2/publication/344429098_Yield_Stability_and_Genotype_Environment_Interaction_of_Faba_Bean_Vicia_faba_L/_links/5f745fb992851c14bca08864/Yield-Stability-and-Genotype-Environment-Interaction-of-Faba-Bean-Vicia-faba-L.pdf
- 12.** Takele E, Kefelegn N, Admasu D, Anley S, Zikarge W, Mohammed A, et al. Performance of genotype by environmental interaction and stability of faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes in vertisol areas of Amhara Region, Ethiopia. *Advances in Agriculture*. 2024;2024(1):7574274.<https://doi.org/10.1155/2024/7574274>
- 13.** Gedif M, Yigzaw D, Tsige G. Genotype-environment interaction and correlation of some stability parameters of total starch yield in potato in Amhara region, Ethiopia. *Journal of Plant Breeding Crop Science*. 2014;6(3):31-40https://academicjournals.org/article/article1396522091_Gedif%20et%20al.pdf
- 14.** Gela T, Khazaei H, Podder R, Vandenberg A. Dissection of genotype-by-environment interaction and simultaneous selection for grain yield and stability in faba bean (*Vicia faba* L.). *Agronomy Journal*. 2023;115(2):474-88.<https://doi.org/10.1002/agj2.21268>
- 15.** Arya R, Dahiya G, Kumar R, Gill R, Tiwari J, Yadav C, et al. Development of novel faba bean (*Vicia faba* L.) for release as a new cultivar with high yield and protein content. *Genetic Resources Crop Evolution*. 2024;71(6):2831-42.<https://doi.org/10.1007/s10722-023-01807-1>
- 16.** Boots L, Brasier K, Saldivar R, Estrada S, Prieto J, Jiang J, et al. Exploration of global faba bean germplasm for agronomic and nitrogen fixation traits. *Crop Science*. 2022;62(5):1891-902.<https://doi.org/10.1002/csc2.20794>
- 17.** Sharifi P. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield component in some of broad bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Genetika*. 2014;46(3):905-14.<https://doi.org/10.2298/GENS1403905S>
- 18.** Díaz M, Herrera B, Ramírez J, Aliphat M, Delgado A. Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra norte de Puebla México. *Interciencia*. 2008;33(8):610-5https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000800012
- 19.** Selva E, Stouffs B, Briquet M. In vitro propagation of *Vicia faba* L. by micro-cutting and multiple shoot induction. *Plant Cell, Tissue Organ Culture*. 1989;18(2):167-79.<https://doi.org/10.1007/BF00047742>
- 20.** Yilak T, Amare K, Belay D, Abebe H. Faba bean (*Vicia faba* L.) variety evaluation for disease resistance, yield, and agronomic traits in south Gondar, Ethiopia. *International Journal of Agronomy*. 2024(1).<https://doi.org/10.1155/2024/5490629>
- 21.** Morales E, De la O H, Morales A, De la Cruz V. Evaluación de cinco genotipos de haba (*Vicia faba* L.) con seis niveles de fósforo en Tecámac, México. *CIENCIA ergo-sum*. 2002;9(2):184-9<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5167150>
- 22.** Salazar M, Pérez D, González A, Vázquez L. Variabilidad fenotípica en colectas de haba provenientes del Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2019;10(3):713-27.<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1758>
- 23.** Stavropoulos P, Roussis I, Mavroeidis A, Papadopoulos G, Galanou A, Karavida N, et al. Evaluating the Acclimatization Potential of Pruvian Faba Bean (*Vicia faba* L.) in Greece. *Bulletin Of The University Of Agricultural Sciences Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*. 2024;81(1).<https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2023.0023>

- 24.** Anaya J, Ibarra F, Rodríguez F, Ortega P, Chiquito E, Acosta J. Leguminosas de grano en México: variedades mejoradas de frijol y garbanzo desarrolladas por el INIFAP. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2021;25(25):63-75https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8164210
- 25.** García Y, Caballero L, Maldonado Y. Evaluación Del Color En Eltostado De Haba (*Vicia faba*). Ciencia y Tecnología Alimentaria. 2016;14(2):54 https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9718095
- 26.** Oliveros M, Pérez D, González A, Ramírez J, Flores L. Variabilidad genética y heredabilidad en colectas de habas del centro mexiquense. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2025;16(6).https://doi.org/10.29312/remexca.v16i6.3856
- 27.** Borjas C. Centro de difusión del cacao en la ciudad de Chinchero-Cusco [Tesis]. Perú: Universidad Ignacio de Loyola; 2018. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/30c08213-951f-4440-a995-b5a9d2ffe8c0/content>.
- 28.** Kumar R. Evaluation of faba bean genotypes for seed yield under Haryana conditions. Forage Res [Internet]. 2018;44(1):60-2https://www.researchgate.net/profile/Rajesh-Arya-2/publication/343696845_EVALUATION_OF_FABA_BEAN_GENOTYPES_FOR_SEED_YIELD_UNDER_HARYANA_CONDITIONS/links/5f3aa443a6fdcccc43d015fe/EVALUATION-OF-FABA-BEAN-GENOTYPES-FOR-SEED-YIELD-UNDER-HARYANA-CONDITIONS.pdf
- 29.** Palmero F, Fernandez J, Garcia F, Haro R, Vara P, Salvagiotti F, et al. A quantitative review into the contributions of biological nitrogen fixation to agricultural systems by grain legumes. European Journal of Agronomy. 2022;136:126514.https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126514
- 30.** Smith C, Chalk P. Grain legumes in crop rotations under low and variable rainfall: are observed short-term N benefits sustainable? Plant Soil. 2020;453(1):271-9.https://doi.org/10.1007/s11104-020-04578-1
- 31.** Bascur B. Adaptación de la variedad de haba (*Vicia faba L.*) Portuguesa-INIA para producción en grano seco y uso agroindustrial en la zona centro norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile). 1997;57(1)https://www.sidalc.net/search/Record/dig-inia-cl-20.500.14001-32406/Description
- 32.** Pérez D, González A, Rubí M, Franco O, Pascual J, Padilla A. Análisis de 35 cultivares de haba por su producción de vaina verde y otros componentes del rendimiento. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2015;6(7):1601-13https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000700014&script=sci_abstract&tlang=pt
- 33.** White C, Wilkinson T, Kindred D, Belcher S, Howard B, Vickers R, et al. The bean YEN: Understanding bean yield variation on UK farms. Annals of Applied Biology. 2022;181(2):137-51. https://doi.org/10.1111/aab.12768Digital
- 34.** Yimam K, Yilma G, Achenef G. Multi-environment Performance Evaluation and Stability Analysis of Large Seeded Faba Bean (*Vicia faba*) Genotypes in High Potential Areas. International Journal of Bio-Resource Stress Management [Internet]. 2025;16(2).https://doi.org/10.23910/1.2025.5969
- 35.** Castro E, Mojica J, Carulla J, Lascano C. Evaluación de leguminosas como abono verde en cultivos forrajeros para ganaderías en el Caribe seco colombiano. Agronomía Mesoamericana. 2018;29(3):597-617https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6602211
- 36.** Flores C, Salgado I. Rendimiento y caracterización, química, mineral, y sensorial, de tres tipos de harina de habas (*Vicia faba*) para la elaboración de un embutido fermentado. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. 2018(7):54https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9718095