

## AGROMORFOLOGÍA DE 21 ACCESIONES DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIA, PERÚ

David Lindo-Seminario<sup>1</sup>, Ysabel Bustamante-Carrasco<sup>1</sup>, Sandra Mendez-Farroñan<sup>2</sup>  
y Arturo Morales-Pizarro<sup>3</sup>

### RESUMEN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es un cultivo de gran relevancia a nivel global por su valor nutricional y capacidad de fijación de nitrógeno. En el Perú, existe una brecha de información sobre el potencial genético y la respuesta al estrés abiótico de las accesiones conservadas *ex situ*. Esto resalta la importancia de explorar la diversidad genética de esta especie conservada por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) responsable de su resguardo y conservación. Con el fin de explorar este recurso, se caracterizaron fenotípicamente 21 accesiones de *C. arietinum* L. empleando 36 descriptores agromorfológicos (18 cuantitativos y 18 cualitativos). El análisis de conglomerados diferenció la colección en cinco grupos, cuya conformación fue determinada principalmente por el número de vainas por planta, el peso de 100 semillas (PES100S) y la época de madurez, rasgos que mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ). El Grupo 1 presentó el mayor rendimiento en número de vainas ( $219 \pm 32,5$ ) y un ciclo vegetativo de  $134 \pm 4,42$  días a la madurez de semilla; mientras que, los grupos 4 y 5 mostraron los valores más bajos. Adicionalmente, el análisis de correspondencia múltiple evidenció que las características de la semilla fueron las que explicaron la mayor proporción de la variabilidad cualitativa (45,3 %). La caracterización fenotípica permitió identificar accesiones promisorias, como las del Grupo 1 y 3, con alto potencial para ser integradas en programas de mejoramiento genético orientados a la agricultura sostenible del país.

**Palabras clave adicionales:** Agricultura sostenible, diversidad genética, fenotípicamente, mejoramiento genético

### ABSTRACT

**Agromorphological characterisation of 21 accessions of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) from the INIA Germplasm Bank, Peru**  
The chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a crop of great global importance due to its nutritional value and nitrogen-fixing capacity. In Peru, there is a gap in information regarding the genetic potential and response to abiotic stress of accessions conserved *ex situ*. This highlights the importance of exploring the genetic diversity of this species, which is conserved by the Germplasm Bank of the National Institute of Agricultural Innovation (INIA), responsible for its safeguarding and conservation. To explore this resource, 21 accessions of *C. arietinum* L. were phenotypically characterized using 36 agromorphological descriptors (18 quantitative and 18 qualitative). Cluster analysis divided the collection into five groups, whose composition was determined primarily by the number of pods per plant, the weight of 100 seeds (PES100S), and the time of maturity traits that showed highly significant differences ( $p \leq 0.01$ ). Group 1 had the highest yield in terms of number of pods ( $219 \pm 32.5$ ) and a vegetative cycle of  $134 \pm 4.42$  days to seed maturity; whereas Groups 4 and 5 showed the lowest values. Additionally, multiple correspondence analysis showed that seed characteristics accounted for the largest proportion of qualitative variability (45.3 %). Phenotypic characterization allowed for the identification of promising accessions, such as those in Groups 1 and 3, with high potential for integration into genetic improvement programs aimed at sustainable agriculture in the country.

**Additional Keywords:** Genetic diversity, genetic improvement, phenotypically, sustainable agriculture

---

Editor Asociado. Profesora María Elena Sanabria Chópite.

---

### INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*C. arietinum* L.) es una leguminosa diploide ( $2n=16$ ), autopolinizante y de

estación fría con un genoma de 738 Mb y ~28,269 genes (Kumar *et al.*, 2021). Constituye una fuente alimenticia fundamental, tanto para consumo humano como animal, gracias a su alto valor

---

Recibido: Diciembre 18, 2025

Aceptado: Mayo 26, 2026

<sup>1</sup>Estación Experimental Agraria Vista Florida. Subdirección de Recursos Genéticos de la Dirección de Recursos Genético y Biotecnología. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Lambayeque. Perú.

e-mail: [dlindo@inia.gob.pe](mailto:dlindo@inia.gob.pe) (autor de correspondencia); [lybustamante1901122@gmail.com](mailto:lybustamante1901122@gmail.com)

<sup>2</sup>Estación Experimental Agraria Vista Florida. Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Lambayeque. Perú. e-mail: [sandrajmfar@gmail.com](mailto:sandrajmfar@gmail.com).

<sup>3</sup>Departamento Académico de Morfofisiología Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Piura. Perú. e-mail: [dmoralesp@unp.edu.pe](mailto:dmoralesp@unp.edu.pe)

nutricional y amplia aceptación (Apáez *et al.*, 2020). Su relevancia agrícola es notable, posicionándose como la tercera legumbre más importante del mundo, después del frijol y el guisante (Abou *et al.*, 2024). La producción global alcanza los 14 millones de toneladas en 14.5 millones de hectáreas en más de 50 países (Ortiz *et al.*, 2017; Hernández *et al.*, 2021), siendo India el principal país productor (Merga y Haji, 2019).

Existen dos tipos de cultivares principales de garbanzo, Desi (microsperma) y Kabuli (macrosperma), los cuales se diferencian marcadamente por su morfología y adaptación (Imran *et al.*, 2015; Sajja *et al.*, 2017). El tipo Desi predomina en regiones semiáridas y presenta flores rosadas y semillas de tamaño reducido con la testa gruesa y coloreada. Por su parte el Kabuli, predominante en regiones templadas, se caracteriza por sus flores blancas, semillas de coloración clara (blanco o beige), con una morfología 'cabeza de carnero', cubierta seminal delgada y textura lisa (Muehlbauer y Sarker, 2018; Zhang *et al.*, 2024). Esta variabilidad fenotípica es el factor determinante de la aptitud industrial y su caracterización resulta estratégica para maximizar el potencial genético y comercial del cultivo (Summo *et al.*, 2019).

El garbanzo es considerado superior a otras legumbres por su excelente perfil nutricional y digestibilidad (Venkidasamy *et al.*, 2019; Chang *et al.*, 2022). Es una fuente notable de proteínas, fibra y minerales (K, P, Mg, Fe, Mn) (Sharma *et al.*, 2018; Kaur y Prasad, 2021), complementada con ácidos grasos insaturados y bajos niveles de antinutrientes (León *et al.*, 2019). Los beneficios del garbanzo abarcan la salud humana, con un rol preventivo frente a enfermedades crónicas (Camargo *et al.*, 2019); la industria alimentaria, donde se utiliza para la elaboración de pastas lo que exigen mejorar la calidad del grano, a través de prácticas sostenibles (Saget *et al.*, 2020); y en la agricultura y el ambiente, al formar una relación simbiótica con bacterias del suelo que fijan el nitrógeno atmosférico (Roy *et al.*, 2020), promoviendo la fertilidad del suelo y disminuyendo la dependencia de fertilizantes nitrogenados (White *et al.*, 2022; Barbieri *et al.*, 2023).

A pesar de los estudios globales relacionados con el garbanzo (Eker *et al.*, 2022; Abderemane *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2025), persiste un notable vacío de conocimiento sobre la base genética que determina la producción y la calidad de los

cultivares tipo Kabuli en Sudamérica, particularmente en Perú. Estas variedades adaptadas localmente, representan un recurso estratégico subexplotado, con una diversidad genética clave para la adaptación climática (Kumar *et al.*, 2020). La relevancia de estudiar estos recursos se acentúa al observar el contexto nacional. Si bien tiene importancia agroalimentaria en Perú, la producción es limitada, cultivándose en las regiones de Ayacucho, Ica, La Libertad y Lambayeque, siendo esta última la líder con 69,45 % de la producción nacional (282 de 406 toneladas), un rendimiento de 1.163 t ha<sup>-1</sup> y un precio de S/ 4,27 por kg (MIDAGRI, 2022). No obstante, la oferta interna es insuficiente para la demanda, generando una marcada dependencia de las importaciones (Zhang *et al.*, 2024).

Con el propósito de sentar las bases para las estrategias de conservación y mejoramiento genético del garbanzo en el Perú, esta investigación tuvo como objetivo la caracterización de 21 accesiones de *C. arietinum* de la Colección del Banco de Germoplasma del INIA (BGI) en la Estación Experimental Agraria (EEA) Vista Florida, incorporadas en 2025. La evaluación abarcó un análisis agromorfológico (descriptores: 18 cualitativos y 18 cuantitativos) con el fin de identificar características relevantes, establecer agrupamientos basados en la similitud genética y evaluar la productividad de las accesiones, generando con ello información fundamental para el programa nacional de mejoramiento de este cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Propiedades del suelo.** El análisis físico y químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Foliares (LABSAF) - Vista Florida - INIA, determinándose una textura franco-arcillo-arenosa, un pH de 7,2; el contenido de materia orgánica fue de 2,5 %; carbonatos 6,30 %; la conductividad eléctrica fue de 1,93 dS/m y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 15,71 meq/100g.

**Material vegetal y lugar de estudio.** Se trabajó con un total de 21 accesiones de garbanzo. De estas, 18 procedían del Banco de Germoplasma del INIA (BGI), mientras que 3, fueron donadas por el Programa de Leguminosas (PLS) de la EEA Vista Florida, distrito de Picsi, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, a 30 msnm (Figura

1), con coordenadas 6°43'40" S y 79°47'27" W. El clima de la zona presentó temperaturas mínimas de

18°C y máximas de 32 °C, con humedad relativa entre 60 y 95 % (SENAMHI, 2025).

**Cuadro 1.** Accesiones de la colección de garbanzo del Banco de Germoplasma del INIA.

| N° de accesión | Procedencia | Código de banco | Código de siembra de accesión |
|----------------|-------------|-----------------|-------------------------------|
| 1              | BGI         | C.a003          | Acc001                        |
| 2              | BGI         | C.a005          | Acc002                        |
| 3              | BGI         | C.a007-0        | Acc003                        |
| 4              | BGI         | C.a007-1        | Acc004                        |
| 5              | BGI         | C.a016          | Acc006                        |
| 6              | BGI         | C.a016-1        | Acc007                        |
| 7              | BGI         | C.a020          | Acc008                        |
| 8              | BGI         | C.a022          | Acc009                        |
| 9              | BGI         | C.a027          | Acc011                        |
| 10             | BGI         | C.a029          | Acc012                        |
| 11             | BGI         | C.a035          | Acc017                        |
| 12             | BGI         | C.a036          | Acc018                        |
| 13             | BGI         | C.a037          | Acc019                        |
| 14             | BGI         | C.a038          | Acc020                        |
| 15             | BGI         | C.a039          | Acc021                        |
| 16             | BGI         | C.a040          | Acc022                        |
| 17             | BGI         | C.a041          | Acc023                        |
| 18             | PLS         | Chancay-Local   | Acc024                        |
| 19             | PLS         | Criolla         | Acc025                        |
| 20             | PLS         | Español         | Acc026                        |
| 21             | PLS         | Flip            | Acc027                        |

\*\*\* BGI: Banco de Germoplasma del INIA; PLS: Programa de Leguminosas.

### **Diseño experimental y manejo de cultivos.**

Las accesiones se evaluaron bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres réplicas (filas), donde cada unidad experimental consistió en una fila de 5,0 m de longitud (10 plantas por accesión). El espacio entre filas y dentro de las mismas fue de 0,50 × 0,50 m. Se establecieron tres fechas de siembra el 17 de abril, para el primer ensayo; el 07 de julio para el segundo; y para el tercero, el 17 de septiembre del 2025, para evaluar la respuesta fenotípica en diferentes condiciones ambientales. La siembra se realizó de forma manual, a una profundidad de 5 cm, empleando dos semillas por punto de siembra, para asegurar el establecimiento; a los 20 días de la siembra sólo se conservó la plántula más fuerte en cada hoyo. Durante todo el ensayo se mantuvo un manejo agronómico uniforme, con riego por goteo y una fertilización de 20-40-50 (NPK). Las malezas se controlaron manualmente y el tratamiento fitosanitario se realizó cada 15 días, hasta que las vainas alcanzaron la madurez; posteriormente, se cosecharon cuando alcanzaron la madurez óptima.

El estudio abarcó tres campañas agrícolas, desarrolladas entre junio y diciembre de 2025.

**Descriptor morfológicos.** Para la caracterización fenotípica se emplearon 36 descriptores agromorfológicos, de los cuales 18 fueron cuantitativos y 18 cualitativos; relacionados con planta, hoja, flor, fruto y semilla (Cuadros 2 y 3).

Los descriptores se definieron de acuerdo con las guías de caracterización de la Junta Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IBPGR, 1993), la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2020), el Instituto Nacional de Semilla (INASE, 2001) y Kumawat *et al.* (2022).

**Análisis datos.** Para la evaluación de los datos se integraron técnicas univariadas y multivariadas, basándose en la metodología de Vásquez *et al.* (2022) y Medina *et al.* (2026). Inicialmente, para reducir la dimensionalidad y procesar la complejidad de los datos mixtos, se aplicó la Clasificación Jerárquica sobre Componentes Principales (HCPC). Este enfoque emplea distancias euclidianas sobre las coordenadas de los

componentes y el método de asociación de Ward, estableciendo el número óptimo de grupos (cut-off)

del dendrograma de forma automatizada mediante el criterio estadístico de ganancia de inercia.

**Cuadro 2.** Descriptores cualitativos de *C. arietinum* L. utilizados en la caracterización morfológica y agronómica.

| Descriptor                                             | Abreviatura     | Estado                                                                                                                          | Fuente                                                                |
|--------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Planta                                                 |                 |                                                                                                                                 |                                                                       |
| Hábito de crecimiento                                  | HABCRE          | (1) Erecto, (3) semierecto, (5) semiextendido, (7) extendido, (9) postrado                                                      | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; UPOV, 2020; IPGRI, 1993                 |
| Ramificación                                           | RAMI            | (3) Escasa, (5) medio, (7) abundante                                                                                            | Modificado de UPOV, 2020                                              |
| Hoja                                                   |                 |                                                                                                                                 |                                                                       |
| Longitud de los folíolos                               | LONFOL          | (3) Corto, (5) medio, (7) largo                                                                                                 | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; UPOV, 2020; INASE, 2001                 |
| Tipo de hoja                                           | TIPHOJ          | (1) Simples, (2) compuestas, (3) pinnadas                                                                                       | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; UPOV, 2020; Behera <i>et al.</i> , 2023 |
| Pigmentación antocianica en tallo                      | PIGANCTALL      | (1) Ausente, (2) presente                                                                                                       | Kumawat <i>et al.</i> , 2022                                          |
| Flor                                                   |                 |                                                                                                                                 |                                                                       |
| Color del estandarte                                   | COLEST          | (1) Blanco, (2) rosa, (3) azul, (4) otro                                                                                        | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; INASE, 2001                             |
| Estrías en el estandarte                               | ESTREST         | (1) Ausente, (2) presente                                                                                                       | Kumawat <i>et al.</i> , 2022                                          |
| Número de flores por pedúnculo                         | NUMFLOPED       | (1) Uno, (2) más de uno                                                                                                         | Kumawat <i>et al.</i> , 2022                                          |
| Fruto                                                  |                 |                                                                                                                                 |                                                                       |
| Longitud del pedúnculo                                 | LONPED          | (1) corto, (2) medio, (3) largo                                                                                                 | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; INASE, 2001                             |
| Color de la vaina                                      | COLVAI          | (1) Amarillo grisáceo oscuro, (2) amarillo grisáceo (3) marrón oliva moderado, (4) marrón oliva oscuro                          | INIA, 2025                                                            |
| Forma predominante del ápice de la vaina               | FORPREAPIVAI    | (1) Romo, (2) puntiagudo                                                                                                        | Aybare <i>et al.</i> , 2025                                           |
| Forma según el grado de curvatura de la vaina          | FORSEGGRACURVAI | (1) Recto, (2) Medianamente curvo, (3) curvado                                                                                  | Aybar <i>et al.</i> , 2025                                            |
| Forma según la dirección que tiene la sutura placentar | FORSEGDIRSUTPLA | (1) Normal, (2) inverso                                                                                                         | Aybar <i>et al.</i> , 2025                                            |
| Semilla                                                |                 |                                                                                                                                 |                                                                       |
| Categoría de semilla                                   | CATSEM          | (3) Bajo, (5) medio (7) alto y (9) extralargo                                                                                   | Kumawat <i>et al.</i> , 2022                                          |
| Forma de semilla                                       | FORMSEM         | (1) Redonda, (2) entre redonda y angular, (3) angular                                                                           | UPOV, 2020                                                            |
| Color de semilla                                       | COLSEM          | (1) Beige (Kabuli), (2) beige cremoso, (3) verde, (4) amarillo, (5) naranja, (6) marrón, (7) marrón oscuro, (8) gris, (9) negro | Kumawat <i>et al.</i> , 2022                                          |
| Testa textura                                          | TESTEX          | (1) Liso, (2) rugoso                                                                                                            | Kumawat <i>et al.</i> , 2022; INASE, 2001                             |
| Acostillado                                            | ACOS            | (1) Ausente, (3) débil, (5) medio, (7) fuerte, (9) muy fuerte                                                                   | INASE, 2001                                                           |

**Cuadro 3.** Descriptores cuantitativos de *C. arietinum* L. utilizados en la caracterización morfológica y agronómica.

| Descriptor                     | Abreviatura | Unidad | Fuente                    |
|--------------------------------|-------------|--------|---------------------------|
| Planta                         |             |        |                           |
| Altura a la cosecha            | ALTCOS      | cm     | INIA, 2025                |
| Longitud de entrenudos         | LONENT      | m      | Modificado de INASE, 2001 |
| Hoja                           |             |        |                           |
| Largo de los folíolos          | LARHO       | cm     | INIA, 2025                |
| Ancho de los folíolos          | ANHO        | cm     | INIA, 2025                |
| Número de folíolos por hoja    | NUMFOLHOJ   | -      | INIA, 2025                |
| Flor                           |             |        |                           |
| Días hasta el 50% de floración | DIA50FOL    | Días   | INASE, 2001               |
| Longitud máxima del estandarte | LONMAXEST   | Días   | INIA, 2025                |
| Ancho máximo del estandarte    | ANCMAXEST   | mm     | INIA, 2025                |
| Fruto                          |             |        |                           |
| Longitud del pedúnculo         | LONPED      | mm     | INIA, 2025                |
| Ancho de la vaina              | ANCVAI      | mm     | INIA, 2025                |
| Longitud de vaina              | LONVAI      | mm     | INIA, 2025                |
| Número de semillas por vaina   | NUMSEMVAI   | N      |                           |
| Número de vaina por planta     | NUMVAIPLA   | N      |                           |
| Época de madurez de la vaina   | EPOMADVAI   | Días   | INIA, 2025                |
| Semilla                        |             |        |                           |
| Longitud de la semilla         | LONSEM      | mm     | INIA, 2025                |
| Ancho de la semilla            | ANCSEM      | mm     | INIA, 2025                |
| Peso de 100 semillas           | PES100S     | g      | INIA, 2025                |
| Rendimiento por planta         | RENPLA      | G      | INIA, 2025                |

Las variables se analizaron según su naturaleza. Para las cuantitativas, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) con la prueba Tukey para determinar las características que influyeron en la formación de dichos grupos. Para las cualitativas, se elaboraron tablas de contingencia que permitieron identificar los atributos determinantes en el agrupamiento y con aquellas variables que resultaron significativas, se ejecutó un Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) para evaluar su asociación. Todo el procesamiento se desarrolló en el entorno libre RStudio (versión 3.11) para Windows, utilizando las librerías agricolae, factoextra y FactoMineR (Kassambara y Mundt, 2020; Morillo *et al.*, 2021).

## RESULTADOS

**Análisis de conglomerados según las características del germoplasma.** La caracterización se realizó mediante análisis de conglomerados con distancia euclidiana, considerando los descriptores de planta, hoja, flor, fruto y semilla, lo que identificó cuatro grupos de garbanzo (Figura 1).

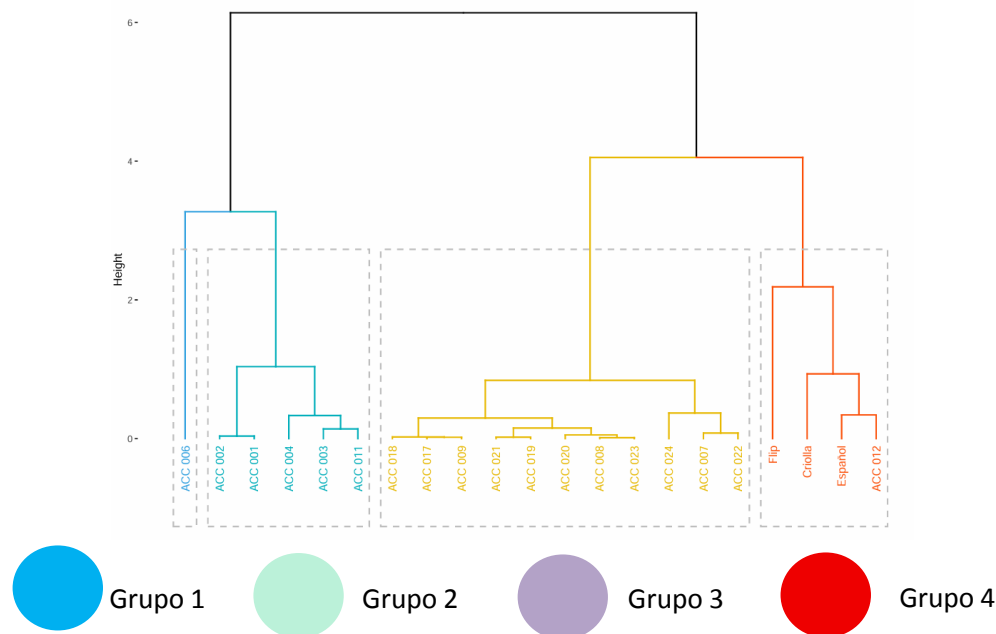
La evaluación cuantitativa evidenció una amplia variabilidad morfológica. El Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado a los cuatro grupos fenotípicos formados (Figura 1) detectó diferencias estadísticas significativas en 11 de las 18 variables evaluadas (Cuadro 3). Particularmente, el número de vainas por planta (NUMVAIPLA) y el rendimiento por planta (RENPLA) exhibieron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre los grupos, lo que confirmó, que ambas características presentaron el mayor poder discriminatorio para la separación y tipificación de los cuatro clústeres obtenidos (Cuadro 4).

El Grupo 1 destacó por un alto rendimiento, registrándose los valores más elevados tanto para el número de vainas por planta (NUMVAIPLA =  $219,0 \pm 32,5$ ), como para el rendimiento por planta (RENPLA =  $69,1 \pm 36,82$  g).

En cuanto al desempeño por grupos (Figura 1, Cuadro 4), se obtuvo que el Grupo 1 ( $n=1$ , Élite Productivo), conformado por una única accesión, se consolidó como el fenotipo superior de la colección, esta demostró una productividad sobresaliente, superando de manera estadísticamente significativa al resto en variables agronómicas

clave como la altura a la cosecha (ALTCOS, 76,4 cm), el número de vainas por planta (NUMVAIPLA, 219) y el rendimiento por planta (RENPLA, 69,1 g). Adicionalmente, su ciclo fenológico se caracterizó por alcanzar el 50 % de floración a los

78 días (DIA50FOL) y una madurez de vaina a los 134 días (EPOMADVAI), perfilándose como un material prometedor, para programas de mejoramiento enfocados en la alta productividad.



**Figura 1.** Dendrograma de agrupamiento de 21 accesiones basado en sus características morfológicas y agronómicas, generado mediante la técnica de Clasificación Jerárquica sobre Componentes Principales (HCPC) mediante el método de Ward.

Por su parte, el Grupo 2 ( $n=5$ , con un rendimiento intermedio), la fortaleza residió en la notable capacidad para producir semillas. Su atributo principal fue registrar el mayor promedio de semillas por vaina ( $NUMSEMVAI = 1,32$ ), un componente de rendimiento de alto valor agronómico para incrementar la eficiencia productiva. Mientras que, el Grupo 3 ( $n=11$ , Vigor Vegetativo), este conglomerado el más grande en número de accesiones, destacó por su excepcional desarrollo vegetativo. Las plantas de este grupo mostraron una arquitectura robusta y frondosa, evidenciada por los valores superiores en número de folíolos por hoja ( $NUMFOLHOJ, 6,89$ ); ancho máximo del estandarte ( $ANCMAXEST, 10,9$  mm); longitud del pedúnculo ( $LONPED, 21,3$  mm); y ancho de vaina ( $ANCVAI, 12,6$  mm). Por último, el Grupo 4 ( $n=4$ ), características de flor y grano), éste, aunque de menor rendimiento general, presentó los valores más altos en variables asociadas a la flor y la semilla, con largo

de foliolo ( $LARFOL, 16,1$  mm); ancho de foliolo ( $ANCFOL, 12,6$  mm); longitud máxima del estandarte ( $LONMAXEST, 12,6$  mm) y ancho de la semilla ( $ANCSEM, 8,00$  mm).

#### Variabilidad en características cualitativas.

De los 18 descriptores analizados, siete mostraron una asociación estadísticamente significativa y resultaron determinantes para la diferenciación de los cuatro grupos de accesiones, confirmando la amplia variabilidad fenotípica del material evaluado (Cuadro 5).

Para profundizar en estas asociaciones, se realizaron análisis de correspondencias múltiples (ACM) independientes para los descriptores de planta, hoja, flor, fruto y semilla. Los resultados se presentan a continuación.

**ACM para descriptores de planta.** El análisis de correspondencias múltiples (ACM) mostró que las dos primeras dimensiones explicaron el 70,7% de la varianza total. En la representación gráfica (Figura 2), se observó una clara diferenciación de

los grupos: el 3, se asoció predominantemente con un crecimiento semierecto y ramificación media; el 2, se caracterizó por un crecimiento

semiextendido y ramificación abundante, mientras que el 1 y 4, se agruparon por presentar una ramificación escasa.

**Cuadro 4.** Prueba de Tukey para descriptores cuantitativos de las accesiones de garbanzo (*C. arietinum* L.).

| Fenología | Descriptor              | Grupos      |             |                        |                        |
|-----------|-------------------------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|
|           |                         | Grupo 1     | Grupo 2     | Grupo 3                | Grupo 4                |
| Planta    | ALTCOS**                | 76,4±9,78a  | 57,7±6,37b  | 73,4±3,77 <sup>a</sup> | 60,4±1,96b             |
|           | LONENT**                | 22,6±2,52a  | 17,2±1,56b  | 20,9±1,70 <sup>a</sup> | 20,6±1,80 <sup>a</sup> |
| Hoja      | LARFOL*                 | 12,5±1,25ab | 11,7±2,45 b | 16,1±1,90 <sup>a</sup> | 16,1±3,80ab            |
|           | ANCFOL**                | 7,78±0,89bc | 7,15±1,37c  | 11,2±1,58ab            | 12,6±1,17 <sup>a</sup> |
|           | NUMFOLHOJ <sup>ns</sup> | 6,00±0,3a   | 6,28±0,42a  | 6,89±0,60 <sup>a</sup> | 6,5±0,57 <sup>a</sup>  |
| Flor      | DIA50FOL**              | 78±2,5a     | 76,2±4,02a  | 66,6±2,54b             | 64,2±3,59b             |
|           | LONMAXEST <sup>ns</sup> | 9,21±0,31a  | 10,1±1,64a  | 10,6±0,78 <sup>a</sup> | 12,6±2,45 <sup>a</sup> |
|           | ANCMAXEST <sup>ns</sup> | 11,2±0,67a  | 10,7±0,41a  | 10,9±1,17 <sup>a</sup> | 10±0,0a                |
|           | LONPED <sup>ns</sup>    | 18,5±0,85a  | 19,7±2,97a  | 21,3±1,89 <sup>a</sup> | 20,3±3,84 <sup>a</sup> |
| Fruto     | LONVAI**                | 17,0±1,28a  | 21,8±1,76a  | 22,9±1,02 <sup>a</sup> | 26,9±3,05 <sup>a</sup> |
|           | ANCVAI**                | 10,4±0,56b  | 11,2±0,97b  | 12,6±0,55 <sup>a</sup> | 12,4±0,76ab            |
|           | NUMSEMVAI <sup>ns</sup> | 1,0±0,2a    | 1,32±0,30a  | 1,18±0,14 <sup>a</sup> | 1,15±0,1 <sup>a</sup>  |
|           | NUMVAIPLA***            | 219,0±32,5a | 115±44,1bc  | 120±27,7b              | 66,0±23,8c             |
|           | EPOMADVAI**             | 134±4,42a   | 134±0,1a    | 123±4,61b              | 112±1,5c               |
| Semilla   | PES100S*                | 31,6±1,28b  | 39,9±4,53b  | 41,9±5,01ab            | 52,6±14,6 <sup>a</sup> |
|           | RENPLA***               | 69,1±36,82a | 62,5±32,8ab | 58,1±11,6b             | 39,1±15,4c             |
|           | ANCSEM <sup>ns</sup>    | 7,67±0,48a  | 7,95±0,44a  | 8,18±0,45 <sup>a</sup> | 8,00±0,91 <sup>a</sup> |
|           | LONSEM*                 | 8,66±0,34b  | 9,69±0,58b  | 9,86±0,43b             | 11,1±1,40 <sup>a</sup> |

ALTCOS: Altura a la cosecha, LONENT: Longitud de entrenudos, LARFOL: Largo de los folíolos, ANCFOL: Ancho de los folíolos, NUMFOLHOJ: Número de folíolos por hoja, DIA50FOL: Días hasta el 50% de floración, LONMAXEST: Longitud máxima del estandarte, ANCMAXEST: Ancho máximo del estandarte, LONPED: Longitud del pedúnculo, LONVAI: Longitud de vaina, ANCVAI: Ancho de la vaina, NUMSEMVA: Número de semillas por vaina, NUMVAIPLA: Número de vaina por planta, EPOMADVAI: Época de madurez de la vaina, PES100S: Peso de 100 semillas, RENPLA: Rendimiento por planta, ANCSEM: Ancho de semilla, LONSEM: Longitud de semilla, \*\*: Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), \*: Significativo ( $p \leq 0,05$ ), ns: No significativo ( $p > 0,05$ ),  $\pm$ : desviación estándar.

**ACM para descriptores de hoja.** Mediante el ACM, se determinó que los dos primeros ejes concentraron el 57,4 % de la varianza total. Este resultado permitió asociar los grupos 3 y 4 con la presencia de folíolos largos, en contraste con el 2, que se vinculó con folíolos medios (Figura 3).

**ACM para descriptores de fruto.** El análisis de los dos primeros ejes del ACM, que concentraron el 75,0 % de la varianza total, reveló una clara distinción morfológica. Se observó que los grupos 3 y 4 se caracterizaron por la presencia de vainas con ápice puntiagudo, a diferencia del 1, las cuales mostraron una forma tipo romo (Figura 4).

**ACM para descriptor de semilla.** El ACM reveló que los dos primeros ejes explicaron el 56,4 % de la variación total, lo que permitió una clara diferenciación de los grupos (Figura 5). El 2 y 3,

se caracterizaron por tener semillas de peso alto, forma variable, entre redonda, angular y acostillado medio. Por su parte, en el Grupo 1 las semillas fueron redondas con acostillado débil. Finalmente, en el 4, las semillas presentaron un acostillado muy fuerte y un peso "extralargo" ( $>50$  g).

En resumen, los grupos se diferenciaron por sus atributos agromorfológicos (Cuadro 6). El Grupo 1 se distinguió por presentar vainas de ápice romo (FORPREAPIVAI) y semillas de peso medio, forma redonda y acostillado débil (CATSEM, FORMSEM, ACOS). Productivamente, alcanzó 219,0 vainas por planta (NUMVAIPLA) y un rendimiento de 69,1 g/planta (RENPLA). El Grupo 2 presentó un fenotipo de crecimiento semiextendido con ramificación abundante (HABCRE, RAMI), folíolos medios (LONFOL) y

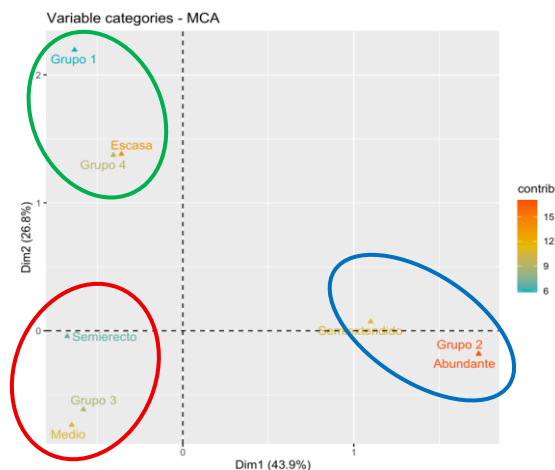
semillas con acostillado fuerte (ACOS). La producción promedio fue de 115,0 vainas por

planta (NUMVAIPLA) y 62,5 g/planta de rendimiento (RENPLA).

**Cuadro 5.** Cuadro de contingencia para la asociatividad de los descriptores morfológicos en la formación de los grupos.

| Descriptores |                                 |                         |                                                                |                               |
|--------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Planta (%)   | Hoja (%)                        | Flor (%)                | Fruto (%)                                                      | Semilla (%)                   |
| HABCRE**     | LONFOL*<br>TIPHOJ <sup>ns</sup> | COLEST <sup>ns</sup>    | LONPED <sup>ns</sup><br>COLVAI <sup>ns</sup>                   | CATSEM*<br>FORMSEM***         |
| RAMI***      | PIGANCTALL <sup>ns</sup>        | ESTREST <sup>ns</sup>   | FORPREAPIVAI***                                                | COLSEM <sup>ns</sup>          |
|              |                                 | NUMFLOPED <sup>ns</sup> | FORSEGGRACURVAI <sup>ns</sup><br>FORSEGDIRSUTPLA <sup>ns</sup> | TESTEX <sup>ns</sup><br>ACOS* |

HABCRE: Hábito de crecimiento, RAMI: Ramificación, LONFOL: Longitud de los folíolos, TIPHOJ: Tipo de hoja, PIGANCTALL: Pigmentación antocianica en tallo, COLEST: Color del estandarte, ESTREST: Estrías en el estandarte, NUMFLOPED: Número de flores por pedúnculo, LONPED: Longitud del pedúnculo, COLVAI: Color de la vaina, FORPREAPIVAI: Forma predominante del ápice de la vaina, FORSEGGRACURVA: Forma según el grado de curvatura de la vaina, FORSEGDIRSUTPLA: Forma según la dirección que tiene la sutura placentar, CATSEM: Categoría de semilla, FORMSEM: Forma de semilla, COLSEM: Color de semilla, TESTEX: Testa textura, ACOS: Acostillado, \*\*: Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), \*: Significativo ( $p \leq 0,05$ ), ns: No significativo ( $p > 0,05$ ).



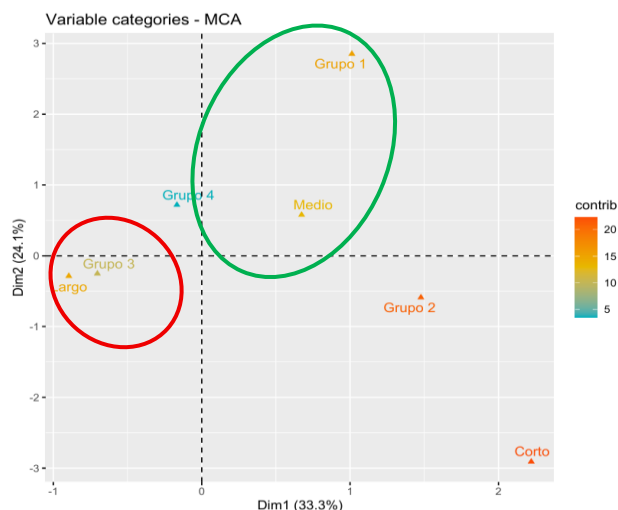
**Figura 2.** Análisis de correspondencias múltiples (ACM) para el descriptor de planta (HABCRE: Erecto, Semierecto, Semiextendido, Extendido, Postrado; RAMI: Escasa, Media, Abundante).

El Grupo 3 mostró un crecimiento semierecto (HABCRE), ramificación media (RAMI) y folíolos largos (LONFOL). Las vainas presentaron un ápice puntiagudo (FORPREAPIVAI); las semillas tuvieron un peso alto (CATSEM), forma entre redonda y angular (FORMSEM) y acostillado medio (ACOS). Registró  $120,0 \pm 27,7$  vainas por planta (NUMVAIPLA) y un rendimiento de  $58,1 \pm 11,6$  g/planta (RENPLA). Finalmente, el Grupo 4 se distinguió por su ramificación escasa (RAMI), semillas con peso extralargo (CATSEM) y acostillado muy fuerte (ACOS). Reportó  $66,0 \pm 23,8$  vainas por planta

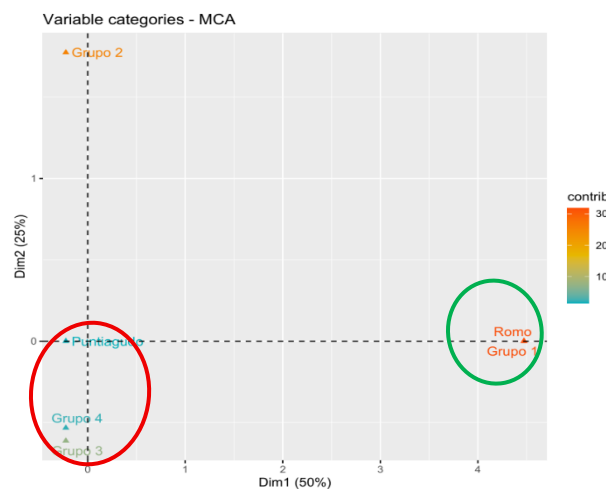
(NUMVAIPLA) y un rendimiento de  $39,1 \pm 15,4$  g/planta (RENPLA).

## DISCUSIÓN

El análisis de conglomerados de las 21 accesiones del INIA, en los cuatro grupos fenotípicamente diferenciados, puso de manifiesto la predominancia de la clase comercial "macrosperma" o "Kabuli" dentro de esta colección. Los criterios de agrupación (planta, hoja, flor, fruto y semilla) se alinearon sistemáticamente con las características de este tipo, en contraposición al "microsperma" o "Desi".



**Figura 3.** Análisis de correspondencias múltiples (ACM) para el descriptor de hoja (LONFOL: Corto, Medio, Largo).



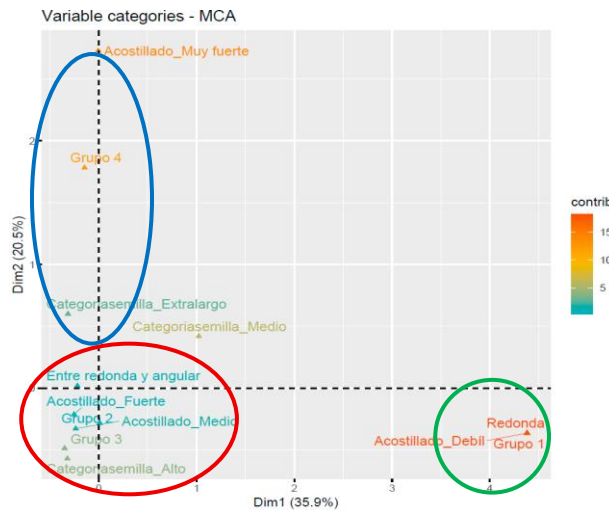
**Figura 4.** Análisis de correspondencias múltiples (ACM) para el descriptor de fruto (FORPREAPIVAI: Romo, Puntiagudo).

Las características morfológicas observadas en la colección evaluada son coherentes con Muehlbauer y Sarker (2018) y Zhang *et al.* (2024) quienes definieron el tipo Kabuli por su adaptación a regiones templadas, como con flores blancas, semillas grandes y claras, testa delgada y superficie lisa. Los hallazgos de Kivrak *et al.* (2020) reforzaron esta clasificación al señalar que la clase Kabuli carece de pigmentación en sus órganos vegetativos y estructuras florales, produciendo semillas grandes de color crema. Este fenotipo contrastó marcadamente con el tipo Desi, con pigmentos, flores rosa-púrpura y con las semillas más pequeñas, angulares, rugosas y de colores marrón, negro, verde, oscuros.

Un hallazgo relevante fue el destacado rendimiento agronómico de la colección evaluada, que mostró valores sobresalientes en RENPLA (39,1-69,1 g/planta), NUMVAIPLA (66-219 vainas/planta), PES100S (31,6-52,6 g) y ALTCOS (57,7-76,4 cm). Si bien estos resultados fueron numéricamente superiores a los de Kivrak *et al.* (2020), Eker *et al.* (2022) y Fahde *et al.* (2025), es importante señalar que estas comparaciones deben interpretarse con cautela. Las diferencias fenotípicas observadas no pueden atribuirse a un único factor limitante. Más bien, es probable que resultaran de la interacción entre la base genética intrínseca de las accesiones estudiadas y las condiciones agroecológicas particulares del ensayo.

Mientras esta investigación se desarrolló bajo un rango térmico favorable (16-30 °C), las citadas experimentaron condiciones de severo estrés por calor (31,9-44,8 °C). Sin embargo, factores edafoclimáticos adicionales (tipo de suelo,

disponibilidad hídrica, radiación) y la propia variabilidad genética poblacional, fueron determinantes en la expresión diferencial de estos componentes de rendimiento.



**Figura 5.** Análisis de correspondencias múltiples (ACM) para el descriptor de semilla (CATSEM: Bajo, Medio, Alto, Extralargo; FORMSEM: redonda, entre redonda y angular, angular, ACOS: Ausente, Débil, Medio, Fuerte, Muy fuerte).

**Cuadro 6.** Identificación de características agromorfológicas distintivas de 21 accesiones de garbanzo (*C. arietinum* L.), agrupadas mediante ACM.

| Variables              | Grupo 1      | Grupo 2       | Grupo 3                 | Grupo 4     |
|------------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------|
| <b>HABCRE**</b>        |              | Semiextendido | Semierecto              |             |
| <b>RAMI***</b>         |              | Abundante     | Medio                   | Escasa      |
| <b>LONFOL*</b>         |              | Medio         | Largo                   |             |
| <b>FORPREAPIVAI***</b> | Romo         |               | Puntiagudo              |             |
| <b>CATSEM*</b>         | Medio        |               | Alto                    | Extralargo  |
| <b>FORMSEM***</b>      | Redonda      |               | Entre redonda y angular |             |
| <b>ACOS*</b>           | Débil        | Fuerte        | Medio                   | Muy fuerte  |
| <b>NUMVAIPLA***</b>    | 219,0±32,5a  | 115±44,1 bc   | 120±27,7 b              | 66,0±23,8 c |
| <b>RENPLA***</b>       | 69,1±36,82 a | 62,5±32,8 ab  | 58,1±11,6 b             | 39,1±15,4 c |

HABCRE: Hábito de crecimiento, RAMI: Ramificación, LONFOL: Longitud de los folíolos, FORPREAPIVAI: Forma predominante del ápice de la vaina, CATSEM: FORMSEM: Forma de semilla, ACOS: Acostillado, NUMVAIPLA: Número de vaina por planta, RENPLA: Rendimiento por planta, \*\*: Altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), \*: Significativo ( $p \leq 0,05$ ), ns: No significativo ( $p > 0,05$ ),  $\pm$ : Desviación estándar.

Las investigaciones realizadas por Eker *et al.* (2022) y Sheldrake *et al.* (1978) reportaron incrementos significativos de rendimiento (6 a 20,5%) asociados a estos rasgos, particularmente como mecanismo de estabilización en zonas áridas y bajo condiciones de estrés térmico (Kivrak *et al.*, 2020), porque mitigaron el impacto del estrés

térmico, un factor limitante, primordial en la etapa reproductiva, que provocó la abscisión de flores, redujo la viabilidad del polen y, por consiguiente, impactó en el rendimiento final (Toker *et al.*, 2007; Sita *et al.*, 2017; Devasirvatham *et al.*, 2018). Considerando esos resultados, es probabilístico plantear la hipótesis de que las

accesiones sobresalientes identificadas en el presente estudio podrían conferir ventajas adaptativas similares. No obstante, al tratarse de caracterizaciones iniciales de esta colección, resulta indispensable realizar futuros experimentos específicos que evalúen el efecto directo del estrés térmico sobre estas colectas del banco de germoplasma para validar dicha premisa.

La ausencia de los rasgos señalados, en la colección del INIA evaluada, impidió una cuantificación directa de su efecto. No obstante, se consideró que su valor agronómico radicó en la capacidad para acelerar la maduración durante el llenado de grano. Este atributo sería clave en las próximas décadas para regiones con temporadas de cultivo cortas o en siembras de invierno ("garbanzo de frío"), lo cual es consistente con los hallazgos de Kivrak *et al.* (2020) sobre la relación entre doble vaina, floración temprana y madurez.

En cuanto a los caracteres morfológicos, se observó que la colección presentó rasgos consistentes de al menos una flora y hojas de tipo imparipinnada. Esto es coherente con los hallazgos de Kivrak *et al.* (2020) en sus poblaciones F1. Sin embargo, dicho estudio también mostró la variabilidad genética subyacente, porque sus plantas F2 segregaron para tipo de hoja (imparipinnada vs. unifoliada) y número de vainas (simples vs. dobles), lo que contrastó con la uniformidad fenotípica observada en la colección INIA, sugiriendo que las accesiones fueron uniformes, para los rasgos de vaina simple y hoja imparipinnada.

El rendimiento superior de la colección se explicó por la combinación de una arquitectura de planta favorable (hábito crecimiento semiextendido y ramificación abundante) y la predominancia de la hoja compuesta (imparipinnada). Este último rasgo fue particularmente relevante y concordó con los resultados de Eker *et al.* (2022) y Abbo *et al.* (2013), quienes señalaron que la hoja compuesta ofrecen una doble ventaja en el área fotosintética, 2 a 3, veces mayor y la capacidad de reducir la superficie foliar bajo estrés lumínico; sin embargo, las hojas simples carecen de este mecanismo de plasticidad. Las compuestas, ofrecen una ventaja adaptativa, que justificaría los altos rendimientos observados.

Sastry *et al.* (2019) indicaron que el comercio europeo y australiano reconoce tres grupos de garbanzos por diámetro: grandes (>9 mm),

medianos (8-9 mm) y pequeños (7-8 mm). Las semillas cosechadas en los 4 grupos, de la colección, oscilaron entre 8,66 y 11,1 mm en longitud, situándose en las categorías mediana (25 %) y grande (75 %). Estos resultados fueron superiores a los señalados por de Fahde *et al.* (2025), quienes obtuvieron calibres inferiores a la categoría "pequeña" (6,97-7,03 mm). También son coherentes con los estudios de Avelar *et al.* (2018) y Sastry *et al.* (2019), quienes reportaron rangos de ancho de semilla (6,86-9,29 mm) consistentes con el observado en este estudio (7,67-8,18 mm). Fue preciso indicar que obtener semillas con esta clasificación es crucial, porque los garbanzos tipo Kabuli > 7 mm reciben una prima de 50 USD/tonelada por cada milímetro adicional (Biçer, 2009; Sastry *et al.*, 2019), lo que corrobora que las semillas de la colección pertenecen a la variedad Kabuli (calibre mediano a grande, color beige y forma de cabeza de búho), diferenciándose del tipo Desi (semillas pequeñas, con color y angulares).

El sobresaliente desempeño agronómico de la colección evidenció una adecuada adaptabilidad a las condiciones edáficas del sitio experimental. Como se detalló en la caracterización físico y química, según la metodología, el suelo de textura franco-arcillosa presentó parámetros de fertilidad favorables (pH neutro, niveles óptimos de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico). Estas condiciones proporcionaron un entorno propicio que acompañó el óptimo desarrollo vegetativo y reproductivo de las accesiones, reflejado en la altura de planta y los componentes de rendimiento. Si bien la literatura suele indicar una preferencia del garbanzo por suelos franco-arenosos (Fikre *et al.*, 2020; Parwada *et al.*, 2022), los resultados, de la presente investigación, demostraron que el cultivo puede prosperar en suelos franco-arcillosos, si se cuenta con un manejo nutricional adecuado, concordando con lo planteado por Hakimzadeh *et al.* (2023), sobre la respuesta de la biomasa a distintos perfiles edáficos.

En este sentido, la literatura señaló que nutrientes como el fósforo son cruciales para el desarrollo radical, la nodulación y la madurez uniforme (Fahde *et al.*, 2025). Debido a que todas las accesiones de este estudio fueron evaluadas bajo un ambiente homogéneo, que incluyó fertilizaciones estratégicas uniformes de potasio y fósforo, es probable que este manejo haya

proporcionado una base nutricional óptima para el cultivo. Al garantizar condiciones ambientales y de manejo estandarizadas para todo el ensayo, se minimizó el efecto de la varianza ambiental. Por consiguiente, se infirió que la amplia variación fenotípica y los rendimientos sobresalientes observados en la colección respondieron principalmente a la varianza genética intrínseca de los materiales evaluados, permitiendo la expresión de su máximo potencial agronómico.

Desde la perspectiva de la conservación y valorización de los recursos fitogenéticos, los resultados de este estudio proporcionaron una línea base estructural fundamental. La caracterización morfológica permitió destacar el valor promisorio de la colección, identificando particularmente a las accesiones de los Grupos 1 y 3 como material genético con alto potencial productivo. La discriminación e identificación de estos genotipos sobresalientes fue posible gracias a la contribución de descriptores clave como el rendimiento por planta (RENPLA), el número de vainas (NUMVAIPLA) y la altura a la cosecha (ALTCOS). En consecuencia, la preservación activa de esta variabilidad fenotípica garantiza la disponibilidad de una base genética robusta con altas prospecciones para futuros programas de fitomejoramiento, cuyos siguientes pasos deberán enfocarse en validar la estabilidad de estos caracteres frente a condiciones de estrés ambiental.

## CONCLUSIONES

La caracterización de 21 accesiones del INIA confirmó una alta diversidad genética organizada en cuatro grupos. Destacaron el 1 y 3 por su precocidad y productividad en seis accesiones (Acc006, Acc007, Acc009, Acc0018, Acc0019 y Acc0021), perfilándose como recursos clave para el mejoramiento genético. Este germoplasma representó un activo estratégico que podría enfrentar el cambio climático, garantizar la seguridad alimentaria y dinamizar la economía agrícola nacional.

## LITERATURA CITADA

1. Abbo, S., O. Goren, Y. Saranga, M. Langensiepen y D.J. Bonfil. 2013. Leaf shape×sowing density interaction affects chickpea grain yield. *Plant Breeding* 132(2): 200-204.
2. Abderemane, B.A., M. Fakiri, O. Idrissi, A. Baidani, A. Zeroual, E. Mazzucotelli *et al.* 2023. Evaluación del potencial productivo de una colección mundial de garbanzos (*Cicer arietinum* L.) para el inicio de programas de mejoramiento para la adaptación a la agricultura de conservación. *Sostenibilidad* 15(15): 11927.
3. Abou Chehade, L., S. Tavarini, M.F. Bozzini, G. Koskey, L. Caturegli, D. Antichi y L.G. Angelini. 2024. Caracterización agronómica y fitoquímica de los recursos genéticos locales de garbanzo para la transición agroecológica y los sistemas alimentarios sostenibles. *Agronomía* 14(10): 2229.
4. Apáez Barrio, M., J.A. Escalante, P. Apáez y J.C. Álvarez. 2020. Producción, crecimiento y calidad nutrimental del garbanzo en función del nitrógeno y fósforo. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas* 11(6): 1273-1284.
5. Avelar, R.I.S., C.A.D. Costa, D.D.S. Brandão, H.A. Paraíso y W.M. Nascimento. 2018. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. *Journal of Seed Science* 40(2): 146-155.
6. Aybar Pebe, L.J., N. Medina Portilla, M.A. Camargo Cobeñas, E. A. Chihuan Palomino y J.A. Terán Rojas. 2025. Caracterización agromorfológica y diversidad fenotípica del frijol común de Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 28: 1-18.
7. Barbieri, P., T. Starck, A.S. Voisin y T. Nesme. 2023. Biological nitrogen fixation of legumes crops under organic farming as driven by cropping management: A review. *Agricultural Systems* 205: 103579.
8. Behera, K., A. Babbar, R.G. Vyshnavi, T. Patel y S.S. Prajapati. 2023. Exploring the chickpea genotypes through morphological characterization for improved breeding. *Int. J. Plant Soil Sci.* 35(18): 551-563.
9. Biçer, B.T. 2009. The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. *African Journal of Biotechnology* 8(8).
10. Camargo, M.C, C. Figueriredo y J.C. Machado. 2019. Review: Gastric Malignancies: Basic Aspects. *Helicobacter* 24(1): e12642.
11. Chang, L., Y. Lan, N. Bandillo, J.B. Ohm, B. Chen y J. Rao. 2022. Proteínas vegetales de guisante verde y garbanzo: extracción, fraccionamiento, caracterización estructural y

- propiedades funcionales. *Hidrocoloides Alimentarios* 123: 107165.
12. IBPGR. (International Board for Plant Genetic Resources) 1993. Descriptores del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Instituto del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, 33 p.
  13. Devasirvatham, V. y D.K. Tan. 2018. Impact of high temperature and drought stresses on chickpea production. *Agronomy* 8(8): 145.
  14. Eker, T., H. Sari, D. Sari, H. Canci, M. Arslan, B. Aydinoglu, *et al.* 2022. Advantage of multiple pods and compound leaf in kabuli chickpea under heat stress conditions. *Agronomy* 12(3): 557.
  15. Fahde, S., S. Boughribil, L. Ed-daoudy, Y. Dadi, A. El-Mekkaoui, B. Sijlmasi *et al.* 2025. Efectos de las características fisicoquímicas de dos suelos sobre los rasgos agromorfológicos de dos variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Ciencia* 7(2): 45.
  16. Fikre, A., H. Desmaey y S. Ahmed. 2020. Aprovechar el potencial económico del garbanzo en el África subsahariana. *Agronomía* 10(11): 1707.
  17. Hakimzadeh Ardakani, M.A., M. Haghjoo, G. Moradi y M. Esfandiari. 2023. Investigating the effect of different soil textures on morphological characteristics and the amount of essential oil of *Lippia citriodora* medicinal plant. *Water and Soil Management and Modelling* 3(1): 14-25.
  18. Hernández, A.E., F.W. Corral, J.B. Flores, F.R. Félix, C.L.D.T. Sánchez, J.L.G. Hernández y E.O.R. Puente. 2021. Fertilization systems in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in soils of arid-desertic areas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(2).
  19. Imran, A., M.S. Mirza, T.M. Shah, K.A. Malik y F.Y. Hafeez. 2015. Differential response of kabuli and desi chickpea genotypes toward inoculation with PGPR in different soils. *Frontiers in Microbiology* 6: 859.
  20. Kassambara A. y F. Mundt. 2020. Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. <https://n9.cl/mzlury>
  21. Kaur, R. y K. Prasad. 2021. Características nutricionales y productos de valor agregado del garbanzo (*Cicer arietinum*): una revisión. *Revista de Tecnología Postcosecha* 9(2): 1-13.
  22. Kivrak, K.G, T. Eker, H. Sari, D. Sari, K. Akan, B. Aydinoglu *et al.* 2020. Integración de las características de semilla extragrande y vaina doble en el garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Agronomía* 10(6): 901.
  23. Kumar, S., R.S. Meena, R. Datta, S.K.Verma, G.S. Yadav, G. Pradhan *et al.* 2020. Legumes for Carbon and Nitrogen Cycling: An Organic Approach. In *Carbon and Nitrogen Cycling in Soil*; Springer: Singapore pp: 337-375.
  24. Kumar, T., A. Hamwieh, N. Swain y A. Sarker. 2021. Identification and morphological characterization of promising kabuli chickpea genotypes for short-season environment in central India. *Journal of Genetics* 100(2): 33.
  25. Kumawat, S., R.S. Solanki, N. Jain, A. Babbar y P. Banjarey. 2022. Agro-morphological characterization of exotic and indigenous Kabuli chickpea lines. *The Pharma Innovation Journal* 11(5): 1973-1981.
  26. León de la Rocha, J.F., D.M. Sariol Sánchez y J.A. Juárez-Cortez. 2019. Efecto de la fertilización nitrogenada y fechas de siembra en el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Tehuacán, Puebla, México. *Roca: Revista Científico Educacional de la Provincia de Granma* 15(3).
  27. Medina, M.T.O., S. Mendez-Farroñan, Y. Bustamante-Carrasco y D. Lindo-Seminario. 2026. Caracterización agromorfológica del algodón de costa (*Gossypium barbadense* L.-*G. Hirsutum* L.) del banco de germoplasma del Inia, Perú. *Bioagro* 38(1): 481-494.
  28. Merga, B. y J. Haji. 2019. Economic importance of chickpea: Production, value, and world trade. *Cogent Food & Agriculture* 5(1): 1615718.
  29. MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). 2022. Producción agrícola (Anuario). Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA), Perú. <https://n9.cl/rjk57>
  30. Morillo-Coronado, A.C., E.H. Manjarres Hernández y L. Forero-Mancipe. 2021. Phenotypic diversity of morphological characteristics of pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.) germplasm in Colombia. *Plants* 10(11): 2255.
  31. Muehlbauer, F.J. y A. Sarker. 2018. Economic importance of chickpea: Production, value and world trade. In: *The Chickpea Genome*. Springer, Berlin p: 5-12.
  32. Ortiz, A. y M. Venialgo. 2017. El uso de fertilizantes químicos y el crecimiento de la agricultura paraguaya. *Contabilidad,*

- Marketing y Empresa 3(1).
33. Parwada, C., T.F. Parwada, J. Chipomho, N. Mapope, E. Chikwari y C.Mvumi. 2022. Evaluation of *Cicer arietinum* (chickpea) growth performance and yield in different soil types in Zimbabwe. *Journal of Current Opinion in Crop Science* 3(1): 16-27.
  34. Roy, S., W. Liu, R.S. Nandety, A. Crook, K.S. Mysore, C.I. Pislariu *et al.* 2020. Celebrando 20 años de descubrimientos genéticos en la nodulación de leguminosas y la fijación simbiótica de nitrógeno. *Célula Vegetal* 32(1): 15-41.
  35. Saget, S., M. Costa, E. Barilli, M.W. Vasconcelos, C.S. Santos, D. Styles y M. Williams. 2020. La sustitución del trigo por harina de garbanzo en la producción de pasta proporciona más nutrición a un menor costo ambiental. *Producción y Consumo Sostenibles* 24: 26-38.
  36. Sastry, D.V.S.S.R., H.D. Upadhyayay y T.R. Srinivas. 2019. Variation for seed physical and hydration properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) mini core collection and their relevance to conservation and utilization. *Plant Genetic Resources* 17(4): 311-324.
  37. Sharma, S., A. Singh, U. Sharma, R. Kumar y N. Yadav. 2018. Efecto del procesamiento térmico sobre los factores antinutricionales y la biodisponibilidad *in vitro* de minerales en cultivares desi y kabuli de garbanzo cultivados en el norte de la India. *Investigación de Legumbres: una revista internacional* 41(2): 267-274.
  38. Sheldrake, A., N. Saxena y L. Krishnamurthy. 1978. Expresión e influencia en el rendimiento del carácter de "doble vaina" en garbanzos (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research* 1: 243-253.
  39. Silva, B.Q., M.N. da Silva, S. Smetana y M.W. Vasconcelos. 2025. Comparative environmental and nutritional sustainability analysis of Kabuli and Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) types at the farm and product level. *Journal of Cleaner Production* 145706.
  40. Sita, K., A. Sehgal, B. Hanumantha Rao, R.M. Nair, P. Vara Prasad, S. Kumar *et al.* 2017. Legumbres alimenticias y aumento de temperaturas: efectos, mecanismos funcionales adaptativos específicos de la etapa de crecimiento reproductivo y estrategias para mejorar la tolerancia al calor. *Frontiers in Plant Science* 8: 1658.
  41. Summo, C., D. De Angelis, L. Ricciardi, F. Caponio, C. Lotti, S. Pavana y N. Pasqualone. 2019. Nutritional, physico-chemical and functional characterization of a global chickpea collection. *Journal of Food Composition and Analysis* 84: 103306.
  42. Toker, C., C. Lluch, N.A. Tejera, R. Serraj y K.H.M. Siddique. 2007. Abiotic stress. In S.S. Yadav, R.J. Redden, W. Chen, B. Sharma (Eds.), *Chickpea breeding and management*. CABI, Wallingford. pp. 474-496
  43. UPOV. (Unión internacional para la protección de obtenciones vegetales). 2020. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad 26 p.
  44. Vázquez-García, J., J.C. Santos-Pelaez, R. Malqui-Ramos, C.N. Vigo y L.G. Bobadilla. 2022. Agromorphological characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) accessions from the germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation, Peru. *Heliyon* 8(10).
  45. Venkidasamy, B., D. Selvaraj, A.S. Nile, S. Ramalingam, G. Kai y S.H. Nile. 2019. Indian pulses: A review on nutritional, functional and biochemical properties with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology* 88: 228-242.
  46. White, C., T. Wilkinson, D. Kindred, S. Belcher, B. Howard, R. Vickers y R. Sylvester-Bradley. 2022. El YEN del frijol: Comprender la variación del rendimiento del frijol en las granjas del Reino Unido. *Anales de Biología Aplicada* 181(2): 137-151.
  47. Zhang, J., J. Wang, C. Zhu, R.P. Singh y W. Chen. 2024. Chickpea: Its origin, distribution, nutrition, benefits, breeding, and symbiotic relationship with *Mesorhizobium* species. *Plants* 13(3): 429.