

CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE *Phaseolus* spp., EN LA REGIÓN AMAZONAS, PERÚ

Jheiner Vásquez¹, Nuri C. Vilca-Valqui¹, Roiber Malqui¹, Elizabeth Fernández², Edwin Duarez¹ y Rosmery Ayala³

RESUMEN

El Perú cuenta con una alta diversidad genética de leguminosas andinas, especialmente del género *Phaseolus*. Su identificación a través de descriptores agromorfológicos es trascendental para impulsar su conservación y desarrollar estudios de mejoramiento genético. Bajo este escenario, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar morfológica y agronómicamente 58 accesiones de frijol (*Phaseolus* spp) depositadas en el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú. Para ello, se utilizaron 24 descriptores cuantitativos y 18 cualitativos que se evaluaron en la fenología de cada accesión. El análisis de conglomerados y de correspondencias múltiples, permitió identificar la formación de cuatro grupos en función de sus características semejantes. El mayor número de accesiones se localizaron en el tercer y cuarto grupo. Sin embargo, las siete accesiones que conformaron el segundo grupo, exhibieron características promisorias por presentar alta productividad (2777,86 kg·ha⁻¹), con semillas blancas, de aceptables dimensiones, con una germinación epigea temprana (10 días), hojas ovado-lanceoladas de crecimiento indeterminado (174,79 cm de altura de planta) que desarrollan numerosas guías. Además, mostraron una floración prolongada (33,86 días) con pétalos rosados y blancos, que dan origen a un mayor número de vainas (66,71 por planta) de color verde hasta alcanzar su madurez fisiológica. Estas son cualidades que las convierten en fuente valiosa para la implementación apropiada de futuros programas de mejoramiento genético.

Palabras clave adicionales: Banco de germoplasma, conservación, descriptores, diversidad, leguminosas andinas

ABSTRACT

Agromorphological characterization of *Phaseolus* spp., accessions in Amazonas region, Peru.

Peru has a high genetic diversity of Andean legumes, especially of the genus *Phaseolus*. Its identification through agromorphological descriptors is essential to promote its conservation, which may allow the development of genetic improvement studies. Under this scenario, the objective of the present work was to characterize morphologically and agronomically 58 accessions of beans (*Phaseolus* spp.) deposited in the germplasm bank of the Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú. For this purpose, 24 quantitative and 18 qualitative descriptors were used to evaluate the phenology of each accession. Cluster analysis and multiple correspondence analysis identified the formation of four groups according to their similar characteristics. The largest number of accessions were located in the third and fourth groups. However, the seven accessions that made up the second group exhibited promising characteristics for their high productivity (2777.86 kg·ha⁻¹), with white seeds, of acceptable dimensions, with early epigeal germination (10 days), ovate-lanceolate leaves of indeterminate growth (174.79 cm plant height) that develop numerous guides. Also, they have a prolonged flowering (33.86 days) with pink and white petals, which gave rise to a greater number of green pods (66.71 per plant) until they reach physiological maturity. These qualities make them a valuable source for the appropriate implementation of future breeding programs.

Additional Keywords: Andean legumes, conservation, descriptors, diversity, germplasm bank

Editor asociado: Prof. María Elena Sanabria

INTRODUCCIÓN

El género *Phaseolus* representa un grupo diverso de plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas. Su importancia nutricional y

económica en cada parte del mundo, se debe a su contenido de proteínas, minerales y vitaminas, lo que les convierte en un alimento esencial para una dieta saludable (Hayat et al., 2014; . Además, cumplen un papel importante en la agricultura

Recibido: Julio 3, 2023

Aceptado: Marzo 11, 2024

¹ Instituto Nacional de Innovación Agraria (EEA-AMAZONAS). Chachapoyas, Perú. e-mail: vasquezgarcia1903@gmail.com; nuricarito.02@gmail.com (autor de correspondencia); roymalquiraamos95@gmail.com; eduveras96@gmail.com

² Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. e-mail: efernandezh@inia.gob.pe

³ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (INDES-CES). Chachapoyas, Perú. e-mail: rosayalatocto@gmail.com

sostenible, debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (Schmutz et al., 2014). Los cultivares de *Phaseolus* han sido objeto de numerosos estudios genéticos y genómicos para el mejoramiento de los cultivos (González et al., 2017). Desde su origen en Mesoamérica hasta su posterior domesticación entre los 5000 y 2000 años A.C., en dos regiones del continente americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica), lugares que dieron origen a dos acervos genéticos bien definidos (Beebe et al., 2001).

El Perú es un país con una gran diversidad de frijol común, que es cultivado principalmente en las regiones costeras y andinas (MIDAGRI, 2024). Sin embargo, pese a su importancia ecológica y económica, es preciso generar mayor información sobre su valor agronómico y alimentario (Mex-Álvarez et al., 2021), considerando que los rasgos morfológicos desempeñan un papel importante en la clasificación e identificación de especies, razas y variedades vegetales (Meza et al., 2015), porque permite cuantificar y estructurar la variabilidad genética existente, en función de su origen, hábito de crecimiento, floración, rendimiento y respuesta a plagas y enfermedades (Chiorato et al., 2006).

Ante la erosión genética que amenaza a la diversidad de especies y a raíz de la necesidad global de variedades resistentes a condiciones adversas de estrés biótico y abiótico para el desarrollo agrario, las colecciones de germoplasma son una fuente importante de recursos para el impulso de estudios genéticos y el progreso en trabajos de fitomejoramiento (Hegay et al., 2014; Leitão et al., 2017).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) conserva una colección de 58 accesiones (*Phaseolus* spp.), de leguminosas andinas en su banco de germoplasma, con el objetivo de realizar la caracterización exhaustiva de sus rasgos fenotípicos, para descifrar su potencial agronómico. La notable variabilidad encontrada en sus rasgos agromorfológicas, las convierte en una valiosa fuente de material genético a ser empleado en futuros programas de fitomejoramiento

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y área de estudio: Comprendió 58 accesiones de *Phaseolus* spp. (Vásquez et al., 2023), provenientes de las

provincias de Chachapoyas y Luya (Figura 1).

La investigación se realizó de octubre 2021 a mayo 2022, en el Centro Experimental San Juan, de la Estación Experimental Agraria Amazonas (INIA), distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, región Amazonas (6°12'20,38" S y 77°52'34,88" O), a una altitud de 2347 msnm. De acuerdo a los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2024), durante el periodo de estudio, la temperatura máxima promedio mensual osciló entre 19,2 y 20,7 °C, y la mínima entre 7,2 y 10,4 °C. La humedad relativa varió entre 77 y 84 %, mientras que la precipitación mensual osciló entre 0,6 y 5,0 mm (Figura 2).

Propiedades del suelo: Previo a instalar el campo experimental, se analizaron muestras de suelo en el Laboratorio de Investigación de Aguas y Suelos, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Los resultados mostraron que el suelo era de textura arcillosa, con un pH de 8,54, conductividad eléctrica de 0,32 mS·cm⁻¹, 4,66 ppm de fósforo, 257,3 ppm potasio, 1,33 % carbono, 2,30 % materia orgánica y 0,11 % de nitrógeno.

Diseño de la investigación: El diseño experimental estuvo conformado por 50 plantas de cada accesión (*Phaseolus* spp.) instalada en parcelas divididas. Los cuales se distribuyeron teniendo en cuenta distancias entre planta, surco y parcela (0,60 x 1,2 x 3,30 m). Se tomaron muestras de 12 plantas por accesión.

Manejo agronómico: Para la siembra se colocaron 2 semillas en cada hoyo, aplicando 200 g de materia orgánica por planta. A los 20 días de la emergencia, se individualizó las plantas más vigorosas y se aplicó la primera fertilización, consistente en 50 g de la mezcla de urea + fosfato diamónico + sulfato potásico. Además, se aplicó un fertilizante foliar 20-20-20 (Algafol 20-20-20). Transcurridos 45 días, se aplicó un extracto de *Ascophyllum nodosum* como fertilizante foliar (Apu Bio, Soc. Anon. Fausto Piaggio). Las arvenses se eliminaron manualmente y las plagas y enfermedades se controlaron mediante aspersiones sinérgicas de Alpha-Cypermethrina + Dimethomorph + Ametoctradin. Además, En los meses de estiaje se proporcionó el suministro hídrico inter diario mediante un sistema tecnificado de riego por goteo.

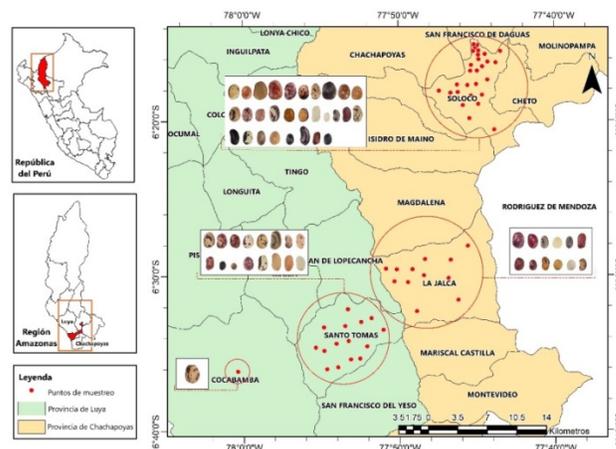


Figura 1. Ubicación de los puntos de colecta de las 58 accesiones *Phaseolus* spp., en la región Amazonas, Perú.

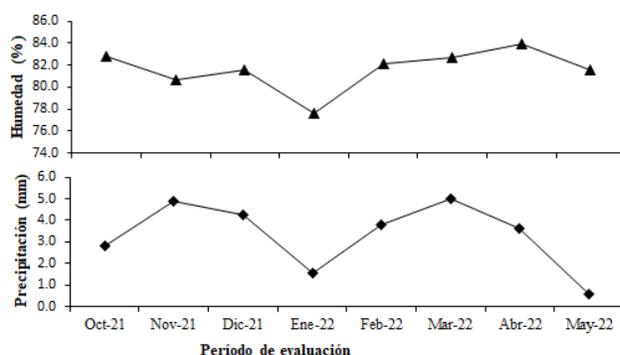


Figura 2. Datos hidrometeorológicos mensuales registrados durante el periodo de estudio.

Características evaluadas: Las 58 accesiones fueron caracterizadas mediante 24 descriptores cuantitativos y 18 cualitativos, clasificadas según el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1982), en las semillas, desarrollo vegetativo, hojas, flores y vainas (Figura 3).

Análisis de datos: El procesamiento de los datos se realizó mediante técnicas multivariadas en el programa InfoStat ver. 2020. Primero, se aplicaron métodos de agrupación según similitud, mediante análisis de conglomerados (método de Ward, distancia de Gower). Luego, se utilizó análisis de varianza para determinar la influencia de los descriptores cuantitativos en la formación de los grupos, mediante la prueba de LSD de Fisher. Posteriormente, se realizó un análisis de correspondencias múltiples de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves. Finalmente, se empleó la prueba de Pearson para observar la correlación entre los descriptores cuantitativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descriptores de las semillas: El análisis de conglomerados (Figura 4) de los descriptores cuantitativos en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp, permite diferenciar cuatro grupos que difieren por sus características. Donde el cuarto, asocia el mayor número de accesiones (24), seguido por el tercer (16), primer (13) y segundo (5) grupo.

La asociatividad entre las variables categóricas de los descriptores de semilla (Cuadro 1) revela que tres de las cuatro características evaluadas influenciaron significativamente en la formación de los grupos, donde las accesiones del cuarto grupo tienen una mayor longitud de sus semillas (15,60 mm), mientras que las asociadas en el primero sobresalen por tener un mayor grosor y ancho (6,89 y 9,49 mm), respectivamente. Estos resultados difieren con lo reportado por Sinkovič, et al. (2019), quienes, tras evaluar 953 accesiones, encontraron que la media en la longitud de las semillas fue 13,63 mm; 6,70 mm de grosor; 8,22

cm de ancho y 51,13 g en el peso de 100 semillas. Rasgos que determinan en gran parte su aceptabilidad comercial.

Análisis de correspondencias múltiples (ACM) para descriptor de semilla: La Figura 5 muestra que el ACM proporciona una explicación del 39,59%. En el grupo uno y tres, las semillas asociadas exhiben una mayor prevalencia de

forma oval, mientras que las accesiones del grupo cuatro destacan por su predominancia en la forma arriñonada. Estos hallazgos coinciden con resultados de Arriagada et al., (2021), quienes al caracterizar genotipos de frijol chileno, evidenciaron que el 70% desarrollan una forma de riñón.

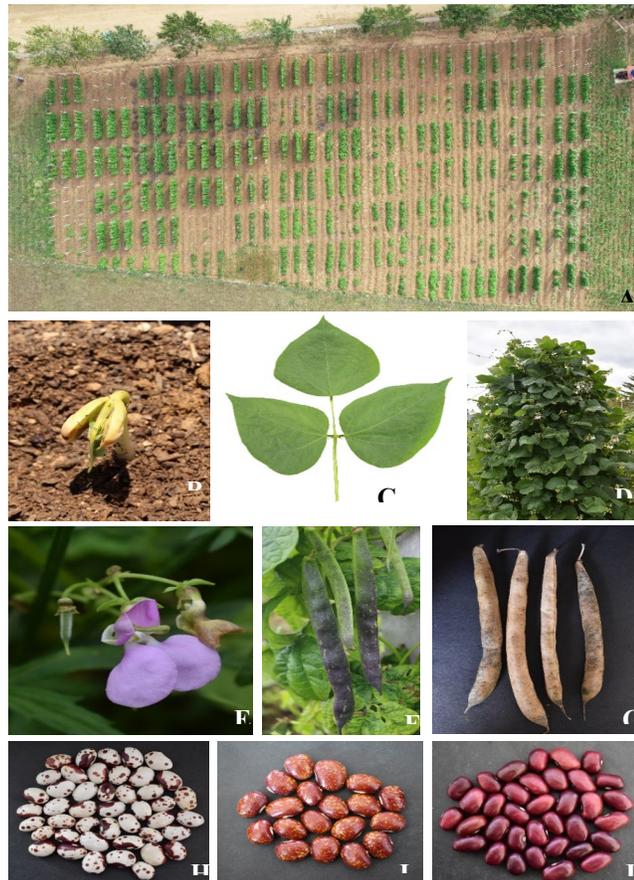


Figura 3. A: Campo de colección, estructura de las accesiones de *Phaseolus* spp., evaluadas; B-D: Plántula y hoja; E: flor; F-G. vaina y H-J diversidad de formas y colores de semilla.

En relación con la tonalidad más oscura del patrón de la cubierta seminal, el tono morado predominó en el cuarto grupo; en el grupo uno el tono marrón, y en el grupo dos el color blanco y blanco teñido. En este sentido, los colores morado y marrón reflejan que el germoplasma peruano de frijol se podría componer de dos acervos genéticos: uno de origen mesoamericano y otro de origen andino (Sinkovič et al., 2019). Cabe mencionar que, la coloración del frijol común está sujeta a múltiples interacciones epistáticas (gen-

alelo), que definen los patrones y colores en sus semillas (McClellan et al., 2002).

La tonalidad de la cubierta seminal es un atributo crucial que influye en la preferencia del consumidor, de acuerdo con Rodríguez et al. (2020); los colores de semillas de tono negro contienen el mayor nivel de antocianinas, seguidas por algunas de tono rojo; además de evidenciarse notables tonos amarillo, rosa y crema. La mayoría de las accesiones presentaron un modelo rayado en la cubierta seminal y carecieron de patrones en forma de nervaduras

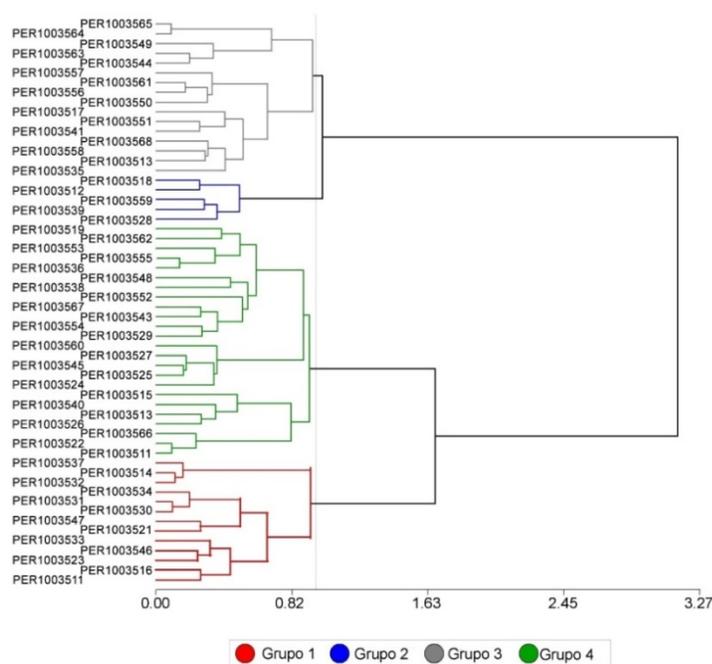


Figura 4. Dendrograma del análisis de conglomerados para las características cuantitativas de las semillas en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

Cuadro 1. Análisis de varianza para descriptores de semillas en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp., agrupadas

Grupo	Peso de 100 semillas (g)	Longitud de la semilla (mm)	Grosor de la semilla (mm)	Ancho de la semilla (mm)
1	57,60±11,54 a	13,15±1,77 b	6,89±0,65 a	9,49±1,20 a
2	47,70±40,57 a	11,84±1,46 b	5,95±0,63 ab	8,47±1,36 ab
3	49,19±17,97 a	13,63±2,60 b	6,15±1,00 ab	8,40±1,44 ab
4	51,07±11,05 a	15,60±2,67 a	5,90±1,05 b	8,70±1,11 b
	F=1,19	F=5,47	F=3,33	F=2,03
	P=0,32	P=0,002	P=0,02	P=0,01
Prueba	LSD	de	Fisher	

Descriptores de desarrollo vegetativo: El análisis de conglomerados (Figura 6) de las características vegetativas de las 58 accesiones de *Phaseolus* spp, permitió diferenciar cuatro grupos de accesiones que difieren por sus características. Donde el cuarto, asocia el mayor número de accesiones (20), seguido por el tercero (16), primero (15) y segundo (7) grupo. Resultados que discrepan con lo señalado por Jena et al., (2020), quienes informaron la formación de tres grupos al caracterizar 33 genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. Diferencia atribuida a las condiciones agroclimáticas específicas para Turquía.

Según el Cuadro 2, las accesiones del grupo uno exhibió el mayor número de lóculos (7,22), con una mejor longitud por vaina (15,28 cm). Estos resultados difieren de los informado por Jena et al. (2020), quienes observaron longitudes de vaina entre los 12,5 y 13,4 cm. Además, Zucareli et al. (2006), encontraron un menor número de lóculos por vaina (5,8). En cuanto al grupo dos, presenta en promedio el mayor número de días hasta la floración (115,71), con una duración más extensa (33,86 días). Resultados que discrepan con los datos de Vidak et al. (2015), quienes registraron 58,81 días hasta alcanzar la floración, con una duración de tan solo 22,64 días.

Cuadro 2. Análisis de varianza para descriptores del desarrollo vegetativo en las accesiones de *Phaseolus* spp., agrupadas.

	Días a la emergencia	Duración de la floración	Longitud del hipocótilo (mm)	Longitud del foliolo terminal (mm)	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	N° de nudos
1	10,06 a	32,93 a	3,34 a	14,35 ab	152,82 a	7,63 b	11,33 a
2	10,01 a	33,86 a	3,26 a	13,06 b	174,79 a	10,14 a	13,39 b
3	10,64 a	31,31 b	3,67 a	14,83 a	165,57 a	10,56 a	12,13 b
4	10,50 a	32,20 ab	3,72 a	14,34 ab	163,18 a	10,05 a	12,21 ab
	F=1,91 P=0,14	F=3,13 P=0,03	F=1,34 P=0,27	F=2,50 P=0,04	F=1,10 P=0,36	F=10,95 P=0,00	F=3,84 P=0,01
	N° de días hasta la floración	N° de días hasta la maduración	N° de racimos por planta	Longitud de la inflorescencia	N° yemas florales por inflorescencia	Longitud de pedicelo (mm)	Longitud de vaina (cm)
1	108,53 ab	174,27 b	47,63 a	31,26 a	101,31 b	8,16 b	15,28 a
2	115,71 a	191,71 a	50,81 a	33,67 a	176,96 a	11,18 a	12,57 b
3	99,38 ab	154,25 c	47,34 a	28,22 b	117,99 b	8,15 b	14,88 a
4	95,90 b	156,05 c	43,42 a	26,34 b	107,33 b	7,81 b	14,46 ab
	F=2,11 P=0,01	F=11,80 P=0,00	F=0,37 P=0,77	F=8,01 P=0,00	F=2,46 P=0,07	F=4,06 P=0,01	F=2,15 P=0,01
	Ancho de la vaina (mm)	Longitud ápice de la vaina (mm)	N° de lóculos por vaina	N° vainas por planta	N° semillas por vaina	Rendimiento (kg·ha⁻¹)	
1	1,47 b	15,12 b	7,22 a	30,00 b	5,60 a	1280,00 b	
2	2,20 a	12,23 b	5,73 b	66,71 a	4,71 b	2777,86 a	
3	1,40 b	15,07 b	6,79 ab	54,50 a	5,63 a	1891,31 ab	
4	1,44	18,92 a	6,39 ab	56,75 a	5,30 ab	2121,85 a	
	F=3,86 P=0,00	F=3,65 P=0,01	F=2,59 P=0,06	F=4,96 P=0,004	F=2,05 P=0,01	F=3,16 P=0,03	

Prueba LSD de Fisher

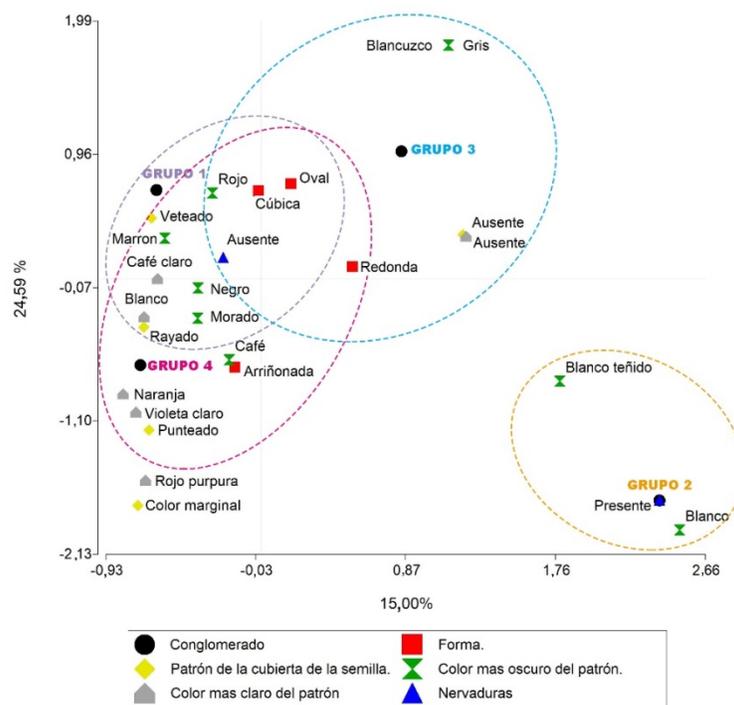


Figura 5. Análisis de correspondencia múltiple para características cualitativas de las semillas en accesiones de *Phaseolus* spp.

Así mismo, las accesiones del grupo dos, destacaron por presentar el mayor número de nudos (13,39), días hasta la maduración (191,71), botones florales (176,96), longitud de la inflorescencia (33,67 cm), longitud de pedicelo (11,18 mm), ancho de vaina (2,20 mm), número de vainas por planta (66,71) y rendimiento (2777,86 kg/ha). Estos resultados descifran algunas características promisorias, ya que estudios previos de caracterización en líneas del frijol común del Perú, alcanzaron tan solo 1256 kg/ha en su rendimiento (Pumalpa Meneses et al., 2020). Cabe precisar que estas características están fuertemente influenciadas por la temperatura, duración del fotoperíodo y la densidad de plantación, los que desencadenan competencias intraespecíficas en la fotosíntesis (Meza et al., 2013).

Por su parte, las accesiones del grupo tres presentan un mayor promedio en longitud de foliolo (14,83 cm), diámetro de tallo (10,56 mm) y número granos por vaina (5,63). En este sentido Yohannes et al. (2020), trabajaron con accesiones de *Phaseolus* spp., en Etiopía y encontraron un

menor diámetro de tallo (5,70 mm). Del mismo modo Acosta et al. (2022) en Ecuador, registraron 11,5 mm de longitud del foliolo. Por su parte Villamar et al. (2018) en el mismo país, encontraron resultados semejantes en el número de semillas por vaina. Este es un descriptor clave para la mejora genética del rendimiento de semillas, por ser altamente heredable en las especies de *Phaseolus* (Mhlaba et al., 2019). Con respecto al cuarto grupo, las accesiones expresaron una mayor longitud del hipocótilo (3,72 mm) y del ápice de la vaina (18,92 mm). Resultados superiores a los obtenidos por Cerón et al. (2001) en Colombia, quienes registraron una longitud de 15,2 mm del ápice de la vaina.

Análisis de correspondencia múltiple (ACM) para descriptores de desarrollo vegetativo: El análisis de correspondencias múltiples (ACM) para las características cualitativas del desarrollo vegetativo de las accesiones (Figura 7) mostró que los dos ejes explicaron el 49,66 % de la variabilidad total de los datos, y se encontró que los grupos formados comparten una germinación epigea. Por su parte,

las accesiones del segundo grupo exhibieron hipocótilos de color morado, con una distribución homogénea de los racimos con vaina en la fructificación. Arriagada et al. (2021) registraron

observaciones semejantes en Chile, al reportar cuatro líneas de frijol con una germinación epigea, característica propia de *Phaseolus vulgaris* (Labuda, 2010).

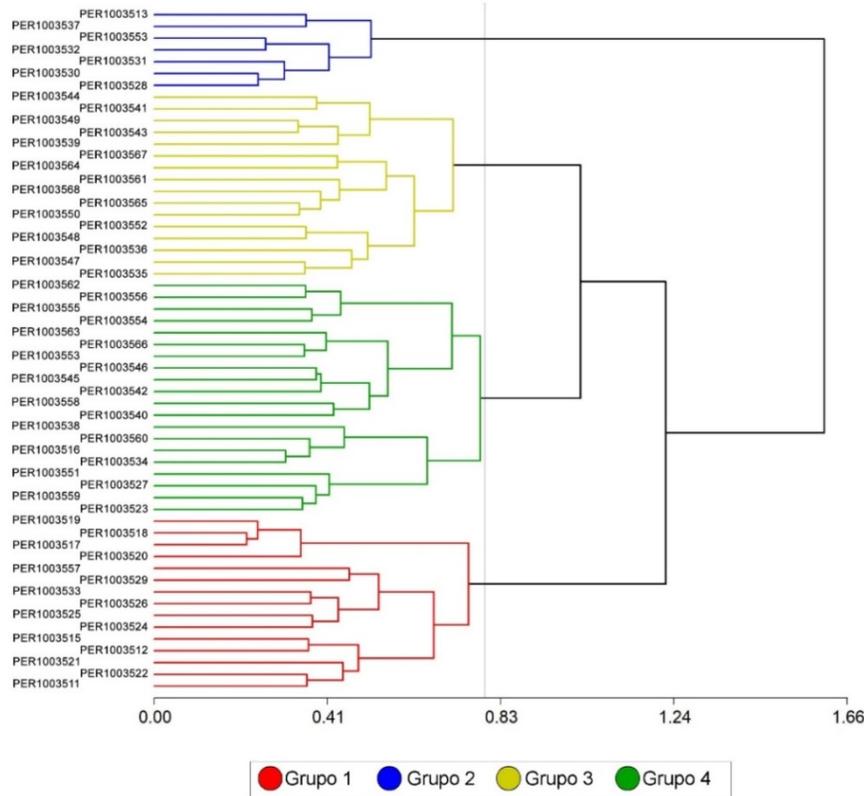


Figura 6. Dendrograma del análisis de conglomerados para las características cuantitativas del desarrollo vegetativo en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

En cuanto al hábito vegetativo, las accesiones de los grupos uno, dos y tres, se caracterizaron por un crecimiento indeterminado con numerosas guías trepadoras. Resultados que están en concordancia con los obtenidos por Rodiño et al. (2003), quienes reportaron un crecimiento trepador indeterminado para la mayoría de plantas que evaluaron en la Península Ibérica. Contrariamente, en Honduras se reportó que las accesiones de *Phaseolus* son de crecimiento indeterminado con brotes no trepadores (Meza et al., 2013). Por su parte, el color del hipocótilo coincide parcialmente con los resultados de Neupane et al. (2005), quienes observaron colores oscilantes de púrpura a verde, en accesiones de frijol común conservadas a 40 msnm en Nepal.

Descriptor de las hojas: El análisis de correspondencia múltiple para descriptores de hoja (Figura 8) presenta un porcentaje acumulado de 74,42 %. Se observa que las accesiones de los grupos uno, tres y cuatro se caracterizaron por presentar hojas ovado-lanceoladas, sin presencia de antocianinas. El segundo grupo se caracterizó por aglomerar las plantas con presencia de antocianinas en sus hojas, además de tener hojas ovadas. Estos resultados discrepan de los observados por Martirena et al. (2017), quienes registraron solamente hojas lanceoladas. En contraste con esto, la variación morfológica de las hojas refleja la variabilidad de la tasa fotosintética entre accesiones (White y Montes, 2005)

Descriptor de las flores: El análisis de correspondencia múltiple para descriptores de

flores (Figura 9) presenta un porcentaje acumulado que explica el 51 % para sus dos ejes. Observándose que en el grupo uno, la mayoría de las accesiones presentan flores con pétalos estandarte de tonalidad lila y alas oscuras de color morado; en los grupos dos y tres, las flores mostraron pétalos estandarte y alas blancas. En

cambio, en las accesiones del cuarto grupo predominó la tonalidad lila en las alas y el pétalo estandarte. Colores que fueron documentados por Gill et al. (2014), quienes identificaron en México que las variedades locales de frijol, presentan alas y pétalos estandarte de tonalidades blanco, crema, rosa, violeta, morado y lila.

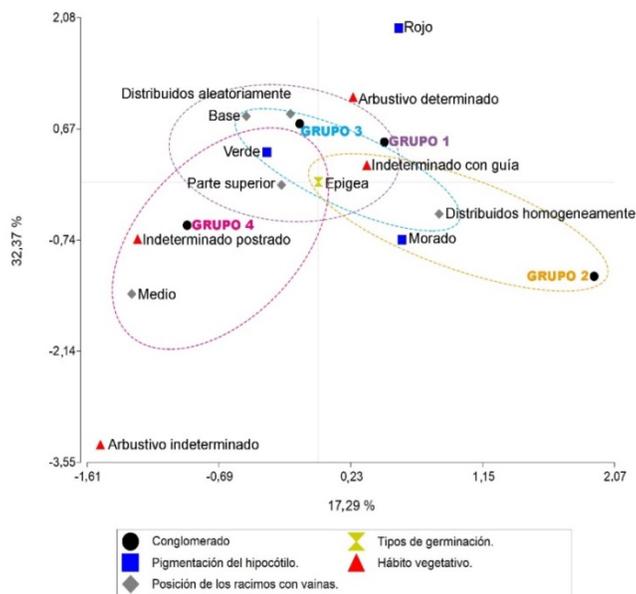


Figura 7. Análisis de correspondencia múltiple para descriptores del desarrollo vegetativo en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

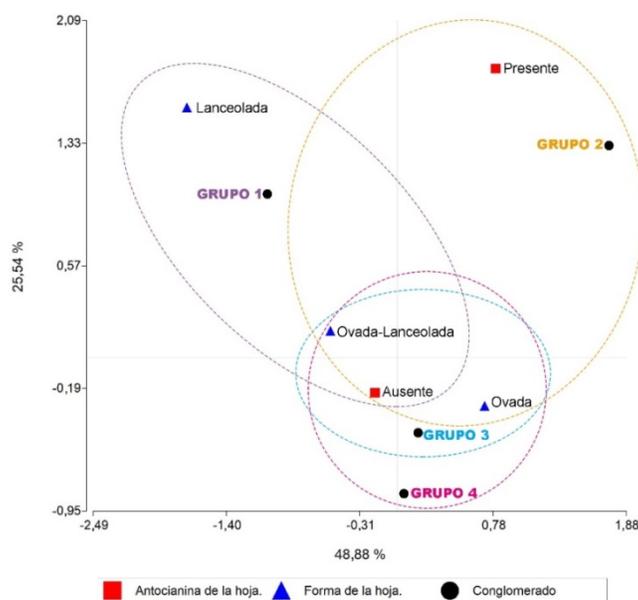


Figura 8. Análisis de correspondencia múltiple para descriptores de hoja en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

Descriptores de las vainas: El análisis de correspondencia múltiple para las características cualitativas de las vainas (Figura 10), cuyo porcentaje acumulado explica el 32,02 % para ambos ejes. Permite apreciar que el grupo uno, aglomera a las accesiones que se caracterizan por tener vainas fisiológicamente maduras de color morado y verde con rayas moradas, con una orientación del ápice de la vaina hacia abajo. El grupo dos, asocia las accesiones que se caracterizan por tener vainas fisiológicamente maduras de color verde y el ápice con orientación recta. En los grupos tres y cuatro, el color

predominante de la vaina madura fue el amarillo. En tres de los cuatro grupos se observaron posiciones marginales del ápice de la vaina y fibras de la pared de las vainas fuertemente contraídas, adheridas alrededor de la semilla en la madurez seca. Respecto al color, difieren de la investigación realizada en Colombia por Otálora et al. (2006), ya que el color característico de las vainas evaluadas fue el crema. Sin embargo, coincidió con algunas características evaluadas en España por Arteaga et al. (2019), quienes reportaron que las vainas tuvieron la posición y orientación del ápice marginal y hacia abajo.

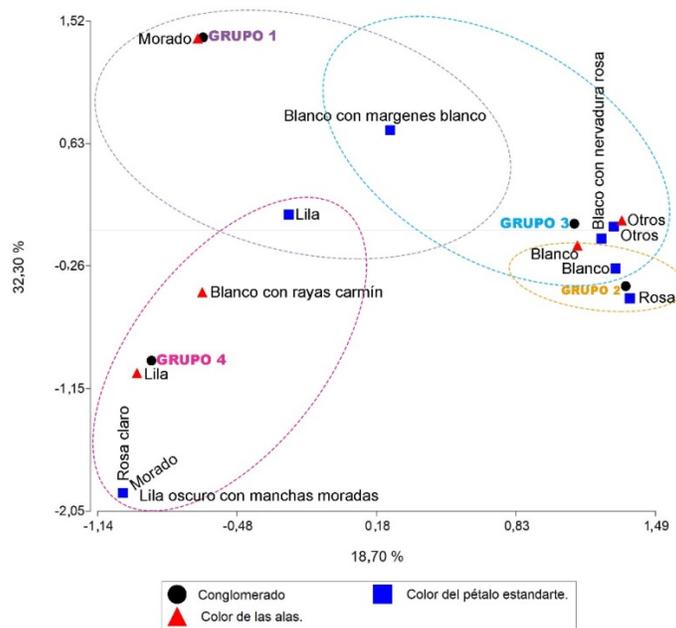


Figura 9. Análisis de correspondencia múltiple para descriptores de flor en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

Análisis de correlación: Se observa una correlación lineal entre los descriptores morfológicos y agronómicos (Figura 11). Los resultados ilustraron que el número de días hasta la floración y maduración presentó una moderada correlación positiva con el grosor de las semillas ($r = 0,296$ y $r = 0,299$, respectivamente). Además, el peso de 100 semillas tuvo una correlación fuerte con el rendimiento ($r = 0,516$) y el ancho de las semillas ($r = 0,412$). Se identificó que, a mayor número de lóculos por vaina, se incrementa significativamente el número de racimos por

planta ($r = 0,381$) y la longitud de vaina ($r = 0,515$)

Por su parte, se encontró una fuerte correlación negativa del grosor de la semilla con la longitud del ápice de la vaina ($r = -0,345$). Del mismo modo, el número de lóculos por vaina se incrementó inversamente proporcional al número total de vainas por planta ($r = -0,312$) y el diámetro de tallo ($r = -0,332$). Resultados semejantes fueron informados por Azizi et al. (2001), quienes encontraron que el número de vainas por ramas laterales y tallo principal tuvo la

mayor relación con el rendimiento; mientras que Welsh et al. (1995), observaron que el rendimiento de semilla se asoció positivamente con el rendimiento y días a la madurez fisiológica. Mientras que, Dadther et al. (2023) señalaron que

en las accesiones de *Phaseolus lunatus*, el peso promedio de las semillas mostró una correlación negativa con la longitud del tallo y una correlación positiva con la cantidad promedio de vainas por planta.

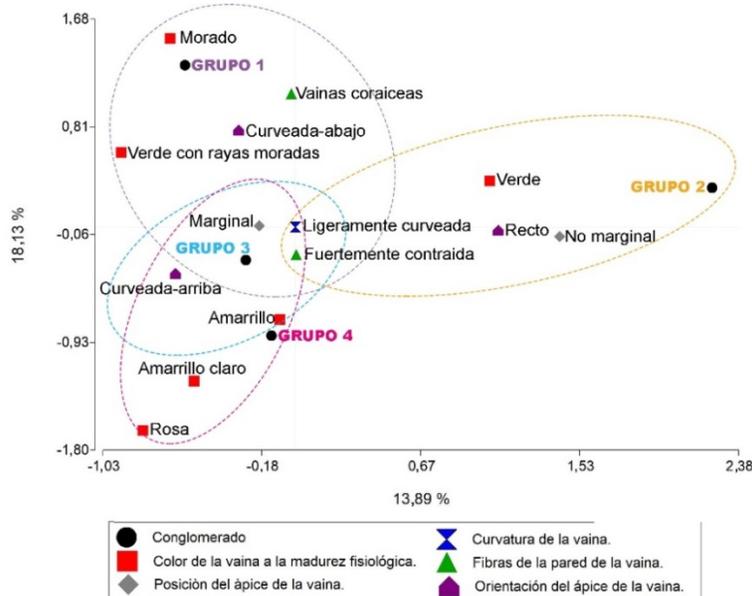


Figura 10. Análisis de correspondencia múltiple para descriptores de las vainas en las 58 accesiones de *Phaseolus* spp.

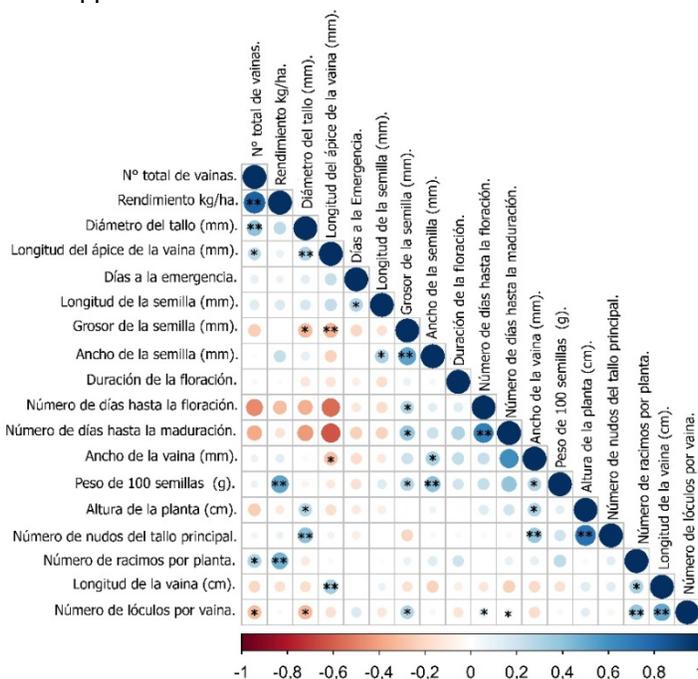


Figura 11. Mapa de calor de la correlación de Pearson, con niveles de significancia representadas por asteriscos (* $p \leq 0,005$; ** $p \leq 0,01$), para descriptores morfológicos y agronómicos evaluados en accesiones de *Phaseolus* spp.

CONCLUSIONES

Producto de la polinización cruzada las accesiones de frijol común (*Phaseolus* spp), poseen altos niveles de diversidad genética. Este trabajo exploró exhaustivamente una gama de rasgos cualitativos y cuantitativos en la fenología de 58 accesiones, las que se agruparon por exhibir características semejantes. Destacando a las plantas del segundo grupo (7 accesiones) por sus características promisorias, que incluyen: Germinación temprana (10,01 días), mayor altura de planta (174,79 cm), floración prolongada (33,86 días), número elevado de vainas (66,71 por planta) y un rendimiento superior (2777,86 kg/Ha). Cualidades que incentivan la conservación del germoplasma para la implementación de futuros programas de mejoramiento apropiados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a José Jesús Tejada Alvarado por la revisión y edición del manuscrito. Los investigadores recibieron apoyo técnico y financiero del proyecto CUI N° 2480490 “Mejoramiento de los Servicios de Investigación en la Caracterización de los Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad en 17 Departamentos del Perú (PROAGROBÍO)”, ejecutado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

LITERATURA CITADA

- Acosta-Quezada, P. G., E. H. Valladolid-Salinas, J. M. Murquincho-Chuncho, E. Jadán-Veriñas y M. X. Ruiz-González. (2022). Heterogeneous effects of climatic conditions on Andean bean landraces and cowpeas highlight alternatives for crop management and conservation. *Scientific Reports* 12(6586).
- Arriagada, O., A. R. Schwember, M. J. Greve, M. O. Urban, R. A. Cabeza, y B. Carrasco. (2021). Morphological and Molecular Characterization of Selected Chilean Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) Genotypes Shows Moderate Agronomic and Genetic Variability. *Plants* 10(8).
- Arteaga, S., L. Yabor, J. Torres, E. Solbes, E. Muñoz, M. J. Díez, O. Vicente y M. Boscaiu. (2019). Morphological and Agronomic Characterization of Spanish Landraces of *Phaseolus vulgaris* L. *Agriculture* 9(7).
- Azizi, F., A. Rezaei y S. M. Maybodi. (2001). Genetic and Phenotypic Variability and Factor Analysis for Morphological Traits in Genotypes of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *JWSS - Journal of Water and Soil Science* 5(3): 127-141.
- Beebe, S., J. Rengifo, E. Gaitan, M. C. Duque y J. Tohme. (2001). Diversity and Origin of Andean Landraces of Common Bean. *Crop Science* 41(3): 854-862.
- Cerón, M. S., G. Ligarreto, J. D. Moreno y Martínez. (2001). Selección de variables cuantitativas y clasificación de 22 accesiones de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Corpoica* 3(2): 31-38.
- Chiorato, A. F., S. A. M. Carbonell, L. A. D. S. Dias, R. R. Moura, M. B. Chiavegato y C. A. Colombo. (2006). Identification of common bean (*Phaseolus vulgaris*) duplicates using agromorphological and molecular data. *Genetics and Molecular Biology* 29:105-111.
- Dadther-Huaman, H., Zamata-Guzman y V. Casa-Coila. (2023). Caracterización agromorfológica de accesiones de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) del Banco Nacional de Germoplasma del INIA, Perú. *Bioagro* 35(1): 59-68.
- Gill Langerica, H. R., R. Rosales Serna, S. Hernandez Delgado y N. Mayek Perez. (2014). Morphological and molecular characterization of common bean landraces cultivated in the semi-arid Mexican high plateau. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49(4): 525-540.
- González, A. M., F. J. Yuste-Lisbona, A. Fernández-Lozano, R. Lozano y M. Santalla. (2017). Genetic mapping and QTL analysis in common bean. *The Common Bean Genome*. España.
- Hayat, I., A. Ahmad, T. Masud, A. Ahmed y S. Bashir. (2014). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 54(5): 580-592.
- Hegay, S., M. Geleta, T. Bryngelsson, A. Asanaliev, L. Garkava-Gustavsson, H. Persson Hovmalm y R. Ortiz. (2014). Genetic diversity

- analysis in *Phaseolus vulgaris* L. using morphological traits. *Genetic Resources and Crop Evolution* 61(3): 555-566.
13. IBPGR. (1982). *Phaseolus vulgaris* descriptors. International Board for Plant Genetic Resources. <https://cgspace.cgiar.org/items/7368bdf3-e9d2-4b30-ae40-d311cd24e785>
 14. Jena, N. K., A. K. Pattnaik, P. Mahapatra, A. Nandi, J. Panda y A. A. Swain. (2020). Effect of nutrients on yield attributing character of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies* 8(1): 2713-2716.
 15. Labuda, H. (2010). Runner Bean (*Phaseolus coccineus* L.) – Biology and use. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 9(3): 117-132
 16. Leitão, S. T., M. Dinis, M. M. Veloso, Z. Šatović y M. C. Vaz Patto. (2017). Establishing the Bases for Introducing the Unexplored Portuguese Common Bean Germplasm into the Breeding World. *Frontiers in Plant Science* 8: 1296.
 17. Martirena-Ramírez, A., N. Veitía, L. R. García, R. Collado, D. Torres, L. R. Quintana y M. Ramírez-López. (2017). Caracterización morfológica de líneas de *Phaseolus vulgaris* L. en casa de cultivo. *Biotecnología Vegetal* 17(3).
 18. McClean, P. E., R. K. Lee, C. Otto, P. Gepts y M. J. Bassett. (2002). Molecular and Phenotypic Mapping of Genes Controlling Seed Coat Pattern and Color in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Heredity* 93(2): 148-152.
 19. Mex-Álvarez, R. M. J., P. M. Garma-Quen, D. Yanez-Nava, M. M. Guillen-Morales y M. I. Novelo-Pérez. (2021). Caracterización morfométrica de *Phaseolus vulgaris* en Campeche, México. *Revista CENIC Ciencias Biológicas* 52(1): 32-38.
 20. Meza, N., J. C. Rosas, J. P. Martín y J. M. Ortiz. (2013). Biodiversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Honduras, evidenced by morphological characterization. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60(4): 1329-1336.
 21. Meza-Vázquez, K. E., R. Lépiz-Ildefonso, J. J. López-Alcocer y M. M. Morales-Rivera. (2015). Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Revista fitotecnia mexicana* 38(1): 17-28.
 22. Mhlaba, Z. B., H. A. Shimelis, B. Amelework, A. T. Modi y J. Mashilo. (2019). Variance components and heritability of yield and yield-related traits in tepary bean (*Phaseolus acutifolius*). *South African Journal of Plant and Soil* 36(2): 117-128.
 23. MIDAGRI. (2024). Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.gob.pe/midagri>
 24. Neupane, R. K., R. Shrestha, M. L. Vaidya, E. M. Bhattarai y R. Darai. (2005). Agromorphological diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of Jumla, Nepal. *Proceeding of The Fourth International Food Legumes Research Conference*: 1-11.
 25. Otálora, J. M., G. A. Ligarreto y A. Romero. (2006). Comportamiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo reventón por características agronómicas y de calidad de grano. *Agronomía colombiana* 24(1): 7-17.
 26. Pumalpa Meneses, D., H. Cantaro Segura, R. Estrada Cañari y A. Huaranga Joaquín. (2020). Phenotypic and agronomic characterization of advanced lines of voluble beans (*Phaseolus vulgaris* L.) resistant to viruses in Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* 7(1): 7-20.
 27. Rodiño, A. P., M. Santalla, A. M. De Ron y S. P. Singh. (2003). A core collection of common bean from the Iberian peninsula. *Euphytica* 131(2): 165-175.
 28. Rodríguez Madrera, R., A. Campa Negrillo, B. Suárez Valles y J. J. Ferreira Fernández. (2020). Characterization of extractable phenolic profile of common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) in a Spanish diversity panel. *Food Research International* 138: 109713.
 29. Schmutz, J., P. E. McClean, S. Mamidi, G. A. Wu, S. B. Cannon, J. Grimwood, J. Jenkins, S. Shu, Q. Song, C. Chavarro, M. Torres-Torres, V. Geffroy, S. M. Moghaddam, D. Gao, B. Abernathy, K. Barry, M. Blair, M. A. Brick, M. Chovatia, ..., S. A. Jackson. (2014). A

reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. *Nature Genetics* 46(7): 707-713.

30. SENAMHI. (2024). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-Datos hidrometeorológicos. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
31. Sinkovič, L., B. Pipan, E. Sinkovič y V. Meglič. (2019). Morphological Seed Characterization of Common (*Phaseolus vulgaris* L.) and Runner (*Phaseolus coccineus* L.) Bean Germplasm: A Slovenian Gene Bank Example. *BioMed Research International* 2019: 1-13.
32. Vásquez García, J., N. C. Vilca Valqui y R. F. Malqui Ramos. (2023). Catálogo de frijol en regiones andinas del Banco de Germoplasma del INIA. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2112>
33. Vidak, M., S. Malešević, M. Grdiša, Z. Šatović, B. Lazarević y K. Carović-Stanko. (2015). Phenotypic Diversity among Croatian Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 80(3): 133-137.
34. Villamar-Torres, R., L. Godoy-Montiel, J. Muñoz-Rengifo, S. Zambrano-Montes, S. Mehdi-Jazayeri, N. Raju Maddela et al. 2018. Agronomic evaluation and web blight resilience of common bean genotypes in the littoral region of Ecuador. *African Journal of Biotechnology* 17(10): 328-336.
35. Welsh, W., W. Bushuk, W. Roca y S. P. Singh. (1995). Characterization of agronomic traits and markers of recombinant inbred lines from intra- and interracial populations of *Phaseolus vulgaris* L. *Theoretical and Applied Genetics* 91(1): 169-177.
36. White, J. W. y Montes-R, C. (2005). Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research* 91(1): 7-21.
37. Yohannes, S., G. Loha y M. K. Gessese. (2020). Performance Evaluation of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes for Yield and Related Traits at Areka, Southern Ethiopia. *Advances in Agriculture* 2020: 1-8.
38. Zucareli, C., E. U. Ramos Junior, A. P. Barreiro, J. Nakagawa y C. Cavariani. (2006). Phosphorus fertilization, production components, productivity and seed physiological quality in common beans seeds. *Revista Brasileira de Sementes* 28(1): 9-15.