

# CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE PALLAR (*Phaseolus lunatus* L.) DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DEL INIA, PERÚ

Hans Dadther-Huaman<sup>1,\*</sup>, Raúl Zamata-Guzman<sup>1</sup> y Víctor Hugo Casa-Coila<sup>2</sup>

## RESUMEN

*Phaseolus lunatus* es una leguminosa de gran importancia en el Perú, que ha sido domesticada por las culturas Nazca, Paracas y Mochica. La gran variabilidad genética obtenida por estas civilizaciones aún no ha sido plenamente identificada. Esta investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización agro-morfológica de nueve accesiones, comparando 17 variables cualitativas y 12 cuantitativas a través de análisis descriptivos, ANOVA y prueba de Tukey, de correlación, de componentes principales y de agrupamiento jerárquico. Los resultados indicaron variabilidad genética. Hubo correlación positiva y significativa entre la longitud del tallo principal y el número promedio de vainas por planta, pero negativa en relación al peso promedio de semilla. Se identificaron tres grupos de características similares en cuanto a la morfología y el rendimiento, resaltando los altos valores de ancho de vaina y semilla, número promedio de vainas por planta y peso promedio de semillas. Las accesiones promisorias fueron 1ac, 2ac, 5ac, 8ac y 9ac.

**Palabras clave adicionales:** Cluster jerárquico, frijol lima, leguminosas de grano, variabilidad genética.

## ABSTRACT

### Agro-morphological characterization of pallar accessions (*Phaseolus lunatus*) from the National Germplasm Bank of INIA, Peru

*Phaseolus lunatus* is a leguminous of a great cultural importance in Peru, that has been domesticated by Nazca, Paracas and Mochica cultures. The great genetic variability obtained by those civilizations has not been completely identified yet. The objective of this study was to characterize agro-morphologically nine accessions of this species comparing 17 qualitative and 12 quantitative parameters through descriptive analysis, ANOVA and Tukey's test, correlation, principal components, and hierarchical clustering. The results indicated genetic variability. There was a positive and significant correlation between the main stem length and the average number of pods per plant, but a negative correlation with the average seed weight. Three groups of similar characteristics were identified based on their morphology and yield, where high values of pod and seed width, average number of pods per plant and average seed weight stood out. The promising accessions were 1ac, 2ac, 5ac, 8ac and 9ac.

**Additional keywords:** Genetic variability, grain legumes, hierarchical clustering, lima bean.

## INTRODUCCIÓN

El pallar (*Phaseolus lunatus* L.) perteneciente a la familia Fabaceae (Mobio et al., 2020), es la principal leguminosa sembrada en el departamento de Ica, en el Perú (SIEA, 2021). Debido a su alto contenido de proteínas, minerales, carbohidratos, fibra y vitaminas, es un cultivo de gran importancia; las principales regiones productoras son Lambayeque, Ica, Arequipa, La Libertad y Ayacucho (Cayetano et al., 2021). La planta, presenta cinco clases

comerciales en relación al color, forma, tamaño y calibre de la semilla (MINAGRI, 2016).

*Phaseolus lunatus* tiene un mecanismo de reproducción mixto y, aunque es principalmente autógama, el porcentaje de alogamia es del 48 % (Fofana et al., 1999). El hábito de crecimiento es arbustivo determinado, indeterminado semi-postrado, ramificado en la base e indeterminado trepador; este último presenta la mayor longitud del tallo principal (IBPGR, 1982). Estudios morfológicos, bioquímicos y moleculares

Recibido: Febrero 24, 2022

Aceptado: Septiembre 23, 2022

<sup>1</sup> INIA, Estación Experimental Agraria, Chincha Baja, Provincia de Chincha, Ica, Perú.  
e-mail: [hansdadther@gmail.com](mailto:hansdadther@gmail.com) (autor de correspondencia); [raul7zamata@gmail.com](mailto:raul7zamata@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.  
e-mail: [vcasac@unsa.edu.pe](mailto:vcasac@unsa.edu.pe)

han determinado dos acervos de *P. lunatus*, mesoamericano y andino (Motta et al., 2010; Serrano et al., 2012), similar a los de *P. vulgaris* (Mayor et al., 2016). El mesoamericano presenta una amplia distribución geográfica, que abarca, desde el norte de México hasta el norte de Argentina (Andueza et al., 2016) y la semilla es pequeña (López et al., 2016). Por su parte, Motta et al. (2010) demostraron la domesticación del andino, especialmente en el norte del Perú, dando lugar a semillas autóctonas de gran tamaño llamadas “Big lima”, en toda la vertiente occidental de los Andes. Ambos acervos existen en el Perú.

López et al. (2016) reconocieron la importancia de la caracterización de *P. lunatus* para tener un mejor entendimiento de las poblaciones silvestres colectadas en el occidente de México, mientras que Pensantes et al. (2015), señalaron la existencia de poblaciones semi cultivadas en Trujillo y Huamachuco, en el norte de Perú, poco explotadas agrónomicamente y con características agro-morfológicas bien diferenciadas. Además, en la región de Ica, a pesar que Espinoza (2021) caracterizó 30 genotipos que no pertenecen al Banco Nacional de Germoplasma del INIA, mencionó que existe una amplia diversidad escasamente identificada y evaluada.

La FAO (2018) adujo la necesidad de salvaguardar la biodiversidad, como una solución a la degradación de los recursos naturales. En el Perú, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), a través de la Sub Dirección de Recursos Genéticos, es responsable de la conservación, caracterización, monitoreo y evaluación de la agrobiodiversidad (INIA, 2021). El Banco Nacional de Germoplasma de esa institución, tiene 44 Colecciones Nacionales, que agrupan a 250 especies. En Pisco se ubica la Colección Nacional de germoplasma de Pallar (INIA, 2017).

Existe escasa información sobre la biodiversidad genética de la Colección Nacional de Germoplasma de *P. lunatus* del INIA, en el cual, hasta el año 2020, se habían preservado 36 accesiones de crecimiento indeterminado. En el 2021, se incorporaron nueve, provenientes del Banco Nacional de Germoplasma del INIA, de crecimiento arbustivo determinado e indeterminado, semi-postrado, las cuales no han sido caracterizadas plenamente.

Considerando la importancia del *P. lunatus* en el Perú y en especial en la región Ica, esta investigación tuvo como objetivo realizar la caracterización morfológica y evaluación agronómica, a través de 17 parámetros cualitativos y 12 cuantitativos, de nueve accesiones añadidas en el año 2021 para identificar las características más representativas, sus similitudes y sus rendimientos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La investigación fue realizada en el Fundo San Juan de Cándor del INIA, distrito de Independencia, provincia de Pisco, departamento de Ica, Perú, entre mayo y noviembre de 2021 (13°41' S, 76°02' W; 82 msnm). El suelo es de clase textural franco arcillo arenosa.

Según la información meteorológica proveniente del Fundo San Juan de Cándor del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el distrito de Independencia, provincia de Pisco, 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 18,2 °C, con media máxima de 23,5 °C y media mínima de 12,9 °C; humedad relativa media de 88,1 %, con media máxima de 90 % y mínima de 85,2 %.

**Material vegetal y condiciones agronómicas.** El material vegetal pertenece al Banco Nacional de Germoplasma del INIA e instalado en el año 2021 en la Colección Nacional de Pallar, en Pisco. En el Cuadro 1 se muestran los códigos nacionales, de banco y de siembra de las nueve accesiones. Las numeradas en los puestos ocho y nueve tienen características diferentes, a pesar de que presentan el mismo código nacional.

Las accesiones presentan crecimiento determinado e indeterminado. Dado que se desconocía la longitud del tallo principal, se utilizó un distanciamiento de siembra amplio y homogéneo para los dos tipos. Las de crecimiento determinado fueron sembradas en un área de 4 m de ancho por 15 m de largo, con un distanciamiento entre surcos de 1 m y entre plantas de 0,8 m, para un total de cuatro surcos por accesión. Las accesiones de crecimiento indeterminado

**Cuadro 1.** Listado de nueve accesiones incorporadas en el año 2021 a la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú

Código nacional	Código de banco	Código de siembra de accesión
PER014583	phl005	1ac
PER014587	phl009	2ac
PER014588	phl010	3ac
PER014590	phl012	4ac
PER014592	phl015	5ac
PER014594	phl017	6ac
PER014585	phl007	7ac
PER014625	phl053-1	8ac
PER014625	phl053-3	9ac

fueron sembradas en un área de 8 x 15 m, 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 punto. Para minimizar la polinización cruzada entre accesiones se dejó un distanciamiento de 2 m en la cabecera y la cola del área sembrada, y a los lados paralelos a los surcos, de 4 m; aunado a esto, se evaluaron solamente los dos surcos centrales, sin contar las dos primeras y últimas plantas. El riego fue por gravedad y todas las plantas recibieron el mismo manejo fitosanitario y nutricional (NPK 45-70-70).

**Caracterización agro-morfológica.** Se utilizaron los descriptores para *P. lunatus* del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, 1982), y se evaluaron 17 parámetros cualitativos y 12 cuantitativos (Cuadro 2). Para cada parámetro cualitativo se realizaron 10 evaluaciones. Para los datos agronómicos se evaluaron 3 repeticiones de 2 plantas cada una, por accesión, dando un total de 6 plantas, de las cuales se obtuvo el número promedio de vainas por planta; peso promedio de semillas por planta y peso promedio de semilla, lo que se obtuvo al dividir el peso y el número de semillas de una planta. Los parámetros cuantitativo-morfológicos se determinaron en 5 plantas, 20 vainas y 10 semillas.

**Análisis estadístico.** Para comparar las variables agro-morfológicas cualitativas, se calculó la moda; para las cuantitativas, se calcularon los valores máximos y mínimos, el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Adicionalmente, se realizó un ANOVA y prueba de Tukey para comparar entre las accesiones ( $P \leq 0,05$ ); las variables de ancho de vaina, longitud del tallo principal, número

promedio de vainas por planta y pesos promedio de semillas por planta se evaluaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y posterior de Holm ( $P \leq 0,05$ ) debido a que sus datos no presentaron normalidad. Por otra parte, se realizaron los análisis de coeficiente de correlación, componentes principales y agrupamiento jerárquico. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa R versión 4.0.5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Variables cualitativas morfológicas.** En todas las accesiones los colores de los cotiledones emergentes y de los hipocótilos fueron verdes, y las vainas maduras marrones, sin variaciones, coincidiendo con los resultados de Espinoza et al. (2022), quienes sólo señalaron colores verdes, para estas mismas estructuras. Contrario a esto, Pensantes et al. (2015) y López et al. (2016) encontraron diferencias en el color de los cotiledones e hipocótilos entre poblaciones de pallar cultivado en condiciones de costa peruana y en el occidente de México.

Las nervaduras de las hojas primarias plenamente desarrolladas fueron moradas en dos de las nueve accesiones, y verdes en las otras siete. Sólo en dos de los genotipos las hojas trifoliadas presentaron antocianinas (Cuadro 3). Contrario a estos resultados, Espinoza et al. (2022) no señalaron la presencia de color, en el tipo de hoja señalado, ni en las primarias, para plantas obtenidas a partir de semillas recolectadas de la zona media del Valle de Ica (Perú), lo que demuestra que existe una biodiversidad importante para las accesiones en estudio.

Para todas las accesiones, la forma de los

foliolos fue aovada, a excepción de la accesión 6ac donde la forma fue aovada lanceolada. Las láminas fueron ligeramente pubescentes, exceptuando la 2ac, donde la lámina se observó glabra (Cuadro 3). No se reconocieron diferencias importantes, para los foliolos y las pubescencias, debido a que las repeticiones de cada accesión presentaron hojas entre aovadas a aovada lanceoladas, y glabras a ligeramente pubescentes,

por lo que se seleccionó la moda. Sin embargo, estas características difieren de las observadas por Pensantes et al. (2015), quienes señalaron que mayoritariamente, encontraron en las colectas plantas con hojas redondeadas, en el norte del Perú, y según Montero et al. (2013), estos órganos fueron aovados y lanceolados en variedades locales en República Dominicana, Haití y Puerto Rico.

**Cuadro 2.** Variables cualitativas y cuantitativas evaluadas en la planta y la semilla en nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú

Cualitativos		Cuantitativos	
En la planta			
1	Color del cotiledón emergente	1	Largo del foliolo terminal
2	Color del hipocótilo	2	Ancho del foliolo terminal
3	Color de la vaina madura	3	Largo de la vaina
4	Color de las nervaduras de las hojas primarias plenamente desarrolladas	4	Ancho de la vaina
5	Presencia de antocianina en las hojas trifoliadas	5	Número de lóculos por vaina
6	Forma del foliolo de la 3° hoja trifoliada (relación entre el largo y ancho del foliolo central)	6	Largo de semilla
7	Pubescencia de la lámina en la superficie abaxial de la 1° hoja expandida, a partir del ápice	7	Ancho de semilla
8	Color de alas de la corola de las flores	8	Grosor de semilla
9	Apertura alar de la corola de las flores	9	Longitud del tallo principal
10	Curvatura de la vaina	10	Número promedio de vainas
11	Forma del ápice de la vaina		
12	Patrón de crecimiento		
En semillas maduras			
13	Forma	11	Peso de semillas por planta
14	Color de fondo	12	Peso promedio de semilla
15	Primer patrón de color		
16	Segundo patrón de color		
17	Patrón de tegumento		

En las flores las alas de la corola fueron blancas en siete de las accesiones, y de color violeta en el resto (8ac y 9ac) (Cuadro 3). Estos resultados permiten reconocer la existencia de una relación, entre esta misma característica, el color de las nervaduras de las hojas primarias y la presencia de antocianinas en las hojas trifoliadas, con pigmentaciones entre violeta y morado. Caso contrario ocurrió en las evaluaciones reportadas por Espinoza et al. (2022), quienes señalaron que el color violeta de esas estructuras florales no guarda una relación directa con la presencia de pigmentos en las trifoliadas o primarias, mientras que Pensantes et al. (2015) mencionaron que tampoco existe relación entre el color de la flor y el de los cotiledones.

Las aperturas alares de las flores fueron ligeramente abiertas en las accesiones, excluyendo a la 5ac, en la cual la apertura fue cerrada. La vaina fue curva en cuatro de las nueve accesiones,

ligeramente curva en tres y recta en dos. Las formas del ápice de las vainas fueron gruesas, en todos los casos exceptuando, a la 5ac en la cual fue corto (Cuadro 3). Existe una amplia variabilidad genética en las accesiones, como lo demostraron Pensantes et al. (2015) y Espinoza et al. (2022), quienes observaron principalmente vainas de curvas a ligeramente curvas y formas de ápice de la vaina de cortos a largos.

El patrón de crecimiento de las accesiones consideradas en esta investigación fue arbustivo determinado en siete de ellas e indeterminado semi-postrado en las otras dos (Cuadro 3). Similarmente, Pensantes et al. (2015) encontraron colectas de crecimiento arbustivo en Huamachuco, en el norte del Perú, e indicaron que esta característica ha sido el resultado de una selección por parte de los agricultores, y que el crecimiento indeterminado proviene de especímenes silvestres de *P. lunatus*.

Las formas de las semillas fueron de tipo arriñonada u oval aplanada (Figura 1). Los colores de fondo para las accesiones de la 1ac a la 7ac fueron blancos, no tuvieron patrones de primer y segundo color, ni tampoco de tegumento; en cambio, la 8ac mostró un color de fondo blanco, y el primer y segundo patrón rojo purpura, con diferentes intensidades; el tegumento fue intensamente moteado. La 9ac tuvo un color de fondo negro, no presentó patrón de primer y

segundo color, ni de tegumento (Figura 1), demostrándose la variabilidad genética que existe entre las semillas. Espinoza et al. (2022) no encontraron pallares de color negro, pero si uno de color guinda (entre púrpura y rojo) en la zona media del Valle de Ica, mientras que Pensantes et al. (2015), Montero et al. (2013) y Mobio et al. (2020) hallaron semillas completamente negras en el norte de Perú, el Caribe y África, con variaciones en el color de las flores de blancas a lilas.

**Cuadro 3.** Variables cualitativas morfológicas de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú

Acc	CVP	AH	FF	PL	CA	AA	CV	FV	PC
1ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Ligeramente	Ligeramente	Grueso	Arbustivo
2ac	Verde	Ausente	Aovada	Glabro	Blanco	Ligeramente	Curva	Grueso	Arbustivo
3ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Ligeramente	Curva	Grueso	Arbustivo
4ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Ligeramente	Ligeramente	Grueso	Arbustivo
5ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Cerrada	Recta	Corto	Arbustivo
6ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Ligeramente	Ligeramente	Grueso	Arbustivo
7ac	Verde	Ausente	Aovada	Ligeramente	Blanco	Ligeramente	Curva	Grueso	Arbustivo
8ac	Morado	Presente	Aovada	Ligeramente	Violeta	Ligeramente	Curva	Grueso	Indeterminado
9ac	Morado	Presente	Aovada	Ligeramente	Violeta	Ligeramente	Recta	Grueso	Indeterminado

Acc: acesión; CVP: color de las nervaduras de las hojas primarias plenamente desarrolladas; AH: antocianina en hojas; FF: forma del foliolo; PL: pubescencia de la lámina; CA: color de las flores; AA: apertura alar de las flores; CV: curvatura de la vaina; FV: forma del ápice de la vaina; PC: patrón de crecimiento.

**Variables cuantitativas agro-morfológicas.** Para el largo y ancho del foliolo terminal, en la acesión 8ac se presentaron los valores más altos con 9,77 y 6,17 cm, respectivamente, mostrando diferencias significativas con la 4ac, la cual tuvo los menores valores, 6,93 y 4,0 cm, respectivamente. Para todos los casos, el largo del foliolo fue mayor que el ancho (Cuadro 4). Una mayor área en las estructuras foliares permite una mejor interceptación de la radiación fotosintética, y a la vez, un incremento en el rendimiento del cultivo (Hidalgo et al., 2020), necesario para las accesiones de crecimiento indeterminado semi-postrado, en las cuales se evidenciaron, altos valores de largo y ancho de foliolo (Cuadro 4). En adición, se observó una correlación positiva y significativa entre el largo y ancho del foliolo, con la longitud del tallo principal, el número de vainas por planta y el peso promedio de semillas por planta (Cuadro 5).

Para el largo de vaina no se encontró diferencia significativa entre las accesiones, cuyos valores oscilaron entre 74,97 y 89,47 mm. Para el ancho de la vaina, en la 5ac fue de 21,15 mm, significativamente diferente al de la 8ac, la cual presentó 16,92 mm (Cuadro 4). López et al.

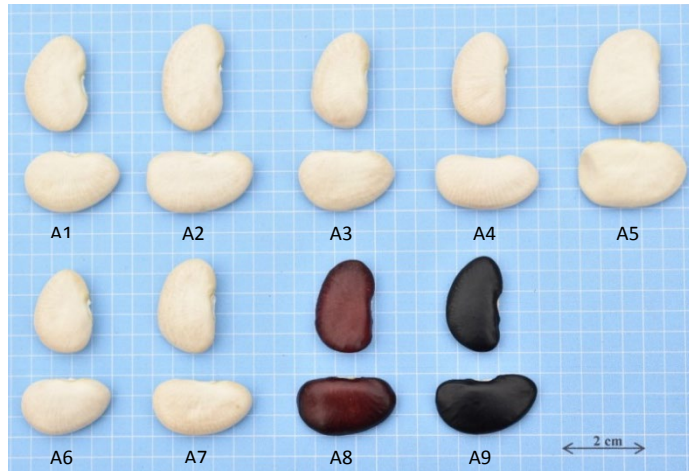
(2016) encontraron vainas con menor largo y ancho en plantas ubicadas a bajas altitudes del occidente de México, concordando con el acervo mesoamericano de semilla pequeña; por el contrario, Pensantes et al. (2015) y Espinoza (2021) hallaron vainas del mismo rango, e inclusive superiores en la costa peruana, lo cual confirmó la principal presencia del acervo genético andino, a la vez que se encontró una correlación positiva y significativa entre el ancho de vaina y el de la semilla (Cuadro 4).

El número de lóculos por vaina fluctuó entre 2,0 y 2,2, sin diferencias significativas entre accesiones (Cuadro 4), es decir, resultó una variable poco trascendente para la comparación, y no se utilizó para el análisis de componentes principales, ni en el agrupamiento; sin embargo, Pensantes et al. (2015) y Espinoza (2021) encontraron genotipos con mayor número de lóculos en la costa peruana.

Para el largo de semilla se encontró que éstas son grandes, tipo Big Lima, con un promedio de 23,44 mm, y sin diferencias significativas entre las accesiones. Estos resultados, según Kay (1985), demuestran que las semillas tienen el acervo genético andino (Gutiérrez et al., 1995), puesto

que el mesoamericano presenta semillas pequeñas, tipo Sieva, como las encontradas por López et al. (2016) a bajas altitudes en la región occidental de México. En cambio, para el ancho de semilla, se halló que la 1ac presentó valores de 15,7 mm,

estadísticamente diferentes a la 8ac, con 12,69 mm (Cuadro 4). En general, las accesiones arbustivas determinadas presentaron mayor ancho de semilla que las indeterminadas semi-postradas.



**Figura 1.** Variables cualitativas de semilla de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú. Accesiones de la 1ac a la 9ac (A1-A9).

Los valores del grosor de semilla fueron estadísticamente iguales entre las accesiones (rango de 5,30-6,91 mm), aunque en las accesiones de crecimiento indeterminado semi-postrado, 8ac y 9ac, se observó una tendencia hacia valores bajos (5,79 y 5,30 mm, respectivamente) (Cuadro 4). Espinoza (2021) encontró un rango semejante en sus evaluaciones y señaló la homogeneidad de esta variable para la costa peruana. Por su parte, la correlación del grosor de semillas fue significativamente positiva, con el peso promedio de semilla y negativa con la longitud del tallo principal y número promedio de vainas por planta (Cuadro 5), sugiriendo que las accesiones de crecimiento arbustivo determinado, al presentar una menor carga de semillas por planta, llegan a tener mayor grosor de la semilla.

Las mayores longitudes del tallo principal se determinaron en las accesiones 8ac y 9ac, con 163,33 y 180 cm, respectivamente, resultando significativamente diferentes a las accesiones 2ac y 4ac, cuyos valores fueron 38,67 y 38,0 cm (Cuadro 4). Las accesiones de crecimiento arbustivo determinado presentaron las alas de la corola de color blanco diferente al color morado de las halladas por Pensantes et al. (2015) en Huamachuco (Perú).

Según el patrón de crecimiento indeterminado

semi-postrado, en las accesiones 8ac y 9ac se presentaron los valores más altos del número promedio de vainas por planta (141,8 y 164,3, respectivamente) y fueron significativamente diferentes a 3ac (12,2), 4ac (12,8) y 7ac (13,5) (Cuadro 4). Esta última variable tuvo correlación significativa y positiva con el peso promedio de la semilla y el peso de semillas por planta (Cuadro 5).

Los mayores valores de pesos promedio de semillas por planta, se encontraron en las accesiones indeterminadas semi-postradas 8ac y 9ac (388,7 y 333,1 g, respectivamente), estadísticamente diferentes a 3ac (39,2 g) y 4ac (40,1 g) (Cuadro 4). Los genotipos estudiados por Espinoza et al. (2022) en la zona media del Valle de Ica no superaron los pesos de semilla por planta de las accesiones 8ac y 9ac, lo cual indicó la importancia promisoría de éstas en cuanto a rendimiento.

Los pesos promedio de semilla de las accesiones 2ac (1,4 g), 5ac (1,5 g) y 7ac (1,5 g) fueron significativamente superiores al valor de la 9ac (0,8 g) (Cuadro 4). López et al. (2016) mencionaron que el tamaño de semilla aumentó a medida que eran mayores las dimensiones de los órganos de la planta; sin embargo, en el presente estudio se observó que el peso promedio de semillas tuvo una correlación significativa y negativa con la

longitud del tallo principal y el número promedio de vainas por planta (Cuadro 5). Las accesiones 1ac, 2ac, 5ac y 7ac presentaron un peso de semilla que se ajustó a la clase comercial mediana (MINAGRI, 2016), resaltando su importancia para la comercialización.

El análisis de componentes principales mostró que la primera dimensión contribuyó con 58,06 % de la varianza total y estuvo definida especialmente por las variables de longitud del tallo principal con 14,84 %, número promedio de vainas por planta con 14,51 %, peso promedio de semilla por planta con 13,56 % y grosor de semilla con 11,23 % (Figura 2), las cuales fueron correlacionadas de forma significativa y positiva entre sí, a excepción del grosor de semilla cuya correlación fue negativa (Cuadro 5). Por su parte, la segunda dimensión expresó el 19,01 % de la varianza, integrada prioritariamente por los anchos de semilla (27,17 %), de vaina (23,04 %) y de foliolo (13,64 %), seguidos de los largos de vaina con 12,18 % y de foliolo con 10,98 % (Figura 2), rasgos que mostraron correlación positiva y significativa en dos grupos, el primero formado del ancho de vaina, de semilla y el largo de vaina y el segundo por el largo y ancho de foliolo

(Cuadro 5). Las dos dimensiones expresan el 77,07 % de la inercia total, lo cual fue un porcentaje alto, mayor al de referencia de 61,53%.

El análisis de agrupamiento jerárquico separó a las accesiones en tres grupos (Figura 3), el primero conformado por las accesiones 2ac, 3ac, 4ac, 6ac y 7ac, identificadas con los menores anchos de foliolo, lo que es desfavorable para la intercepción de la radiación fotosintética (Hidalgo et al., 2020), pudiendo influir en el rendimiento, debido a que presentaron los menores pesos promedio de semillas por planta; en ese grupo únicamente se destaca la accesión 2ac, con 52,78 g (Cuadro 4). El segundo se constituyó por las accesiones 1ac y 5ac, con altos valores de anchos de vaina y de semilla, representando factores importantes para la obtención de semillas de mayor tamaño; aunado a esto, tuvieron alta correlación significativa (Cuadro 5). En el tercero, se ubicaron las accesiones 8ac y 9ac, cuyas variables de mayor importancia fueron la longitud del tallo principal, el número promedio de vainas por planta y el peso promedio de semillas por planta (Cuadro 4); asimismo, presentaron una alta correlación significativa y positiva entre sí (Cuadro 5).

**Cuadro 4.** Variables cuantitativas agro-morfológicas de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú

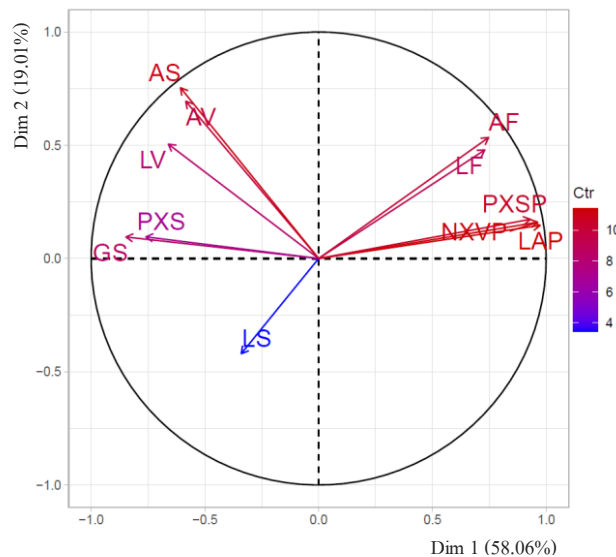
Accesión	LF	AF	LV	AV	NL	LS	AS	GS	LAP	NXVP	PXSP	PXS
1ac	8,47 abc	4,83 abc	81,49 a	21,25 ab	2,1 a	22,13 a	15,7 a	6,24 a	45,33 ab	20,3 ab	60,3 ab	1,3 ab
2ac	7,83 abc	4,2 bc	79,74 a	18,72 abc	2,0 a	25,45 a	13,14 ab	6,31 a	38,67 b	20,8 ab	72,0 ab	1,4 a
3ac	7,4 bc	4,47 abc	78,11 a	18,84 abc	2,1 a	24,19 a	13,08 ab	6,01 a	43,33 ab	12,2 b	39,2 b	1,2 ab
4ac	6,93 c	4,0 c	84,71 a	18,85 abc	2,0 a	23,09 a	13,5 ab	6,24 a	38,0 b	12,8 b	40,1 b	1,1 ab
5ac	8,7 abc	5,33 abc	89,47 a	21,15 a	2,1 a	23,85 a	15,38 ab	6,53 a	43,0 ab	22,2 ab	86,9 ab	1,5 a
6ac	9,1 abc	4,43 bc	78,1 a	18,01 bc	2,0 a	22,17 a	13,53 ab	6,27 a	46,33ab	18,0 ab	51,3 ab	1,2 ab
7ac	8,5 abc	4,97 abc	82,8n a	19,65 ab	2,1 a	24,16 a	13,93 ab	6,91 a	41,33 ab	13,5 b	49,9 ab	1,5 a
8ac	9,77 a	6,17 a	74,97 a	16,92 c	2,2 a	22,92 a	12,69 b	5,79 a	163,33 a	141,8 a	388,7 a	1,2 ab
9ac	9,7 ab	5,83 ab	79,01 ns	19,1 abc	2,2 a	22,99 a	12,77 ab	5,3 a	180,0 a	164,3 a	333,1 a	0,8 b
Máximo	9,77	6,17	89,47	21,25	2,2	25,45	15,70	6,91	180,00	164,3	388,7	1,5
Mínimo	6,93	4,00	74,97	16,92	2,0	22,13	12,69	5,30	38,00	12,2	39,2	0,8
Promedio	8,49	4,91	80,93	19,17	2,1	23,44	13,75	6,18	71,04	47,3	124,6	1,2
$\sigma$	0,97	0,74	4,30	1,38	0,05	1,07	1,09	0,45	57,27	60,3	135,5	0,2
CV (%)	11,4%	15,0%	5,3%	7,2%	2,5%	4,6%	7,9%	7,3%	80,6%	127,5%	108,8%	17,0%

LF: largo del foliolo terminal (cm); AF: ancho del foliolo terminal (cm); LV: largo de vaina (mm); AV: ancho de vaina (mm); NL: número de lóculos por vaina; LS: largo de semilla (mm); AS: ancho de semilla (mm); GS: grosor de semilla (mm); LAP: longitud del tallo principal (cm); NXVP: número promedio de vainas por planta; PXSP: peso promedio de semillas por planta (g); PXS: peso promedio de semilla (g);  $\sigma$ : desviación estándar; C.V: coeficiente de variación. Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según corresponda, prueba de Tukey o Holm ( $P \leq 0,05$ ); ns: no significativa.

**Cuadro 5.** Matriz de coeficiente de correlación de variables agro-morfológicas de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú

	LF	AF	LV	AV	LS	AS	GS	LAP	NXVP	PXSP
AF	0.85**	1								
LV	-0.36	-0.22	1							
AV	-0.2	-0.11	0.76*	1						
LS	-0.41	-0.25	0.16	0.01	1					
AS	-0.1	-0.1	0.69*	0.88**	-0.23	1				
GS	-0.4	-0.46	0.56	0.4	0.31	0.53	1			
LAP	0.75*	0.83**	-0.51	-0.43	-0.28	-0.51	-0.81**	1		
NXVP	0.74*	0.83**	-0.48	-0.41	-0.25	-0.49	-0.81**	1**	1	
PXSP	0.76*	0.88**	-0.48	-0.46	-0.21	-0.46	-0.7*	0.96**	0.96**	1
PXS	-0.34	-0.31	0.44	0.39	0.52	0.51	0.89**	-0.71*	-0.69*	-0.53

LF: largo foliolo terminal; AF: ancho foliolo terminal; LV: largo de vaina; AV: ancho de vaina; LS: largo de semilla; AS: ancho de semilla; GS: grosor de semilla; LAP: longitud tallo principal; NXVP: número de vainas por planta; PXSP: peso de semillas por planta; PXS: peso promedio de semilla. \* y \*\*: coeficientes significativos ( $P \leq 0,05$  y  $P \leq 0,01$ )

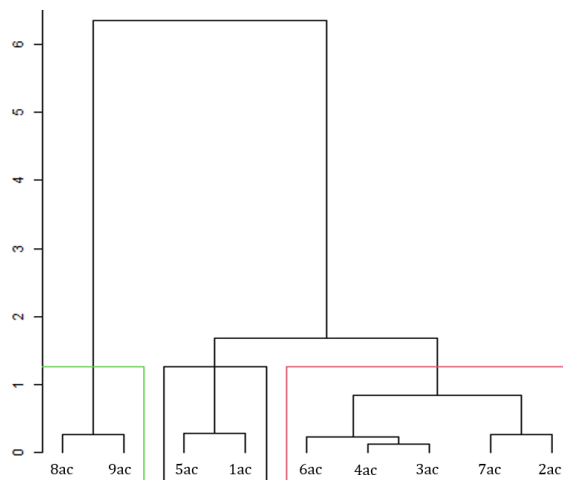


**Figura 2.** Analisis de componentes principales de variables agro-morfológicas de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *Phaseolus lunatus* del INIA, Ica, Perú. Dim: dimensión; Ctr: Contribución (%); LF: largo foliolo terminal; AF: ancho foliolo terminal; LV: largo de vaina; AV: ancho de vaina; LS: largo de semilla; AS: ancho de semilla; GS: grosor de semilla; LAP: longitud tallo principal; NXVP :número de vainas por planta; PXSP :peso de semillas por planta; PXS: peso promedio de semilla

También mostraron altos valores de ancho y largo de foliolo, lo que se tradujo en una mayor área foliar, necesaria para afrontar sus rendimientos. Lo anterior demuestra la importancia que tienen el conjunto de correlación, análisis de componentes

principales y agrupamiento jerárquico para facilitar la interpretación de similitudes de accesiones de *P. lunatus*, contrastadas con sus variables, tal cual lo mencionaron López et al. (2016).





**Figura 3.** Agrupamiento jerárquico (distancia euclidiana) de variables agro-morfológicas de nueve accesiones de la Colección Nacional de Germoplasma de *P. lunatus* del INIA, Ica, Perú

### CONCLUSIONES

Las nueve accesiones incluidas en esta investigación presentaron diversidad genética. Las variables cualitativas, color de las nervaduras de las hojas primarias plenamente desarrolladas, color de alas de la corola de las flores, curvatura de la vaina y patrón de crecimiento, fueron las más representativas. Para las variables cuantitativas fueron el largo y ancho de foliolo, longitud del tallo principal, número promedio de vainas por planta, peso promedio de semilla por planta y peso promedio de semilla.

Se presentó una correlación positiva, entre la longitud del tallo principal y el número promedio de vainas por planta, pero negativa, en relación al 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.

Las accesiones promisorias en relación al mayor número promedio de vainas y peso promedio de semillas por planta fueron la 1ac, 2ac, 5ac, 8ac y 9ac. Se recomienda sembrarlas en diferentes zonas geográficas

### AGRADECIMIENTO

A la fuente de financiamiento del Proyecto de Inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación en la caracterización de los recursos

genéticos de la agrobiodiversidad en 17 departamentos del Perú-ProAgrobio”, con código único de inversión 2480490. Al director de la Est. Exp. Agr. (EEA) Chincha, Ing. Pedro Hugo Injante Silva, por facilitar el área y maquinaria para la siembra de pallar. Al especialista de la Subdirección de Recursos Genéticos (DRG) de la EEA Chincha Ing. Leandro Joel Aybar Peve, por su aporte en la metodología. Al técnico agrónomo Alfonso Neil Llacta Valencia por su apoyo en las labores de manejo de cultivo y a los Señores Robert Basurto Quispe, José Tasayco Carbajal y Ernesto Pachas Sebastián por su apoyo en las labores de campo.

### LITERATURA CITADA

1. Andueza-Noh, R.H., L. Camacho-Pérez, J. Martínez-Castillo y F. May-Pat. 2016. Geographical distribution of wild relatives of Mesoamerican gene pool of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mexico. *Polibotánica* 41: 101-113.
2. Cayetano, T., K. Peña, E. Olivarez y S. Vargas. 2021. Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo de pallar. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima. <https://n9.cl/3t2xo> (consulta de diciembre 24, 2021).
3. Espinoza, L.M. 2021. Caracterización morfológica de 30 genotipos de *Phaseolus lunatus* L. de la costa del Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 5(5): 10039-10053.
4. Espinoza, L.M., P.A. Aquije, F.A. Surco, G. Espino y Y. Rojas. 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): 927-946.
5. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Biodiversidad para una agricultura sostenible. FAO. Roma, Italia. <https://n9.cl/97j4y> (consulta de septiembre 16, 2021).
  6. Fofana, B., J.P. Baudoin, X. Vekemans, D.G. Debouck, y P. Du Jardin. 1999. Molecular evidence for an Andean origin and a secondary gene pool for the Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) using chloroplast DNA. *Theoretical and Applied Genetics* 98(2): 202-212.
  7. Gutiérrez-Salgado, A., P. Gepts, y D. Debouck. 1995. Evidence for two gene pools of the lima bean, *Phaseolus lunatus* L. in the Americas. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2: 15-28.
  8. Hidalgo-Sánchez, M.G., V.A. González-Hernández, L.E. Mendoza-Onofre, N. Cruz-Huerta y I. Ramírez-Ramírez. 2020. Desempeño de arquetipos de maíz (*Zea mays* L.) en dos densidades de población. *Agrociencia* 54(4): 491-504.
  9. IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1982. Lima Bean descriptors. IBPGR Secretariat. Roma, Italia. <https://n9.cl/gawlr> (consulta de octubre 16, 2021).
  10. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2017. Banco Nacional de Germoplasma. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. <https://n9.cl/k2r8e> (consulta de julio 16, 2022).
  11. INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2021. Sub Dirección de Recursos Genéticos. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. <https://n9.cl/6bb7f> (consulta de noviembre 20, 2021).
  12. Kay, D.E. 1985. Legumbres Alimenticias. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
  13. López-Alcocer, J., R. Lépiz-Ildelfonso, R. González-Eguiarte, R. Rodríguez-Macías y E. López-Alcocer. 2016. Morphological variability of wild *Phaseolus lunatus* L. from the western region of México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39(1): 49-58.
  14. Mayor-Duran, V.M., B. Raatz y M.W. Blair. 2016. Desarrollo de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerante a sequía a partir de cruces inter acervo con genotipos procedentes de diferentes orígenes (Mesoamericano y Andino). *Acta Agronómica* 65(4): 431-437.
  15. MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2016. Leguminosas de grano "Semillas nutritivas para un futuro sostenible". MINAGRI. Lima, Perú. <https://n9.cl/t3ivn> (consulta de julio 4, 2022).
  16. Mobio, A. D.S., K.K. Koffi y L.C. Kouonon. 2020. Preliminary Diversity Assessment of Lima Beans (*Phaseolus lunatus* L.) Cultivated in Côte D'Ivoire. *American Journal of Plant Sciences* 11(12): 2059-2065.
  17. Montero-Rojas, M., M. Ortiz, J.S. Beaver y D. Siritunga. 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): 2241-2252.
  18. Motta-Aldana, J.R., M.L. Serrano-Serrano, J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck y M.I. Chacóns. 2010. Multiple origins of lima bean landraces in the Americas: evidence from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Crop Science* 50(5): 1773-1787.
  19. Pensantes-Vera, M.F., E.L. Alcántara, E. De la Cruz Araujo y J.C. Rodríguez Soto. 2015. Variabilidad morfo-agronómica en poblaciones de pallar, *Phaseolus lunatus* L., cultivado en condiciones de Costa de la Provincia de Trujillo (Perú). *REBIOL* 35(2): 29-38.
  20. Serrano-Serrano, M.L., R.H. Andueza-Noh, J. Martínez-Castillo, D.G. Debouck y M.I. Chacón. 2012. Evolution and domestication of Lima Bean in Mexico: Evidence from ribosomal DNA. *Crop Science* 52(4): 1698-1712.
  21. SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria). 2021. Calendario de siembras. MIDAGRI. Lima, Perú. <https://n9.cl/ne57n> (consulta de noviembre 7, 2021).