



CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA Y DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE LA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE PALLAR (*Phaseolus lunatus* L.) DEL INIA, PERÚ †

[AGROMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND PHENOTYPICAL DIVERSITY OF THE PALLAR GERMPLASM COLLECTION (*Phaseolus lunatus* L.) FROM INIA, PERU]

Hans Dadther-Huaman^{1*}, Tabita Abigail Gambini-de la Cruz^{2*}, Bilijin Coaquira-Mendoza², Diana Garay-Duran¹, Jhimy Parco-Quinchori¹, René Quispe-Castro³, Leandro Aybar-Peve², Sergio Contreras-Liza⁴ and Víctor Hugo Casa-Coila³

¹ INIA, ProAgrobio, Avenida La Molina 1981, Lima 15024. Perú. Email: hansdadtherhuaman@gmail.com, dgarayduran@gmail.com, jhmparco@gmail.com.

² INIA, EEA Chincha, Carretera Antigua Panamericana Sur, km. 200.5, Chincha Baja, Provincia de Chincha, Ica 11750. Perú. Email: gambini1991@gmail.com, bilijin.c.mendoza@gmail.com, laybar@inia.gob.pe.

³ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, calle Santa Catalina 117, Arequipa 04001. Perú. Email: rquispe25@unsa.edu.pe, vcasac@unsa.edu.pe.

⁴ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Perú. Email: scontreras@unifsc.edu.pe

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Pallar (*Phaseolus lunatus*) is a grain legume of great socioeconomic importance in Peru, which has been domesticated in the past by pre-Hispanic cultures. **Objective:** Carry out the agromorphological characterization of 36 accessions from the Pallar National Collection of the Germplasm Bank of the National Institute of Agrarian Innovation (Peru). **Methodology:** 16 qualitative characters and 10 quantitative characters were compared using descriptive analysis, ANOVA and Scott Knott test, correlation, principal components and hierarchical grouping. **Results:** There was a positive correlation between the length of the main stem and the average number of mature pods per plant, average number of seeds per plant, average weight of seeds per plant and average weight of seeds; Likewise, a negative correlation was found between the number of locules per mature pod and the length and average weight of the seeds. **Implications:** The agromorphological characterization of the pallar is necessary for the conservation of genetic resources originating in Peru. **Conclusions:** Phenotypic variability was found among the Pallar accessions; Thus, the existence of three groups was established among the accessions in relation to quantitative characters, highlighting the high values of average number of seeds per plant, seed thickness, number of locules per mature pod, length of the main stem and average number of seeds. mature pods per plant. The promising accession was 14ac with respect to the highest average number of mature pods, average number of seeds and average weight of seeds per plant.

Key words: agromorphological characterization; germplasm; characters; accessions; diversity.

RESUMEN

Antecedentes: El pallar (*Phaseolus lunatus*), es una leguminosa de grano de gran importancia socioeconómica en el Perú, que ha sido domesticada en el pasado por las culturas prehispánicas. **Objetivo:** Realizar la caracterización agromorfológica de 36 accesiones de la Colección Nacional de pallar del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria (Perú). **Metodología:** Se compararon 16 caracteres cualitativos y 10 caracteres cuantitativos a través de análisis descriptivos, ANOVA y prueba de Scott Knott, de correlación, de componentes principales y de agrupamiento jerárquico. **Resultados:** Hubo correlación positiva entre la longitud del tallo

† Submitted February 19, 2024 – Accepted May 24, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5490>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = H Dadther-Huaman: <https://orcid.org/0000-0001-7527-5410>; TA Gambini-de la Cruz: <https://orcid.org/0000-0002-3611-8508>; B Coaquira-Mendoza: <https://orcid.org/0009-0002-2297-6859>; D Garay-Duran: <https://orcid.org/0009-0008-7656-0529>; J Parco-Quinchori: <https://orcid.org/0000-0001-7958-3197>; R Quispe-Castro: <https://orcid.org/0000-0001-5025-5077>; L Aybar-Peve: <https://orcid.org/0000-0001-5577-5063>; S Contreras-Liza: <https://orcid.org/0000-0002-6895-4332>; VH Casa-Coila: <https://orcid.org/0000-0001-5081-6401>

principal y el número promedio de vainas maduras por planta, número promedio de semillas por planta, peso promedio de semillas por planta y peso promedio de semilla; asimismo, se halló correlación negativa entre el número de lóculos por vaina madura y largo de semilla y peso promedio de semilla. **Implicaciones:** La caracterización agromorfológica del pallar es necesaria para la conservación de los recursos genéticos originarios del Perú. **Conclusiones:** Se encontró variabilidad fenotípica entre las accesiones de pallar; es así, que se estableció la existencia de tres grupos entre las accesiones en relación a caracteres cuantitativos, resaltando los altos valores para número promedio de semillas por planta, grosor de semilla, número de lóculos por vaina madura, longitud del tallo principal y número promedio de vainas maduras por planta. La accesión promisoriosa fue la 14ac respecto al mayor número promedio de vainas maduras, número promedio de semillas y peso promedio de semillas por planta.

Palabras claves: caracterización agromorfológica; germoplasma; caracteres; accesiones; diversidad.

INTRODUCCIÓN

El pallar (*Phaseolus lunatus* L.) es la leguminosa con mayor superficie sembrada en el departamento de Ica (Perú) representando 51% (2768 hectáreas) del total nacional, seguido por Lambayeque, Áncash, Ayacucho y Arequipa de acuerdo a las estadísticas del Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA, 2021). Tiene importancia socioeconómica por su posicionamiento en la seguridad alimentaria de la población, ya que representa una fuente importante de proteínas, minerales, carbohidratos, fibra y vitaminas (Mercado y Quispe, 2019), por lo que se debe propiciar un desarrollo sostenible del cultivo.

La Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2018), menciona que la agricultura sostenible es la solución para revertir tendencias que conducen a la pérdida de la biodiversidad, a ecosistemas dañados y al deterioro y degradación de los recursos naturales. Es así que, en Perú, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), desempeña un papel fundamental en la protección, conservación y caracterización de los recursos genéticos de nuestra agrobiodiversidad (INIA, 2023), contando con un Banco Nacional de Germoplasma que alberga 15102 muestras activas representando a 250 especies vegetales agrupadas en 44 colecciones nacionales y como parte de esta colección; el INIA, preserva 45 accesiones de pallar de crecimiento determinado e indeterminado (INIA, 2017).

El pallar, como toda leguminosa, constituye una rica fuente de proteínas, carbohidratos, hierro, calcio, fibra y se distingue por tener bajo contenido de grasas (Martínez-Castillo, 2015). Existe gran interés por conocer la diversidad de los recursos genéticos, con énfasis en aquellos que están directamente relacionados con la seguridad alimentaria por su gran aporte nutricional como es el caso del pallar, por lo que se han realizado importantes contribuciones en la identificación de su diversidad en distintas zonas geográficas en donde se desarrolla (Espinoza et al., 2021).

El pallar tiene dos orígenes genéticos, el mesoamericano conformado por los cultigrupos Sieva (semilla pequeña y aplanada) y Papa (semilla pequeña y globular) que tienen como área de origen la Península

de Yucatán, América Central y El Caribe (Motta-Aldana et al., 2010; Fofana et al., 2001); y el andino conformado por el cultigrupo Big Lima (semilla grande y aplanada) que tiene como área de origen Ecuador y el norte del Perú (Gutiérrez Salgado et al., 1995). Igualmente, Esquivel et al. (1990), han demostrado morfológicamente que el cultigrupo Big Lima presenta semillas relativamente grandes que pertenecen al origen genético andino, mientras que los cultigrupos Papa y Sieva pertenecen al origen de Mesoamérica. Mientras que Kay (1985), menciona que son muy variables en cuanto a tamaño, forma y color y las subdividió en Sieva de 1 cm de longitud y en Big Lima de 2.50 cm de longitud y que además la forma del grano varía desde planas hasta redondas. Según Baudet (1977), los cultivares y variedades de *P. lunatus* que se encuentran difundidos en la costa del Perú especialmente en el departamento de Ica, están clasificados dentro del cultigrupo Big Lima, que se caracterizan por ser de granos grandes. Además, Vargas et al. (2003) sostienen que, uno de los principales criterios que se han utilizado para explicar el origen y la diversidad del pallar es el estudio de la variación de las características morfológicas en semillas.

Trabajos de caracterización realizados por Silva et al. (2019) identificaron tres subpoblaciones en muestras del Banco de Germoplasma de *P. lunatus* en Brasil, una predominantemente de origen genético andino (con un peso promedio de 80 g en 100 semillas) y dos predominantemente de origen mesoamericano (con un peso medio de 34 g en 100 semillas). Purwanti y Fauzi (2019) encontraron que las características morfológicas en accesiones de *P. lunatus* en Indonesia fueron significativamente diferentes; utilizando pruebas univariantes, se encontró diferencia significativa en peso, largo, ancho y el espesor de la semilla, también en longitud y la anchura de la hoja, así como en longitud y ancho de la vaina, demostrando que existen diferencias en varios parámetros morfológicos que pueden utilizarse como base para el mejoramiento genético.

Pesantes et al. (2015) y Espinoza et al. (2021) reportaron pallares del cultigrupo Big Lima y Sieva de crecimiento determinado e indeterminado procedentes del norte del Perú (Trujillo y Huamachuco) y los valles del departamento de Ica respectivamente. Dadther-Huaman et al. (2023)

caracterizaron agromorfológicamente nueve accesiones, las cuales presentaron variabilidad fenotípica y correlación positiva entre longitud del tallo principal y número promedio de vainas por planta, pero negativa en relación al peso promedio de semilla e identificaron tres grupos de características similares en cuanto a la morfología y rendimiento, resaltando los altos valores de ancho de vaina y semilla, número promedio de vainas por planta y peso promedio de semillas, identificando cinco accesiones promisorias.

De las 45 accesiones de pallar preservadas en el Banco de Germoplasma del INIA, nueve accesiones principalmente de crecimiento determinado fueron caracterizadas agromorfológicamente por Dadther-Huaman *et al.* (2023); en esta investigación se evaluaron las 36 accesiones restantes que no estuvieron caracterizadas, de crecimiento indeterminado. Considerando la importancia de *P. lunatus* en nuestro país y sobre todo en el departamento de Ica que posee la denominación de origen según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2007), la investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización agromorfológica de 36 accesiones de pallar, a través de 16 caracteres cualitativos y 10 caracteres cuantitativos, para identificar las características más representativas, sus similitudes, rendimientos y accesiones promisorias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del estudio

La investigación fue realizada entre mayo y noviembre del 2022 en el Centro Experimental “San Juan de Cándor” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), distrito de Independencia, provincia de Pisco, departamento de Ica, Perú, a una altitud de 182 m s.n.m., con coordenadas geográficas Latitud Sur 13°41'36'' y Longitud Oeste 76°02'19''.

La muestra de suelo fue obtenida de campo y posteriormente enviada al Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliar (LABSAF) del INIA donde se analizaron los siguientes parámetros bajo metodologías acreditadas: textura (metodología de Bouyoucos), pH (metodología por medición electrométrica a 25 °C), conductividad eléctrica (metodología por medición electrolítica con un conductímetro a 25 °C), materia orgánica (metodología de Walkley y Black), fósforo disponible (metodología de fósforo extraíble con solución de NaHCO₃ al 0.5 M ajustada a pH 8.5), potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico (metodología de extracción con acetato de amonio NH₄OAc al 1N).

Según los resultados, el suelo es de clase textural franco arenoso, de reacción ligeramente alcalina

(8.41), de salinidad ligera (39.80 mS/m), presenta bajo contenido de materia orgánica (1.13%) y de fósforo disponible (5.44 ppm), contenido medio de potasio disponible (159.58 ppm) y con una capacidad de intercambio catiónico baja (9.28 meq/100 g de suelo), lo que indica que es un suelo de baja fertilidad, interpretado bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (2002).

Según la información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023), la localidad presenta un clima árido; durante el período del estudio, la insolación diaria tuvo un valor medio de 12 horas y 7 minutos, temperatura media de 18.36 °C, con media máxima de 21.43 °C y media mínima de 15.29 °C; humedad relativa media de 88.1%.

Material genético y condiciones agronómicas

El material genético pertenece al Banco Nacional de Germoplasma del INIA; fue instalado en el año 2022 en la Colección Nacional de Pallar. En la Tabla 1, se muestran 36 accesiones de las 45 accesiones que tiene registrado el INIA, con sus respectivos códigos nacionales, códigos del Banco de Germoplasma y de siembra, estas accesiones no han sido caracterizadas anteriormente.

Cada accesión fue sembrada en un área de 8 m de ancho x 15 m de largo, con un distanciamiento entre surcos de 2 m y entre plantas de 1.5 m (cuatro surcos por accesión); no se utilizaron tutores, se sembraron 2 semillas por golpe, para minimizar la polinización cruzada se dejó un distanciamiento de 4 m entre cada accesión; aunado a esto, se evaluaron 10 plantas de los surcos centrales (Figura 1). El riego fue por gravedad y todas las plantas recibieron el mismo manejo fitosanitario y nutricional (dosis de fertilización al suelo de NPK 45 – 70 – 70).

Caracterización agromorfológica

Se evaluaron 26 caracteres establecidos en el Lima Bean Descriptors del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR, 1982) y en los Descriptores para Pallar del INIA (Dadther-Huaman *et al.*, 2024), de los cuales 16 caracteres son cualitativos morfológicos, 6 caracteres son cuantitativos morfológicos y 4 caracteres son cuantitativos agronómicos (Tabla 2).

Las evaluaciones de los caracteres se realizaron según las especificaciones indicadas en los descriptores para cada etapa fenológica, órganos a observar o medir, estados, imágenes de referencia y criterios a tomar en cuenta durante las observaciones.

Tabla 1. Acciones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú.

Código Nacional	Código del Banco	Código de siembra
PER014591	phl 013	1ac
PER014591	phl 013-1	2ac
PER014581	phl 003	3ac
PER014584	phl 006	4ac
PER014610	phl 035	5ac
PER014591	phl 013-3	6ac
PER014591	phl 013-4	7ac
PER014593	phl 016	8ac
PER014610	phl 035-1	9ac
PER014599	phl 024	10ac
PER014603	phl 028	11ac
PER014582	phl 004	12ac
PER014602	phl 027	13ac
PER014610	phl 035-2	14ac
PER014604	phl 029	15ac
PER014605	phl 030	16ac
PER014612	phl 037	17ac
PER014612	phl 037-1	18ac
PER014586	phl 008	19ac
PER014589	phl 011	20ac
PER014612	phl 037-2	21ac
PER014612	phl 037-3	22ac
PER014613	phl 038	23ac
PER014615	phl 040	24ac
PER014617	phl 042	25ac
PER014618	phl 043	26ac
PER014619	phl 044	27ac
PER014622	phl 047	28ac
PER014622	phl 047-1	29ac
PER014622	phl 047-3	30ac
PER014623	phl 048	31ac
PER014626	phl 054	32ac
PER014614	phl 039-1	33ac
PER014596	phl 020	34ac
PER014611	phl 036	35ac
PER014621	phl 046	36ac

Para los caracteres cualitativos se realizaron 10 observaciones por accesión; para la evaluación de pubescencia de la lámina en la superficie abaxial de la primera hoja expandida se utilizó un estereoscopio marca Zeiss modelo Stemi 508. Para los caracteres cuantitativos morfológicos como longitud del tallo principal se determinaron en 5 plantas por accesión, para largo de vaina y número de lóculos en 20 vainas maduras por accesión y para largo, ancho y grosor de semilla en 10 semillas por accesión. Para los caracteres cuantitativos agronómicos se evaluaron 6 plantas por accesión, excepto para el peso promedio de semilla, que resultó al dividir el peso de semillas por planta entre el número de semillas por planta.

Análisis de datos

Para comparar los caracteres morfológicos cualitativos se determinó la moda; para los caracteres cuantitativos morfológicos y agronómicos se calcularon los promedios, desviación estándar y coeficiente de variación. Adicionalmente, se realizó un análisis de variancia (ANOVA) y prueba de Scott Knott para comparar los promedios entre las accesiones ($p < 0.05$). Los caracteres número de lóculos por vaina madura, largo de vaina madura, número promedio de vainas maduras por planta, número promedio de semillas por planta y peso promedio de semillas por planta, se evaluaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y posteriormente se usó la prueba de Holm ($p < 0.05$), debido a que los datos no presentaron normalidad. Por otra parte, se realizaron los análisis de correlación (coeficiente de Pearson), componentes principales y de agrupamiento jerárquico con distancia euclidiana para los caracteres cuantitativos. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Infostat (Di Renzo *et al.*, 2017).

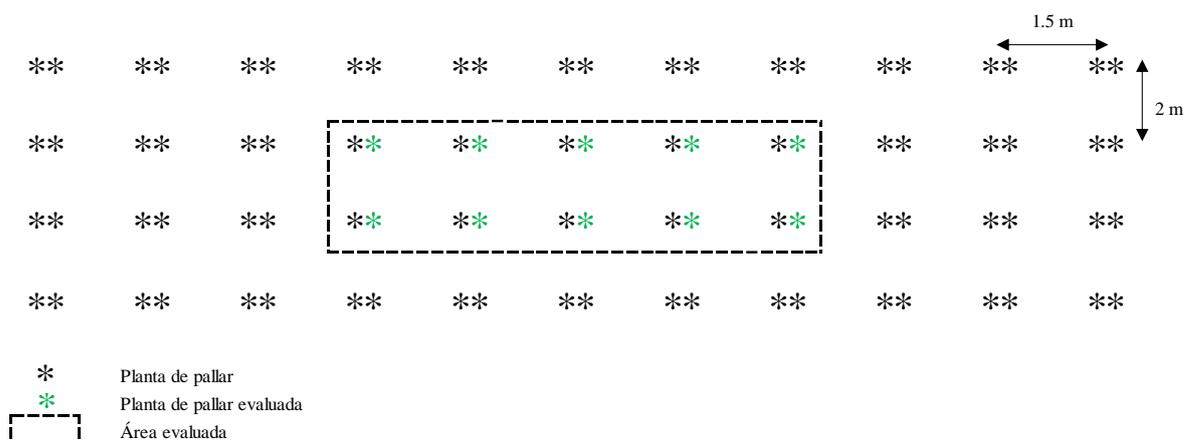
**Figura 1.** Representación esquemática de las plantas de pallar y área evaluada por accesión.

Tabla 2. Caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados en 36 accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú.

Caracteres	Descripción	Abreviatura
Cualitativos morfológicos	1. Color del cotiledón emergente	-
	2. Color del hipocótilo	-
	3. Color de las nervaduras de las hojas primarias completamente desarrolladas	CVP
	4. Presencia de antocianinas en las hojas trifoliadas	AH
	5. Forma del foliolo	FF
	6. Pubescencia de la lámina en la superficie abaxial de la primera hoja expandida	PL
	7. Color de las alas de la corola de las flores	CA
	8. Apertura alar de la corola de las flores	AA
	9. Curvatura de la vaina inmadura	CV
	10. Forma del ápice de la vaina inmadura	FV
	11. Color de vaina madura	CVM
	12. Color de fondo de semilla	CF
	13. Primer patrón de color de semilla	PPC
	14. Segundo patrón de color de semilla	SPC
	15. Patrón de tegumento de semilla	PT
	16. Cultigrupo	C
Cuantitativos morfológicos	1. Longitud del tallo principal (m)	LAP
	2. Largo de vaina madura (mm)	LV
	3. Número de lóculos por vaina madura	NL
	4. Largo de semilla (mm)	LS
	5. Ancho de semilla (mm)	AS
	6. Grosor de semilla (mm)	GS
Cuantitativos agronómicos	1. Número promedio de vainas maduras por planta	NXVP
	2. Número promedio de semillas por planta	NXSP
	3. Peso promedio de semillas por planta (g)	PXSP
	4. Peso promedio de semilla (g)	PXS

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de caracteres cualitativos

El color del cotiledón y del hipocótilo no presentaron variabilidad fenotípica, fueron verde para todas las accesiones evaluadas, coincidiendo así con los resultados encontrados por Dadther-Huaman *et al.* (2023) y Espinoza *et al.* (2022), quienes señalaron colores verdes para estos caracteres. Sin embargo, Pesantes *et al.* (2015) hallaron durante la germinación cotiledones verde morado en dos colectas de pallares procedentes de la Sierra de Huamachuco; mientras que López-Alcocer *et al.* (2016) encontraron que el 50% de la población evaluada mostró hipocótilos verdes y la otra mitad morados.

Las nervaduras de las hojas primarias completamente desarrolladas fueron de color verde en la mayoría de las accesiones, morado al 50% de las nervaduras en cuatro accesiones (2ac, 8ac, 24ac y 33ac) y morado al 100% en las accesiones 6ac, 7ac y 32ac (Tabla 3); estos resultados son similares a lo encontrado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes reportaron nervaduras verdes en siete de las nueve accesiones caracterizadas y nervaduras moradas en las accesiones restantes. Las

antocianinas en las hojas trifoliadas se presentaron en las accesiones 2ac, 6ac, 7ac, 17ac, 18ac y 32ac (Tabla 3). Estos resultados son diferentes a lo reportado por Espinoza *et al.* (2022), quienes indican que en todas las accesiones evaluadas el color de la nervadura principal fue verde y ninguno presentó antocianinas en las hojas.

Para veintinueve accesiones la forma del foliolo de la tercera hoja trifoliada fue redonda, a diferencia de las accesiones 5ac, 7ac, 11ac, 12ac, 27ac, 29ac y 30ac donde fue aovada (Tabla 3), esto último coincide con Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes encontraron que la mayoría de las accesiones caracterizadas presentaron foliolos aovados y sólo una accesión fue aovada lanceolada; mientras que Pesantes *et al.* (2015) reportaron colectas con hojas redondeadas y aovadas; para Montero *et al.* (2013), los foliolos fueron aovados y lanceolados en variedades locales de República Dominicana, Haití y Puerto Rico. Además, Guimarães *et al.* (2007), Walma *et al.* (2016) y López-Alcocer *et al.* (2016) encontraron foliolos acuminados en los genotipos estudiados, mientras que, Purwanti y Fauzi (2019) reportaron foliolos triangulares; lo que demuestra que existe una diversidad importante para este carácter en el pallar.

Tabla 3. Caracteres cualitativos en 36 accesiones de la Colección Nacional de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú.

Código de siembra	CVP	AH	PL	FF	CA	AA	FV	CV	CVM
1ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Ligeramente curva	Marrón
2ac	Morado al 50%	Presente	Ligeramente pubescente	Redonda	Violeta	Ligeramente abierta	Pico mediano	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
3ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Ligeramente curva	Marrón
4ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Marrón
5ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
6ac	Morado al 100%	Presente	Ligeramente pubescente	Redonda	Violeta	Cerrada	Pico grueso	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
7ac	Morado al 100%	Presente	Ligeramente pubescente	Aovada	Violeta	Ligeramente abierta	Pico mediano	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
8ac	Morado al 50%	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Rosa claro	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
9ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico mediano	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
10ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Curva	Marrón
11ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Cerrada	Pico corto	Ligeramente curva	Marrón
12ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
13ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Marrón
14ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
15ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Marrón
16ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
17ac	Verde	Presente	Glabra	Redonda	Rosa intenso a morado	Cerrada	Pico mediano	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
18ac	Verde	Presente	Ligeramente pubescente	Redonda	Rosa intenso a morado	Ligeramente abierta	Pico mediano	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
19ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Totalmente abierta	Pico corto	Curva	Marrón
20ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Ligeramente curva	Marrón
21ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Cerrada	Pico grueso	Curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
22ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Cerrada	Pico corto	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
23ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Cerrada	Pico corto	Recta	Marrón
24ac	Morado al 50%	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Rosa claro	Cerrada	Pico corto	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
25ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
26ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
27ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
28ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
29ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Cerrada	Pico corto	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
30ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Aovada	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
31ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico corto	Recta	Marrón
32ac	Morado al 100%	Presente	Ligeramente pubescente	Redonda	Rosa claro	Ligeramente abierta	Pico grueso	Recta	Marrón oscuro
33ac	Morado al 50%	Ausente	Glabra	Redonda	Rosa claro	Ligeramente abierta	Pico mediano	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
34ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico mediano	Recta	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
35ac	Verde	Ausente	Glabra	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico grueso	Ligeramente curva	Rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes)
36ac	Verde	Ausente	Ligeramente pubescente	Redonda	Blanco	Ligeramente abierta	Pico mediano	Ligeramente curva	Marrón

ac: accesión; CVP: color de las nervaduras de las hojas primarias completamente desarrolladas; AH: presencia de antocianinas en las hojas trifoliadas; PL: pubescencia de la lámina en la superficie abaxial de la primera hoja expandida; FF: forma del foliolo; CA: color de las alas de la corola de las flores; AA: apertura alar de la corola de las flores; FV: forma del ápice de la vaina inmadura; CV: curvatura de la vaina inmadura; CVM: color de vaina madura, CF: color de fondo de semilla; PPC: primer patrón de color de semilla; SPC: segundo patrón de color de semilla; PT: patrón de tegumento de semilla; C: cultigrupo.

Tabla 3. (Continua).

Código de siembra	CF	PPC	SPC	PT	C
1ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
2ac	Blanco	Violeta claro	Violeta oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas cubren la region hiliar y la frontal, algunas manchas están presentes	Big Lima
3ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
4ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
5ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
6ac	Ocre	Café claro	Negro	Ojo distinto con muchas motas en el cuerpo	Big Lima
7ac	Blanco	Violeta claro	Violeta oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, mancha cubren la region hiliar y la frontal, algunas manchas están presentes	Big Lima
8ac	Blanco	Café claro	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
9ac	Blanco	Rojo	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
10ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
11ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
12ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
13ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
14ac	Blanco	Café claro	Negro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas en la region hiliar (más desarrolladas hacia el micropilo), algunas manchas pueden estar presentes	Big Lima
15ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Papa
16ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
17ac	Café claro	Café oscuro	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
18ac	Blanco	Café claro	Café oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas que cubren la region hiliar, dorso, frente y quilla, manchas presentes en el resto del cuerpo	Big Lima
19ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
20ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
21ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
22ac	Blanco	Rojo púrpura	Rojo púrpura	Cuerpo moderadamente moteado, algunas se unen para formar una mancha	Big Lima
23ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
24ac	Blanco	Café claro	Café oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas en la region hiliar, el cuerpo tiene manchas radiales provenientes de la region hiliar	Big Lima
25ac	Blanco	Ocre	Café oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas en la region hiliar, el cuerpo tiene manchas radiales provenientes de la region hiliar	Big Lima
26ac	Rojo	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Papa
27ac	Blanco	Rojo	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
28ac	Blanco	Rojo	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
29ac	Blanco	Ocre	Rojo	Cuerpo moderadamente moteado, algunas se unen para formar una mancha	Big Lima
30ac	Blanco	Ocre	Rojo	Cuerpo moderadamente moteado, algunas se unen para formar una mancha	Big Lima
31ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
32ac	Blanco	Café claro	Café oscuro	Ojo vinculado a otras partes del patrón, manchas cubren la region hiliar y la frontal, algunas manchas están presentes	Papa
33ac	Blanco	Café oscuro	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
34ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
35ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima
36ac	Blanco	Sin patrón	Sin patrón	Sin patrón	Big Lima

ac: acesión; CVP: color de las nervaduras de las hojas primarias completamente desarrolladas; AH: presencia de antocianinas en las hojas trifoliadas; PL: pubescencia de la lámina en la superficie abaxial de la primera hoja expandida; FF: forma del foliolo; CA: color de las alas de la corola de las flores; AA: apertura alar de la corola de las flores; FV: forma del ápice de la vaina inmadura; CV: curvatura de la vaina inmadura; CVM: color de vaina madura, CF: color de fondo de semilla; PPC: primer patrón de color de semilla; SPC: segundo patrón de color de semilla; PT: patrón de tegumento de semilla; C: cultigrupo.

Las láminas de la hoja fueron ligeramente pubescentes en veinticuatro accesiones y en las accesiones restantes (3ac, 4ac, 9ac, 10ac, 13ac, 15ac, 16ac, 17ac, 21ac, 22ac, 33ac y 35ac) se observó la lámina glabra (Tabla 3); este último resultado coincide con lo encontrado por Espinoza *et al.* (2022) quienes indicaron que todos los genotipos evaluados presentaron hojas glabras, sin pubescencia; mientras que lo primero coincide con Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes en su mayoría reportaron accesiones con láminas ligeramente pubescentes y todos los genotipos evaluados por Guimarães *et al.* (2007) presentaron vellosidad; estos autores indican que esta característica varía dependiendo del cultivar, órgano de la planta, etapa de crecimiento y en menor medida de las condiciones ambientales, como sequía y luz.

En la mayoría de las accesiones, el color de las alas de la corola de las flores de acuerdo a los Descriptores para Pallar del INIA, fue blanco y en las accesiones 8ac, 24ac, 32ac y 33ac rosa claro; violeta en las accesiones 2ac, 6ac y 7ac; y en las accesiones 17ac y 18ac rosa intenso a morado, similar a lo encontrado por Purwanti y Fauzi (2019), quienes determinaron que de las quince accesiones evaluadas el 40% presentaron flores blancas, 30% flores violetas y el 30% flores amarillentas; para López-Alcocer *et al.* (2016) el 90% de genotipos caracterizados tuvieron alas con tintes lila; mientras que, Guimarães *et al.* (2007) observaron cuatro variaciones de color en las flores (blanco, lila, blanco/amarillento y amarillo/blaqueado).

Los resultados de caracterización morfológica descriptiva indican que en aquellas accesiones que no presentaron flores blancas existe una relación entre esta variable y el color de las nervaduras de las hojas primarias y la presencia de pigmentación en las hojas trifoliadas, asemejándose a lo sostenido por Dadther-Huaman *et al.* (2023). Sin embargo, Espinoza *et al.* (2022) encontraron que no existe una relación directa entre el color violeta de la corola de la flor, color de la nervadura en hojas primarias y la presencia de pigmentos antocianicos en los trifolios; similar a lo indicado por Pesantes *et al.* (2015) quienes determinaron que no necesariamente existe una relación entre el color de flor y color del cotiledón en las accesiones que evaluaron, encontrando flores de color morado, blanco, lila y crema.

Veintisiete accesiones presentaron una apertura alar de la corola de la flor identificada como ligeramente abierta, ocho accesiones (6ac, 11ac, 17ac, 21ac, 22ac, 23ac, 24ac y 29ac) de tipo cerrada y la 19ac fue totalmente abierta (Tabla 3); resultados similares a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023), quienes determinaron que la mayoría de las accesiones evaluadas fueron ligeramente abiertas y sólo una accesión fue cerrada.

En dieciséis accesiones, la curvatura de la vaina inmadura según los Descriptores para Pallar del INIA, fue ligeramente curva, en trece accesiones fueron de vaina recta, mientras que en las demás (10ac, 12ac, 19ac, 21ac, 25ac, 28ac y 30ac) se mostraron vainas curvas (Tabla 3); esta amplia variabilidad fenotípica entre accesiones, también fue demostrada por Dadther-Huaman *et al.* (2023), quienes encontraron vainas curvas en cuatro accesiones, vainas ligeramente curvas en tres accesiones y vainas rectas en dos accesiones. De la misma manera, Espinoza *et al.* (2022) reportaron en su mayoría vainas ligeramente curvas, seguido de curvas y rectas; mientras que Pesantes *et al.* (2015) determinaron vainas tipo semicurva y curva.

En la mayoría de accesiones la forma del ápice de la vaina inmadura de acuerdo a los Descriptores para Pallar del INIA, fue de pico corto, mientras que en las accesiones 2ac, 7ac, 9ac, 17ac, 18ac, 33ac, 34ac y 36ac se encontraron de pico mediano y cuatro accesiones (6ac, 21ac, 32ac y 35ac) fueron de pico grueso (Tabla 3); caso contrario a las evaluaciones reportadas por Dadther-Huaman *et al.* (2023), quienes señalaron que en su mayoría la forma del ápice de la vaina fue grueso a excepción de una accesión que fue de pico corto. Además, para este carácter Espinoza *et al.* (2022) reportaron que el 40% de las vainas evaluadas fueron largas, 40% medias y 20% cortas; mientras que Pesantes *et al.* (2015) caracterizaron al ápice de la vaina entre mediano y largo.

El color de vaina madura predominante fue rojo, púrpura o negro (pigmentado por todas partes) y para las accesiones 1ac, 3ac, 4ac, 10ac, 11ac, 13ac, 15ac, 19ac, 20ac, 23ac, 31ac y 36ac fueron de color marrón, a excepción de la accesión 32ac donde fue marrón oscuro (Tabla 3). Pesantes *et al.* (2015) determinaron que la mayoría de accesiones caracterizadas fueron pardas y las demás entre moradas, cremas y morado pardo oscuro; mientras que López-Alcocer *et al.* (2016) en su investigación encontraron vainas de color verde claro, verde amarillo y verde café e inclusive algunas de ellas con apergaminado medio y fuerte de vainas.

Para color de fondo de las semillas, las accesiones 6ac, 17ac y 26ac presentaron color ocre, café claro y rojo respectivamente, mientras que el blanco predominó en las accesiones restantes (Tabla 3). Estos resultados demuestran la variabilidad fenotípica que existe en el color de las semillas; es así que, Dadther-Huaman *et al.* (2023) reportaron incluso accesiones de color negro; al igual que Pesantes *et al.* (2015), Montero *et al.* (2013) y Mobio *et al.* (2020) quienes hallaron semillas completamente negras en Perú, Haití y la zona sur de Costa de Marfil respectivamente; aunque Espinoza *et al.* (2022) no encontraron pallares de color negro, pero si algunos de color negro/blanco y color guinda en Ica, Perú; mientras que, Kay (1985) sostiene que los granos de pallar suelen ser blancos o cremas,

aunque también hay rojas, púrpuras, marrones, negras y moteadas. Inclusive, de color blanco y negro como es el caso del pallar Mochero (López *et al.*, 2023).

El primer patrón de color de la semilla de acuerdo a los Descriptores para Pallar del INIA, no se presentaron en diecinueve accesiones, mientras que en las accesiones 6ac, 8ac, 14ac, 18ac, 24ac y 32ac fueron café claro; café oscuro sólo en las accesiones 17ac y 33ac; las accesiones 25ac, 29ac y 30ac fueron de color ocre; rojo en las accesiones 9ac, 27ac y 28ac, rojo púrpura en la accesión 22ac y violeta claro en las accesiones 2ac y 7ac (Tabla 3); mientras que para el segundo patrón de color de la semilla, la mayoría de las accesiones fueron sin patrón, las accesiones 18ac, 24ac, 25ac y 32ac mostraron el color café oscuro; 6ac y 14ac el color negro; 29ac y 30ac el color rojo; 2ac y 7ac el color violeta oscuro y la 22ac el color rojo púrpura (Tabla 3); es así que, López-Alcocer *et al.* (2016) reportaron que el 47% fueron café y el 53% gris para poblaciones silvestres de *P. lunatus* originarias de la región occidente de México. Sólo se presentó patrón de tegumento de la semilla en quince accesiones (Tabla 3) caso contrario a lo reportado por Espinoza *et al.* (2022) quienes indicaron la presencia de esta última característica en la mayoría de las accesiones evaluadas.

Las accesiones 15ac, 26ac y 32ac pertenecieron al cultigrupo Papa (Figura 1), debido a su tamaño pequeño y forma globular a elíptica como también lo reportaron Fofana *et al.* (2001), Motta-Aldana *et al.* (2010) y Serrano-Serrano *et al.* (2012) asemejándose al tubérculo papa. Este cultigrupo pertenece al

acervo genético mesoamericano según Martínez-Castillo *et al.* (2004). Las demás accesiones pertenecieron al cultigrupo Big Lima, debido a su forma plana y tamaño grande como también lo mencionan Gutiérrez Salgado *et al.* (1995) y López *et al.* (2023). Este cultigrupo ha sido reportado en el Perú por Pesantes *et al.* (2015), Espinoza *et al.* (2021) y Dadther-Huaman *et al.* (2023); además Motta-Aldana *et al.* (2010) en base a estudios morfológicos, bioquímicos y moleculares sostiene que pertenece al acervo genético andino.

Análisis de caracteres cuantitativos

Para longitud del tallo principal, la accesión 23ac presentó el valor más alto con 2.87 m, mostrando diferencia significativa con la accesión 1ac, que tuvo el menor valor con 1.11 m (Tabla 4); similar a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023), quienes encontraron longitudes de 1.63 m y 1.80 m para las accesiones de crecimiento indeterminado mientras que para algunas accesiones de hábito arbustivo reportaron valores entre 38.00 cm y 46.33 cm.

El número de lóculos por vaina madura fluctuó entre 2.00 y 3.30 con diferencias significativas entre accesiones (Tabla 4), siendo las accesiones 1ac, 3ac, 4ac, 6ac, 8ac, 11ac, 12ac, 13ac, 18ac, 19ac, 20ac, 21ac, 23ac, 31ac, 33ac, 34ac y 36ac las que presentaron los menores valores mientras que las accesiones que presentaron los mayores valores fueron 2ac, 5ac, 15ac, 16ac, 25ac, 26ac, 29ac y 32ac; caso contrario a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes no encontraron diferencias significativas entre las accesiones estudiadas donde

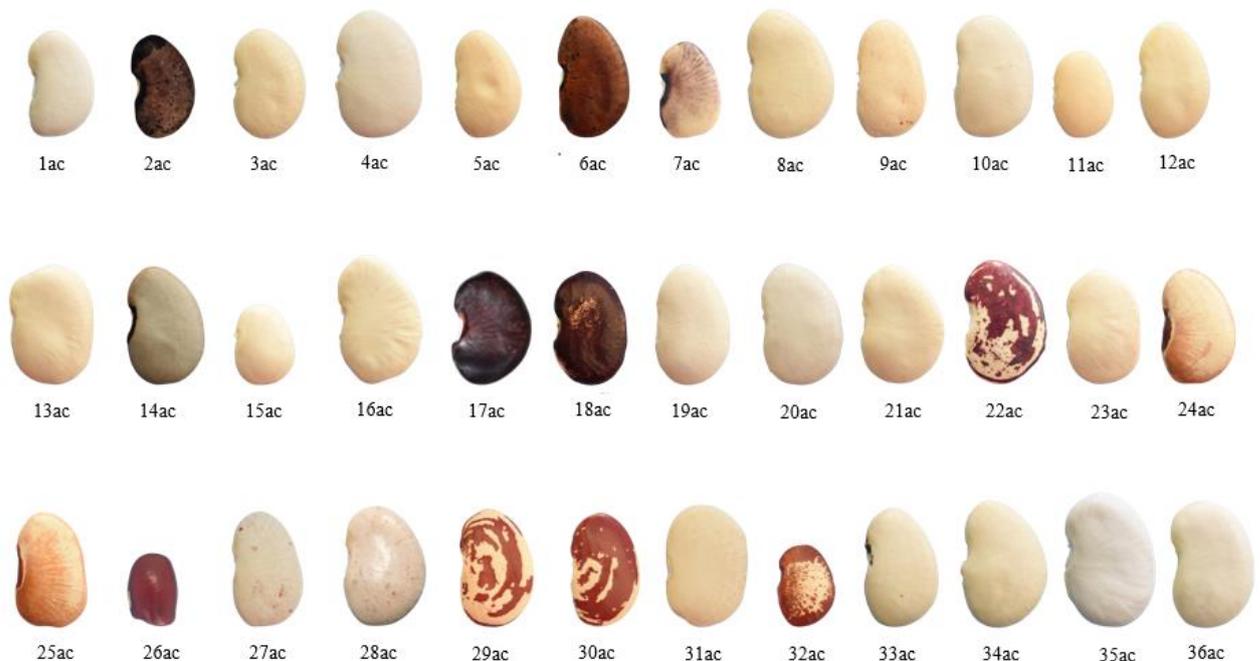


Figura 2. Diversidad fenotípica de 36 accesiones de *Phaseolus lunatus* de la Colección Nacional de Germoplasma del INIA, Ica, Perú.

Tabla 4. Caracteres cuantitativos de 36 accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú.

Accesión	LAP	NL	LS	AS	GS	LV	NXVP	NXSP	PXSP	PXS										
1	1.11	h	2.00	c	21.63	f	12.30	f	6.50	d	74.47	i	95.00	d	187.17	e	192.33	e	1.03	c
2	1.54	g	3.00	a	20.00	g	11.27	g	5.77	e	72.23	i	120.00	d	289.00	d	236.40	e	0.80	d
3	1.37	g	2.00	c	22.83	e	13.80	d	6.73	d	75.70	h	93.83	d	170.83	e	213.50	e	1.23	b
4	2.20	d	2.30	c	24.40	c	17.43	a	7.90	a	88.17	e	119.33	d	215.83	e	346.70	d	1.60	a
5	2.09	d	3.27	a	22.13	f	13.33	e	7.40	b	95.37	c	140.00	c	345.33	d	406.97	d	1.17	c
6	1.56	g	2.10	c	21.77	f	11.93	g	5.40	f	68.40	j	108.00	d	204.00	e	201.23	e	1.00	c
7	1.54	g	2.43	b	22.20	f	11.73	g	5.23	f	75.57	h	147.83	c	313.00	d	245.10	e	0.80	d
8	1.82	f	2.00	c	24.93	c	14.23	d	6.73	d	87.23	e	79.00	d	144.33	e	231.40	e	1.57	a
9	1.93	e	2.50	b	23.70	d	13.43	e	6.53	d	85.17	f	154.50	c	282.00	d	334.63	d	1.17	c
10	2.31	c	2.50	b	26.90	a	14.73	c	6.77	d	90.97	d	223.83	b	429.17	c	672.93	b	1.57	a
11	1.47	g	2.10	c	18.13	h	12.27	f	6.50	d	76.80	h	104.50	d	182.83	e	185.17	e	1.00	c
12	1.97	e	2.00	c	24.10	d	14.47	c	6.57	d	83.17	f	123.50	d	212.50	e	278.23	e	1.30	b
13	2.04	d	2.20	c	24.80	c	16.93	a	7.53	b	80.40	g	121.17	d	237.83	e	411.97	d	1.70	a
14	2.41	c	2.67	b	23.93	d	14.73	c	6.80	d	95.40	c	354.17	a	725.50	a	898.60	a	1.27	b
15	1.76	f	3.10	a	15.07	j	11.73	g	8.10	a	78.47	h	187.67	c	562.17	b	476.37	d	0.83	d
16	1.97	e	2.93	a	26.10	b	14.47	c	6.53	d	102.3	b	103.17	d	207.67	e	350.73	d	1.70	a
17	1.76	f	2.73	b	25.47	c	14.20	d	5.77	e	81.33	g	169.83	c	346.17	d	362.90	d	1.03	c
18	2.06	d	2.10	c	23.40	d	13.93	d	6.53	d	73.73	i	151.00	c	279.83	d	380.10	d	1.37	b
19	1.46	g	2.00	c	23.70	d	14.20	d	6.43	d	78.33	h	67.83	d	119.00	e	170.97	e	1.47	b
20	1.96	e	2.00	c	26.03	b	15.63	b	7.43	b	91.80	d	123.33	d	228.33	e	397.07	d	1.73	a
21	1.74	f	2.20	c	22.73	e	13.90	d	6.03	e	73.57	i	128.33	d	235.50	e	350.10	d	1.47	b
22	2.30	c	2.70	b	24.73	c	15.57	b	6.03	e	110.8	a	164.17	c	373.50	d	538.30	c	1.43	b
23	2.87	a	2.00	c	23.43	d	15.57	b	7.33	b	78.87	h	147.00	c	319.83	d	441.07	d	1.43	b
24	1.96	e	2.87	b	24.50	c	14.17	d	6.20	d	91.63	d	171.50	c	368.67	d	503.33	c	1.37	b
25	2.09	d	3.03	a	23.60	d	14.60	c	6.27	d	97.27	c	76.33	d	156.83	e	200.77	e	1.23	b
26	2.54	b	3.30	a	16.50	i	11.73	g	8.20	a	65.93	j	131.33	c	310.33	d	275.07	e	0.90	d
27	1.86	f	2.50	b	24.93	c	13.10	e	6.53	d	77.90	h	174.83	c	310.50	d	402.07	d	1.30	b
28	1.97	e	2.50	b	23.83	d	15.00	c	6.30	d	80.63	f	149.00	c	302.83	d	396.67	d	1.30	b
29	2.30	c	2.90	a	24.43	c	14.90	c	6.97	c	84.10	g	121.83	d	270.67	d	365.13	d	1.37	b
30	1.83	f	2.67	b	23.40	d	13.60	e	6.87	c	79.77	g	106.83	d	222.83	e	291.37	e	1.30	b
31	1.97	e	2.20	c	24.33	c	15.03	c	7.00	c	82.23	g	134.50	c	259.50	d	367.03	d	1.40	b
32	2.61	b	3.00	a	16.03	i	11.47	g	7.30	b	63.67	j	175.00	c	444.17	c	322.50	d	0.77	d
33	2.19	d	2.27	c	25.20	c	14.43	c	6.70	d	80.20	g	148.50	c	282.17	d	384.80	d	1.37	b
34	2.06	d	2.10	c	26.23	b	15.13	c	6.93	c	95.93	c	139.17	c	250.33	e	444.53	d	1.77	a
35	2.11	d	2.50	b	26.63	a	16.20	b	6.63	d	87.57	e	136.50	c	251.17	e	460.10	d	1.83	a
36	2.04	d	2.00	c	23.03	d	13.87	d	6.27	d	86.73	e	110.17	d	185.83	e	276.75	e	1.50	b
Promedio	2.02		2.46		23.19		14.03		6.69		83.11		138.96		284.09		361.47		1.31	
σ	0.32		0.41		2.85		1.52		0.67		10.19		49.49		117.96		144.17		0.29	
CV%	16%		17%		12%		11%		10%		12%		36%		42%		40%		22%	

LAP: longitud del tallo principal (m); NL: número de lóculos por vaina madura; LS: largo de semilla (mm); AS: ancho de semilla (mm); GS: grosor de semilla (mm); LV: largo de vaina madura (mm); NXVP: número promedio de vainas maduras por planta; NXSP: número promedio de semillas por planta; PXSP: peso promedio de semillas por planta (g); PXS: peso promedio de semilla (g); Prom: promedio; σ : desviación estándar; CV: coeficiente de variación. Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según prueba de Scott Knott ($p < 0.05$).

el promedio fue de 2.10 lóculos por vaina; sin embargo, para López-Alcocer *et al.* (2016), varió de 1.3 a 1.6 lóculos por vaina, datos similares a los reportados por Walma *et al.* (2007) quienes

encontraron de 1 a 2 lóculos por vaina. Espinoza *et al.* (2021) indicaron rangos de 2.0 a 3.8 lóculos y López *et al.* (2023) de 2.44 a 2.89 lóculos.

Para longitud de vaina madura se encontraron diferencias significativas entre accesiones, cuyos valores oscilaron entre 63.67 mm y 110.80 mm con un promedio de 83.11 mm, donde la 22ac mostró el valor más elevado mientras que 6ac, 26ac y 32ac presentaron los menores valores (Tabla 4). Caso contrario a Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes no encontraron diferencias significativas entre accesiones cuyos valores fluctuaron entre 74.97 mm y 89.47 mm. Sin embargo, López-Alcocer *et al.* (2016) encontraron vainas con menor longitud en plantas cultivadas en el occidente de México que oscilaron entre 25.00 mm a 85.00 mm con un promedio de 45.80 mm; mientras que el promedio de esta variable para Vargas *et al.* (2003) fue de 40.00 mm en poblaciones silvestres de Costa Rica, 114.00 mm para Espinoza *et al.* (2021) en genotipos provenientes de la Costa centro-sur y norte del Perú, 116.72 mm para Purwanti y Fauzi (2019) y 128.83 mm para López *et al.* (2023).

Para largo de semilla se encontró que son grandes, tipo Big Lima (promedio 23.19 mm) con diferencias significativas entre sí, donde las accesiones más resaltantes fueron 10ac y 35ac con valores de 26.90 mm y 26.63 mm respectivamente y la 15ac tuvo el resultado más bajo con un valor de 15.07 mm (Tabla 4). Dadther-Huaman *et al.* (2023) y Espinoza *et al.* (2021) reportaron resultados similares con un promedio de 23.44 mm y 25.50 mm para accesiones cultivadas en Perú; mientras que valores inferiores hallaron Purwanti y Fauzi (2019) entre 10.00 y 25.00 mm para accesiones recolectadas en Java Oriental, Mobio *et al.* (2020) entre 10.00 mm y 23.00 mm para muestras colectadas en diferentes localidades de la zona sur de Costa de Marfil y López *et al.* (2023) entre 21.41 mm y 22.45 mm para semillas del ecotipo Mochoero procedentes de parcelas agrícolas de Trujillo.

Asimismo, el ancho de semilla, en las accesiones 4ac y 13ac presentaron los mayores valores con 17.43 mm y 16.93 mm, siendo estadísticamente diferentes a 2ac (11.27 mm), 6ac (11.93 mm), 7ac (11.73 mm), 15ac (11.73 mm), 26ac (11.73 mm) y 32ac (11.47 mm) (Tabla 4). Pesantes *et al.* (2015) determinaron entre las colectas estudiadas un ancho de 16.48 mm para semillas procedentes de la costa de Trujillo; similar a lo hallado por Espinoza *et al.* (2022) con 17.80 mm para genotipos cultivados en Perú y López *et al.* (2023) con 13.80 mm; mientras que Purwanti y Fauzi (2019) encontraron semillas de 9.20 mm a 11.51 mm en plantas cultivadas en Indonesia y para Mobio *et al.* (2020) este carácter varió entre 7.00 mm a 15.00 mm.

Los valores de grosor de semilla fueron estadísticamente diferentes entre las accesiones, siendo 4ac, 15ac y 26ac las que presentaron los mayores valores con 7.90 mm, 8.10 mm y 8.20 mm respectivamente, mientras que 6ac y 7ac tuvieron los menores valores con 5.40 mm y 5.23 mm respectivamente (Tabla 4). Estos resultados se

asemejan a lo encontrado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes obtuvieron valores entre 5.30 mm y 6.91 mm, sin diferencias significativas entre las accesiones evaluadas y Espinoza *et al.* (2021) con respecto a esta misma variable indicaron un promedio de 7.00 mm para los genotipos con mayor espesor mientras que los granos más delgados o aplanados presentaron en promedio 4.50 mm. Espinoza *et al.* (2022) reportaron la existencia de diferencias altamente significativas entre los genotipos estudiados, donde el mayor valor fue 6.80 mm y 5.70 mm para el genotipo de grano más aplanado.

Para número promedio de vainas maduras por planta, se encontraron diferencias significativas entre accesiones; la accesión 14ac presentó el mayor valor con 354.17; en relación a 1ac, 2ac, 3ac, 4ac, 6ac, 8ac, 11ac, 12ac, 13ac, 14ac, 16ac, 19ac, 20ac, 21ac, 25ac, 29ac, 30ac y 36ac que presentaron los menores valores (Tabla 4). Dadther-Huaman *et al.* (2023) reportaron los valores más altos para las accesiones indeterminadas con un promedio de 153.05, mientras que los valores más bajos correspondieron a las accesiones de hábito arbustivo con un promedio de 17.11 y Guimarães *et al.* (2007), indicaron variaciones entre 14.40 a 436.30 vainas por planta.

Los mayores valores para peso promedio de semillas por planta, se encontraron en las accesiones 14ac (898.60 g), 10ac (672.93 g), 22ac (538.30 g) y 24ac (503.33 g) siendo estadísticamente superiores a las demás accesiones (Tabla 4). Dadther-Huaman *et al.* (2023) reportaron accesiones indeterminadas con valores de 333.10 g y 388.70 g y Espinoza *et al.* (2022), encontraron los mayores rendimientos por planta con pesos de 294.85 g y 282.49 g; sin embargo, estos valores no superan a los pesos reportados para la accesión 14ac lo que indica la importancia promisoriosa en cuanto a rendimiento; esta misma accesión presentó el valor más alto (725.50) para número promedio de semillas por planta, superando así estadísticamente a las demás accesiones (Tabla 4).

El peso promedio de semilla de las accesiones 4ac (1.60 g), 8ac (1.57 g), 10ac (1.57 g), 13ac (1.70 g), 16ac (1.70 g), 20ac (1.73 g), 34ac (1.77 g) y 35ac (1.83 g) resultó significativamente superior a las demás (Tabla 4). Estos resultados fueron superiores a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes determinaron un promedio de 1.20 g con un peso máximo de 1.50 g y un peso mínimo de 0.80 g. Igualmente, Pesantes *et al.* (2015) sostienen la existencia de diferencias bien definidas entre los pesos promedios de las semillas de los pallares considerados como grandes tipo Big Lima con un valor promedio de 1.64 g, mientras que Purwanti y Fauzi (2019) reportaron los pesos más altos también para semillas tipo Big Lima con un valor de 1.79 g. Las accesiones 4ac, 8ac, 10ac, 19ac, 21ac, 22ac, 23ac, 31ac y 36ac presentaron un peso de semilla

entre 1.38 g a 1.62 g que se ajustó a la clase comercial “pallar mediano” y las accesiones 13ac, 16ac, 20ac y 34ac se ajustaron a la clase comercial “pallar iqueño” que se caracterizan por su tamaño extra grande (MINAGRI, 2016), resaltando así su importancia para el mercado.

Correlación entre caracteres

En el análisis de correlación múltiple entre los caracteres cuantitativos, se detectaron 18 correlaciones positivas y 2 correlaciones negativas. El número de lóculos por vaina madura tuvo correlación significativa y negativa con el peso promedio de semilla ($r = -0.36^*$) y largo de semilla ($r = -0.38^*$) (Tabla 5), lo que indica que a medida que aumenta el número de lóculos por vaina madura, estas dos variables disminuyen; sin embargo, la correlación fue altamente significativa y positiva con el número promedio de semillas por planta ($r = 0.48^{**}$). Contrario a lo reportado por Espinoza *et al.* (2021) quienes no hallaron correlación entre número de lóculos y largo de semilla, asimismo, este carácter se correlacionó de manera significativa y positiva con el ancho de vaina madura ($r = 0.37^*$) y ancho de semilla ($r = 0.39^*$).

El largo de vaina madura mostró correlación altamente significativa y positiva con el peso promedio de semillas por planta ($r = 0.47^{**}$) (Tabla 5). De igual forma, López-Alcocer *et al.* (2016) hallaron correlación altamente significativa y positiva entre largo de vaina madura y peso de 100 semillas ($r = 0.83^{**}$) y altitud de colecta ($r =$

0.62^{**}); mientras que, Espinoza *et al.* (2021) reportaron correlación altamente significativa y positiva para largo y ancho de vaina madura ($r = 0.72^{**}$), grosor de semilla ($r = 0.57^{**}$) y peso de 100 semillas ($r = 0.76^{**}$).

El largo de semilla presentó correlación altamente significativa y positiva con el largo de vaina madura ($r = 0.60^{**}$) y el ancho de semilla ($r = 0.74^{**}$) (Tabla 5). Asimismo, Espinoza *et al.* (2021) encontraron correlación altamente significativa y positiva entre estos caracteres.

El ancho de semilla presentó correlación altamente significativa y positiva con el largo de vaina madura ($r = 0.59^{**}$) y correlación significativa y positiva con el peso promedio de semillas por planta ($r = 0.39^*$) (Tabla 5). Es decir que, a mayor ancho de semilla, el largo de vaina madura y el peso promedio de semillas por plantas se incrementa. El carácter número promedio de vainas maduras por planta tuvo correlación altamente significativa y positiva con el número promedio de semillas por planta ($r = 0.93^{**}$) y peso promedio de semillas por planta ($r = 0.89^{**}$) (Tabla 5), similar a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes mencionaron que este carácter tuvo correlación altamente significativa y positiva con el peso promedio de semillas por planta ($r = 0.96^{**}$), no obstante, la correlación fue significativa y negativa con el peso promedio de semilla ($r = -0.69^*$). Además, se halló correlación altamente significativa y positiva entre número y peso promedio de semillas por planta ($r = 0.81^{**}$) (Tabla 5).

Tabla 5. Matriz de coeficiente de correlación de caracteres cuantitativos para 36 accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú.

	LAP	NL	LS	AS	GS	LV	NXVP	NXSP	PXSP	PXS
LAP	1									
NL	0.31	1								
LS	0.07	-0.38*	1							
AS	0.38*	-0.31	0.74**	1						
GS	0.48**	0.19	-0.26	0.24	1					
LV	0.24	0.12	0.60**	0.59**	0.00	1				
NXVP	0.43**	0.27	0.01	0.03	0.10	0.17	1			
NXSP	0.43**	0.48**	-0.24	-0.13	0.22	0.11	0.93**	1		
PXSP	0.55**	0.20	0.29	0.39**	0.23	0.47**	0.89**	0.81**	1	
PXS	0.32	-0.36*	0.81**	0.88**	0.19	0.65**	0.01	-0.17	0.40**	1

LAP: longitud del tallo principal; NL: número de lóculos por vaina madura; LS: largo de semilla; AS: ancho de semilla; GS: grosor de semilla; LV: largo de vaina madura; NXVP: número promedio de vainas maduras por planta; NXSP: número promedio de semillas por planta; PXSP: peso promedio de semillas por planta; PXS: peso promedio de semilla; * y **: coeficientes significativos ($p < 0.05$ y $p < 0.01$).

El peso promedio de semilla presentó correlación altamente significativa y positiva con el largo de semilla ($r = 0.81^{**}$), ancho de semilla ($r = 0.88^{**}$) y largo de vaina madura ($r = 0.65^{**}$); y correlación significativa y positiva con el peso promedio de semillas por planta ($r = 0.40^*$) (Tabla 5), estos resultados coinciden con lo mencionado por López-Alcocer *et al.* (2016) quienes sostienen que el tamaño de semilla en el pallar silvestre está relacionado con el desarrollo y con las mayores dimensiones de algunos de sus órganos como son las vainas, caso contrario a lo reportado por Dadther-Huaman *et al.* (2023) quienes no hallaron correlación entre estos caracteres. La longitud del tallo principal se correlacionó de manera altamente significativa y positiva con el grosor de semilla ($r = 0.48^{**}$), número promedio de vainas maduras por planta ($r = 0.43^{**}$), número promedio de semillas por planta ($r = 0.43^{**}$) y peso promedio de semillas por planta ($r = 0.55^{**}$); mientras que la correlación fue positiva y significativa con el ancho de semilla ($r = 0.38^*$). Espinoza *et al.* (2022), reportaron resultados similares hallando correlación altamente significativa y positiva para longitud del tallo principal y número promedio de vainas maduras por planta ($r = 0.76^{**}$) y peso promedio de semillas por planta ($r = 0.84^{**}$).

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros componentes expresaron el 69.38% de la variación total del germoplasma de *P. lunatus* (Figura 3). La primera dimensión contribuyó con 38.29% de la varianza total y estuvo definida especialmente por los caracteres de peso promedio de semilla con 14.47%, ancho de semilla con 14.45%, largo de vaina madura con 13.05% y la segunda dimensión expresó el 31.09% de la

varianza, integrada por los caracteres número de lóculos por vaina madura (14.49%), número promedio de vainas maduras por planta (13.86%) y número promedio de semillas por planta (22.13%). Dadther-Huaman *et al.* (2023), reportaron 77.07% de la varianza total para los dos primeros componentes en evaluaciones con caracteres similares.

López-Alcocer *et al.* (2016), al realizar este análisis en su investigación, encontraron que el primer componente representó el 15.01% de la variación, definido por las variables longitud y ancho de hoja primaria, longitud de vaina y peso de 100 semillas; el segundo componente, tuvo un aporte de 21.12% a la varianza total constituido principalmente por las variables ancho y longitud de foliolo central y el tercer componente con una aportación a la varianza de 12.15%, integrada por las variables tiempo a floración y número de semillas por vaina. Espinoza *et al.* (2021) trabajaron con cinco componentes, el primer componente con 36.7% de la variación que estuvo definido por peso de 100 semillas, ancho, largo y grosor de semilla, días a la floración y días a la madurez de la vaina; el segundo componente aportó una varianza de 22.80% constituido por el número de semillas por vaina, patrón de tegumento, color de fondo, forma de semilla, forma del ápice de la vaina y ancho de vaina; el tercer componente aportó con una varianza de 10.90% constituido por el patrón de crecimiento, días a la floración, forma de semilla, curvatura de la vaina y días a la madurez de la vaina; el cuarto componente con 9.40% de la variación estuvo definido por el color de fondo de la semilla, color de alas de la flor, patrón de crecimiento y patrón de tegumento y el quinto componente que aportó con el 6.60% de la variación estuvo definida por la forma del ápice de la vaina y curvatura de la vaina.

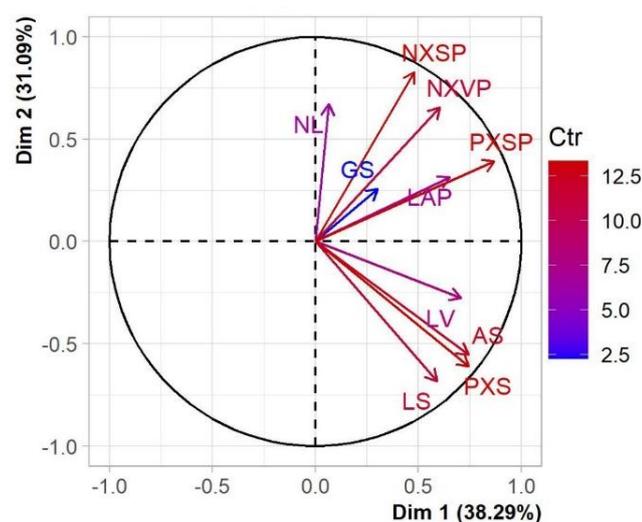


Figura 3. Análisis de componentes principales de caracteres cuantitativos de 36 accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú. Dim: dimensión; Ctr: contribución (%); LAP: longitud del tallo principal; NL: número de lóculos por vaina madura; LS: largo de semilla; AS: ancho de semilla; GS: grosor de semilla; LV: largo de vaina madura; NXVP: número promedio de vainas maduras por planta; NXSP: número promedio de semillas por planta; PXSP: peso promedio de semillas por planta; PXS: peso promedio de semillas.

Estos resultados indican que la correlación es un análisis estadístico trascendental que permite diferenciar los caracteres más importantes en la descripción agromorfológica.

Análisis de agrupamiento jerárquico entre accesiones

El análisis de agrupamiento jerárquico realizado con los 10 caracteres cuantitativos, separó las accesiones de *P. lunatus* en tres grupos A, B y C (Figura 4).

El grupo A se constituyó por las accesiones 14ac, 15ac, 26ac y 32ac con promedios altos para las variables número promedio de semillas por planta (510.54), grosor de semilla (7.60 mm), número de lóculos por vaina madura (3.00), longitud del tallo principal (2.33 m) y número promedio de vainas maduras por planta (212.04). Para Dadther-Huaman *et al.* (2023), estas dos últimas variables también fueron de mayor importancia en su investigación. Este grupo está conformado por dos cultigrupos, las accesiones 15ac, 26ac y 32ac son Papa y la 14ac es Big Lima, dentro de este grupo la 14ac presenta los mayores valores en relación al rendimiento con un número promedio de semillas por planta de 725.50 y un número promedio de vainas maduras por planta de 354.17.

En el grupo B se ubicaron las accesiones 1ac, 2ac, 6ac, 7ac y 11ac que pertenecen al cultigrupo Big Lima, que mostraron los valores más bajos para longitud de tallo principal (1.44 m), ancho de semilla (11.90 mm), grosor de semilla (5.88 mm), largo de vaina madura (73.48 mm), peso promedio de semilla

(1.01 g) y peso promedio de semillas por planta (212.04 g), en este grupo se encuentran las accesiones de menor interés en relación al rendimiento.

El grupo C conformado por el resto de accesiones evaluadas, presentaron los valores más altos para largo de vaina madura (85.95 mm), peso promedio de semilla (1.67 g), largo de semilla (24.41 mm) y ancho de semilla (14.66 mm). Conformado por el cultigrupo Big Lima, resaltando la 13ac, 34ac y 16ac por tener los mayores pesos promedios de semilla de todas las accesiones evaluadas con 2.10 g, 2.09 g y 2.05 g respectivamente, corroborando su importancia por su tamaño extra grande y además por su color de fondo blanco.

Otros autores también han utilizado el análisis de agrupamiento jerárquico en pallar para diferenciar grupos, como es el caso de Silva *et al.* (2019) quienes encontraron tres grupos, un grupo andino y dos mesoamericanos en estudios realizados en Brasil; mientras que López-Alcocer *et al.* (2016), separó en dos grupos las poblaciones de *P. lunatus* silvestre evaluadas en México, el grupo A integrado por doce poblaciones, de las cuales nueve son de semilla pequeña y de floración tardía y las demás son genotipos tardíos de semillas grandes; mientras que el grupo B integrado por 18 genotipos de floración precoz, de las cuales catorce poblaciones son de semilla pequeña y cuatro poblaciones son de semilla grande; asimismo, Espinoza *et al.* (2021) reportaron cuatro grupos bien definidos en estudios realizados en el Valle de Ica para pallares del cultigrupo Sieva y Big Lima.

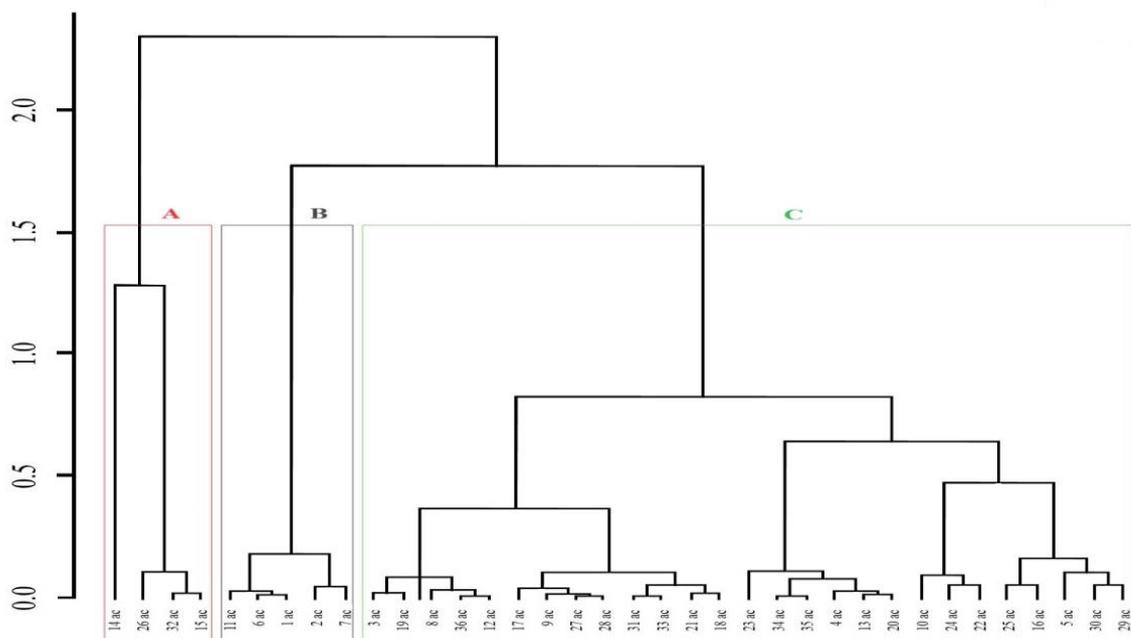


Figura 4. Agrupamiento jerárquico con distancia Euclidiana de caracteres cuantitativos en 36 accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú. Grupos: A; B y C.

CONCLUSIONES

Las accesiones de *P. lunatus* instaladas en el Banco de Germoplasma del INIA presentaron variabilidad fenotípica en caracteres cualitativos y cuantitativos. Los caracteres cualitativos de mayor relevancia fueron el color de las nervaduras de las hojas primarias completamente desarrolladas, color de las alas de la corola de las flores, color de fondo, primer y segundo patrón de color y patrón de tegumento de la semilla; y para las variables cuantitativas fueron número promedio de vainas maduras por planta, número promedio de semillas por planta y peso promedio de semillas por planta.

Se presentó una correlación positiva y altamente significativa entre la longitud del tallo principal y el número promedio de vainas maduras por planta, número promedio de semillas por planta, peso promedio de semillas por planta y peso promedio de semilla; y correlación significativa y negativa entre el número de lóculos por vaina madura y largo de semilla y peso promedio de semilla.

El agrupamiento jerárquico elaborado con las dos primeras dimensiones del análisis de componentes principales detectó tres grupos de características similares, en relación con la morfología y el rendimiento. La accesión promisoría en relación al mayor número promedio de vainas maduras, número promedio de semillas y peso promedio de semillas por planta fue la 14ac.

Agradecimiento

Al Técnico Agropecuario Alfonso Niel Llacta Valencia y al Señor Ernesto Manuel Pachas Sebastián por su apoyo en las labores de campo.

Funding. To the source of financing of the Investment Project “Improvement of research services in the characterization of genetic resources of Agrobiodiversity in 17 departments of Peru-ProAgrobio”, with unique investment code 2480490.

Conflict of interest statement. There is no conflict of interest.

Compliance with ethical standards. Does not apply.

Data availability. Data available from the author upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). **H. Dadther-Huaman** - Conceptualization, investigation, project administration, writing–review & editing. **T.A. Gambini-de la Cruz** - Formal Analysis, writing–review & editing. **B. Coaquira-Mendoza** - investigation, project administration & supervisión. **D. Garay-Duran** - investigation, project administration & supervisión. **J. Parco-Quinchori** - Formal Analysis &

methodology. **R. Quispe-Castro** – review & editing. **L. Aybar-Peve** – methodology & review. **S. Contreras-Liza** - writing & review. **V.H. Casa-Coila** - review & editing.

REFERENCES

- Baudet, J.C., 1977. Origine et classification des espèces cultivées du genre *Phaseolus*. *Bulletin de la Société Botanique de Belgique*, 110, pp. 65-76. <http://www.jstor.org/stable/20793672>
- Dadther-Huaman, H., Zamata-Guzmán, R. and Casa-Coila, V., 2023. Caracterización agro-morfológica de accesiones de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) del Banco Nacional de Germoplasma del INIA, Perú. *Bioagro*, 35 (1), pp. 59-68. <https://doi.org/10.51372/bioagro351.7>
- Dadther-Huaman, H., Coaquira-Mendoza, B., Garay-Duran, D., Gambini-de la Cruz, T. A., Parco-Quinchori, J. and Aybar-Peve, L., 2024. Descriptores para pallar. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Perú. pp. 1 - 32. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2460>
- Di Renzo, J., Balzarini, M., González, L. Casanoves, F., Tablada, M. and Robledo, C., 2017. InfoStat, Software estadístico. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>
- Espinoza, L., Camarena, F. and Zúñiga-Dávila, D., 2021. Caracterización morfológica de 30 genotipos de *Phaseolus lunatus* L. de la costa del Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), pp. 10039-10053. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.1051
- Espinoza, L.M., Aquije, P.A., Surco, F.A., Espino, G. and Rojas, Y., 2022. Caracterización morfoagronómica y evaluación del rendimiento de doce genotipos de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) de granos de colores en la zona media del Valle de Ica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), pp. 927-946. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1552
- Esquivel, M., Castiñeiras, L. and Hammer, K., 1990. Origen, clasificación, variación y distribución del frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.) a la luz del material cubano. *Eufítica*, 49, pp. 89-97. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00027258>
- FAO, 2018. Biodiversidad para una agricultura sostenible. Food and Agriculture

- Organization of the United Nations. Roma, Italia. <https://n9.cl/97j4y>
- Fofana, B., Du Jardín, P. and Baudoin, J. P., 2001. Genetic diversity in the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) as revealed by chloroplast DNA (cpDNA) variations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48, pp. 437-445. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1012016030318>
- Gutiérrez Salgado, A., Gepts, P. and Debouck, D.G. 1995. Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 42, pp. 15-28. <https://doi.org/10.1007/BF02310680>
- Guimarães, W. N., Martins, L. S., Silva, E. F. D., Ferraz, G. D. M. and Oliveira, F. J. D., 2007. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11, pp. 37-45. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100005>
- IBPGR, 1982. Lima Bean descriptors. International Board for Plant Genetic Resources. <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/lima-bean-descriptors/>
- INDECOPI, 2007. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Resolución N° 020525.
- INIA, 2017. Banco Nacional de Germoplasma. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. <https://n9.cl/k2r8e>
- INIA, 2023. Sub Dirección de Recursos Genéticos. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. <https://n9.cl/6bb7f>
- Kay, D., 1985. Legumbres alimenticias; Judía Lima. Ediciones Acribia S.A. Zaragoza – España. pp. 438. https://www.editorialacribia.com/libro/legumbres-alimenticias_53725/
- López-Alcocer, J., Lépiz-Ildelfonso, R., González-Eguiarte, R., Rodríguez-Macías, R. and López-Alcocer, E., 2016. Morphological variability of wild *Phaseolus lunatus* L. from the western region of México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(1), pp. 49-58. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000100009&lng=es&tlng=en
- López, S., Mostacero, J., Gil, A., López, A., De La Cruz, A., Villena, L. and Asmat, B., 2023. Morfometría de vainas y semillas de *Phaseolus lunatus* L., ecotipo pallar mochero. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2), p. e3000. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3000
- Martínez-Castillo, J., 2015. Consideraciones sobre la importancia del muestreo en los estudios de la domesticación de plantas: el caso del frijol lima (*Phaseolus lunatus*) en México. Desde el Herbario CICY, 7, pp. 17-22. <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jsp/ui/handle/1003/2346>
- Mercado, C. and Quispe, J., 2019. Efecto de la densidad de siembra, en el rendimiento y otras características en dos líneas promisorias de pallar (*Phaseolus lunatus* L.) precoz, en Arrabales – Ica. Tesis pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3175>
- MINAGRI, 2016. Leguminosas de grano “Semillas nutritivas para un futuro sostenible”. Ministerio de Agricultura y Riego). Lima, Perú. <https://n9.cl/t3ivn>
- Mobio, D.S., Koffi, K.K. and Kouonon, L.C., 2020. Preliminary Diversity Assessment of Lima Beans (*Phaseolus lunatus* L.) cultivated in Côte D’Ivoire. *American Journal of Plant Sciences*, 11(12), pp. 2059-2065. [10.4236/ajps.2020.1112145](https://doi.org/10.4236/ajps.2020.1112145)
- Montero, M., Ortiz, M., Castor, J., and Sirtunga, D., 2013. Genetic, morphological and cyanogen content evaluation of a new collection of Caribbean Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(8), pp. 2241-2252. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-9989-9>
- Motta-Aldana, J.R., Serrano-Serrano, M.L., Hernández-Torres, J., Castillo-Villamizar, G., Debouck, D.G., and Chacóns, M.I., 2010. Multiple Origins of Lima Bean Landraces in the Americas: Evidence from Chloroplast and Nuclear DNA Polymorphisms. *Crop Science*, 50(5), pp. 1773-1787. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.12.0706>
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios,

- muestreo y análisis. Segunda Edición. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Pesantes, M., León, E., De La Cruz, E. and Rodríguez, J., 2015. Variabilidad morfo-agronómica en poblaciones de pallar, *Phaseolus lunatus*, cultivado en condiciones de Costa de la Provincia de Trujillo (Perú). *Rebiol*, 35(2), pp. 29-38.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/1073>
- Purwanti, E. and Fauzi, A., 2019. The Morphological Characteristics of *Phaseolus lunatus* L. in Different Areas of East Java, Indonesia. *Earth and Environmental Science*, 276, pp. 12-17.
<http://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012017>
- SENHAMI., 2023. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Serrano-Serrano, M.L., Andueza-Noh, R.H., Martínez-Castillo, J., Debouck, D.G. and Chacón, M.I., 2012. Evolution and Domestication of Lima Bean in Mexico: Evidence from Ribosomal DNA. *Crop Science*, 52(4), pp. 1698-1712.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2011.12.0642>
- SIEA., 2021. Anuarios de producción agrícola. Sistema Integrado de Estadística Agraria. Lima, Perú.
<https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- Silva, R., Lopes, A., Gomes, R., Pádua, J. and Burle, M., 2019. High diversity of cultivated lima beans (*Phaseolus lunatus*) in Brazil consisting of one Andean and two Mesoamerican groups with strong introgression between the gene pools. *Genetics and Molecular Research*, 18(4), gmr18441.
<https://doi.org/10.4238/gmr18441>
- Vargas, E. M., Castro, E., Macaya, G. and J. Rocha, O., 2003. Variación del tamaño de frutos y semillas en 38 poblaciones silvestres de *Phaseolus lunatus* (Fabaceae) del Valle Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 51(3-4), pp. 707-724.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442003000300011
- Walma, N., Martins, L., da Silva, E., Ferraz, G. and de Oliveira, F., 2007. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(1), pp. 37-45.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000100005>