

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE 73 ACCESIONES DE HABA (*Vicia faba* L.) COLECTADAS EN NARIÑO



PHENOTYPICAL CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF 73 BROAD BEANS (*Vicia faba* L.) ACCESSIONS COLLECTED IN NARIÑO

Álvarez Sánchez, David; Maigual Timarán, Hernán; Salazar González,
Claudia; Betancourth García, Carlos

David Álvarez Sánchez

dacalvarezsa@udenar.edu.co

Universidad de Nariño, Colombia, Colombia

Hernán Maigual Timarán

timaran@udenar.edu.co

Universidad de Nariño, Colombia, Colombia

Claudia Salazar González

claudiasalazarg@udenar.edu.co

Universidad de Nariño, Colombia, Colombia

Carlos Betancourth García

cbet70@udenar.edu.co

Universidad de Nariño, Colombia, Colombia

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

ISSN: 2145-6097

ISSN-e: 2145-6453

Periodicidad: Semestral

vol. 14, núm. 2, 2024

riaa@unad.edu.co

Recepción: 03 Octubre 2022

Aprobación: 05 Diciembre 2022

Publicación: 20 Junio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1304312001/>

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.6256>

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/about>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

CÓMO CITAR: Álvarez, D., Maigual, H., Salazar, C. y
Betancourth, C. (2023). Caracterización fenotípica y clasificación
jerárquica de 73 accesiones de haba (*Vicia faba* L.) colectadas en
Nariño. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 14(2), 11 - 27.
<https://doi.org/10.22490/21456453.6256>

Resumen: Contextualización: el cultivo de haba es considerado un componente importante en los sistemas campesinos de clima frío al ofrecer atributos multifuncionales [fuente de proteína, estrategia rotación, opción comercial, otros], por lo cual presenta alto arraigo en la región de Nariño [Colombia].

Vacío de conocimiento: se busca ampliar el conocimiento sobre la diversidad de esta especie para facilitar una estrategia de conservación y el desarrollo de programas de mejora.

Propósito: caracterizar fenotípicamente y clasificar 73 accesiones de haba colectadas en Nariño.

Metodología: se realizó un proceso de colecta de semillas de haba en siete municipios productores de Nariño. Las accesiones fueron sembradas en parcelas de observación y evaluadas mediante 19 descriptores cuantitativos. Los resultados se analizaron mediante correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales; además, se procedió a realizar una agrupación jerárquica mediante el método de Ward.

Resultados y conclusiones: se evidenció diversidad fenotípica en la colección de trabajo, además se describieron diferentes asociaciones entre descriptores que estuvieron relacionadas con dinámicas de compensación de la especie. En referencia al análisis multivariado, se generaron cuatro grupos con características particulares que pueden explorarse para fines de conservación, detección de materiales con características superiores o para mejora genética del cultivo de haba.

Palabras clave: leguminosas, diversidad fenotípica, morfología vegetal, fenología.

Abstract: Contextualization: bean cultivation is considered an important component in cold climate farming systems because it offers multifunctional attributes [source of protein, rotation strategy, commercial option, etc.], which is why it is so common in the region of Nariño [Colombia].

Knowledge gap: knowledge about the biodiversity of this species must be expanded to facilitate a conservation strategy and the development of improvement programs.

Purpose: to characterize phenotypically and classify 73 broad bean accessions collected in Nariño.

Methodology: different bean seeds were collected in seven producer municipalities of Nariño. The accessions were planted in observation plots and evaluated using 19 quantitative descriptors. The results were analyzed using Pearson's correlation and Principal Component Analysis. In addition, a hierarchical grouping was carried out using Ward's method.

Results and conclusions: phenotypic diversity was evidenced in the collection. In addition, different associations between descriptors that were related to the species' compensation dynamics were described. In reference to the multivariate analysis, four groups with characteristics were generated and they can be explored for conservation purposes, detection of materials with superior characteristics, or genetic improvement of the broad bean crop.

Keywords: legumes, phenotypic diversity, plant morphology, phenology.

RESUMEN GRÁFICO



1. INTRODUCCIÓN

El haba [*Vicia faba* L.] es una planta herbácea perteneciente a la familia Fabaceae. Su origen está asociado al Cercano Oriente con restos arqueológicos que datan de 14000 años A.C., por lo que se considera una de las primeras plantas domesticadas (Alghamdi et al., 2017; Asadova, 2019). Según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, 2020], durante el año 2020, a nivel mundial se sembraron 2,6 millones de hectáreas con haba, proporcionando un promedio de 5,6 millones de toneladas entre grano fresco y seco. Sin embargo, a pesar de estas cifras, en las últimas dos décadas se ha identificado una tendencia negativa en el mantenimiento de las variedades regionales y presión sobre la reserva genética de la especie (Tadele et al., 2022; Zayed et al. 2022). Por lo que Salazar et al. (2019) resaltan la importancia de los diferentes nichos en donde se salvaguarda la producción de esta leguminosa.

En este sentido, pese a que Colombia registra una participación reducida a nivel mundial, Nariño se destaca por concentrar el 70 % de la cosecha nacional, con un promedio de 423 ha sembradas y una producción de 1730 t (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). En este departamento, la integración del haba dentro de los sistemas mixtos de agricultura familiar y el continuo intercambio de semilla, por parte de los agricultores, permiten la preservación exitosa de materiales locales, como lo mencionan Álvarez-

Sánchez et al. (2021). Allí, este cultivo es valorado por proveer una fuente de proteína de alto contenido y calidad en la dieta (Asadova, 2019; Khamassi et al., 2021) de personas y animales, por contribuir a la recuperación de suelo y por su valor económico (Álvarez-Sánchez et al., 2021; Zayed et al., 2022).

En consecuencia, por la implicación socioeconómica que representa el haba, junto al potencial para encontrar mayor diversidad genética de esta planta, se ha sugerido realizar procesos de colecta y posterior evaluación mediante descriptores fenotípicos y genéticos (Elshafei et al., 2019; Salazar et al., 2019) con el propósito de iniciar una estrategia sólida de conservación o de desarrollo de un programa de mejora para la especie (Tekalign et al., 2020). Un ejemplo de este tipo de estudios es presentado por Alghamdi et al. (2017) en Arabia Saudita, Salazar et al. (2019) en México, Elshafei et al. (2019) en Egipto, Khamassi et al. (2021) en Tunes y Malek et al. (2021) en Argelia, entre otros, quienes registran en cada caso variabilidad entre materiales colectados. Por lo anterior, este trabajo buscó evaluar la diversidad fenotípica y clasificar de forma jerárquica 73 accesiones de haba colectadas en el departamento de Nariño, con el objeto de generar una aproximación a la diversidad genética de esta especie en la región y establecer posibles agrupaciones sobresalientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se realizó una colecta de semillas de haba durante los semestres A y B del año 2021 en siete municipios del departamento de Nariño, los cuales se seleccionaron al presentar antecedentes estadísticos de distribución del cultivo (MADR, 2021). El código empleado para identificar las variedades regionales fue: Alp = Alpagata, Ar = Argentina, Bn = Beso de novia, Bc = Blanca común, Ro = Roja, Rs = Rosada y Sv = Semiverde [Tabla 1].

TABLA 1.
Identificación de los materiales de *Vicia faba* depositados en la colección GRISAV.

Municipio	Altitud m.s.n.m.	Temperatura promedio °C	Código
Pasto	2520 – 2870	14,4	Ar-1; Bc-2; Sv-3; Bc-4; Bc-10; Bc-35; Bc-36; Bc-37; Bc-38; Sv-39; Bc-40; Ar-41; Bc-42; Bc-43; Ar-44; Bc-45; Bc-46; Sv-47; Ro-48; Bc-49; Ro-53; Bc-54; Bc-55; Ro-56; Alp-57; Rs-58; Bn-59; Rs-60; Bc-65; Bc-66; Bc-67; Ro-68
Ipiiales	2830 – 2980	14,3	Ar-15; Rs-17; Sv-26; Ro-27; Ar-28; Rs-29; Bc-30; Ar-33; Bc-34; Bc-51; Bc-52; Rs-61; Bc-62; Alp-63; Rs-64
Córdoba	2760 – 2860	13,4	Bc-11; Bc-12; Bc-20; Ro-21; Ro-22; Rs-23; Bc-24; Bn-25; Rs-71; Bc-72; Rs-73
Guachucal	3160 – 3188	13,3	Bn-5; Ro-6; Bc-7; Bc-8; Bc-50
Tuquerres	2580 – 3023	11,1	Alp-9; Rs-13; Bc-14; Bc-18; Sv-70; Alp-74
Potosí	2622	12,9	Rs-19; Bc-31; Rs-32
Carlosama	2985	17,6	Bc-16

Autores.

Cada variedad contó con un número heterogéneo de accesiones: Alp [4], Ar [6], Bn [3], Bc [35], Ro [8], Rs [12] y Sv [5] para un total de 73 materiales.

Localización

El estudio se realizó en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una altitud de 2650 m s. n. m, a 1° 10' 14" N y 77° 18' 43" W, con una temperatura media de 13 °C, precipitación anual de 803 mm y humedad relativa del 82 %.

Diseño experimental

En un área de 2460 m² se dispuso cada accesión en una parcela de observación, conformada por tres surcos de 6 m de longitud separados a 1,2 m, donde se sembraron 36 semillas a una distancia de 0,5 m entre sitio. Durante el ensayo se realizó un manejo uniforme del lote [previo análisis de suelo] y el control de arvenses, plagas y enfermedades, siguiendo las recomendaciones técnicas de Horque (2004).

Caracterización fenotípica

Se realizó a partir de 19 descriptores cuantitativos propuestos por el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, 1985) y Biodiversidad Internacional (Alercia, 2011). El valor promedio de cada descriptor correspondió a la estimación de diez plantas de cada accesión tomadas al azar de la parcela de observación. De acuerdo con la escala BBCH, durante la etapa de floración y madurez del fruto se contabilizó el número de tallos [NT], el número de folíolos [Nfo], los días hasta el 50 % de floración [DF], los nudos florales [NFl], el número de flores [NFr], las vainas por nudo [VN], las vainas por planta [NV], los días a cosecha en verde [DCv] y los días a cosecha en seco [SCs]. Además, se midió en cm la altura basal (AB), la altura de la planta (AP), el grosor del tallo (GT), el largo del folíolo (L_Fo), el ancho del folíolo (A_Fo), la longitud de la flor (LgFr), el largo de la vaina (LV) y el ancho de la vaina (AV). Finalmente, en la etapa de senescencia, fueron estimados los descriptores de semillas por vaina [SV], largo de semilla [LS en cm] y peso de cien semillas con una humedad del 15 % [P100 en g].

Análisis estadístico

Para cada descriptor se calculó el valor mínimo, el valor máximo, la relación máximo/mínimo y el coeficiente de variación; también se determinó el grado de asociación empleando un análisis de correlación de Pearson. Con aquellos descriptores que presentaron un coeficiente de variación superior al 20 % y cuando no se identificó una asociación alta con otro [$\rho < 50\%$] se desarrolló un Análisis de Componentes Principales [ACP] y clasificación jerárquica, utilizando como medida de disimilitud la distancia cuadrática euclidiana y el método de Ward como algoritmo de ligamiento. Para la validación estadística de los grupos obtenidos en el dendograma, se midió la diferencia del grupo k con respecto a la media global en términos de desviación estándar, utilizando la prueba de valor test (Pardo, 2020). El desarrollo de los procesos estadísticos se realizó con el lenguaje de programación R v. 4.1.2, operando las librerías Agricolae y FactoExtra.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio encontró variabilidad asociada a todos los descriptores fenotípicos utilizados, evidenciando potencial para hallar diversidad genética dentro de la colección. Especialmente NT, GT, NFl, LgFr, VN, NV, P100 y DF presentaron el mayor coeficiente de variación y una diferencia de 2 a 5 veces entre el valor mínimo y el valor máximo en cada característica [Tabla 2].

TABLA 2.
Caracterización fenotípica de 73 accesiones de *Vicia faba*.

Descriptores	Media	CV*	Rango	Max/Min
Número de tallos (NT)	2,80	18,1	1,8 – 4,4	2,44
Altura basal (AB)	7,29	4,0	5,3 – 8,9	1,67
Altura de planta (AP)	129,87	13,7	85,8 – 161,6	1,88
Grosor tallo (GT)	1,25	24,7	0,7 – 2,3	3,52
Número foliolos (Nfo)	5,81	8,0	4,6 – 7,0	1,52
Largo foliolo (L_Fo)	12,42	8,5	9,6 – 15,2	1,59
Ancho foliolo (A_Fo)	6,06	14,9	4,4 – 10,4	2,39
Nudos florales (NFl)	13,24	20,9	8,8 – 19,4	2,20
Número de flores (NFr)	4,42	12,5	3,2 – 6	1,88
Longitud flor (LgFr)	3,46	17,7	1,8 – 4,4	3,94
Vainas por nudo (VN)	2,08	21,7	1,0 – 3,4	3,40
Vainas por planta (NV)	32,46	26,9	11,3 – 56,3	4,98
Largo vaina (LV)	11,93	7,8	9,2 – 14,2	1,54
Ancho vaina (AV)	2,48	13,0	1,9 – 3,6	1,87
Semillas por vaina (SV)	2,52	13,2	1,6 – 3,2	2,00
Largo de semilla (LS)	2,84	8,7	2,5 – 3,4	1,38
Peso cien semillas (P100)	211,08	16,5	148,5 – 350	2,36
Días a floración (DF)	62,08	15,0	53 – 108	2,04
Días cosecha verde (DCv)	176,10	4,0	150 – 194	1,22
Días cosecha seco (SCs)	213,34	4,4	191 – 243	1,27

Autores.

*CV: Coeficiente de variación

Autores como Tekalign et al. (2020), Malek et al. (2021) y Zayed et al. (2022) respaldan el anterior resultado al indicar que, efectivamente, los siete descriptores mencionados [junto a AP y DCv] hacen parte de las características más sensibles en estudios con *Vicia faba*, registrando cambios entre materiales aun dentro de zonas de colecta relativamente pequeñas.

En Nariño, tres rasgos contrastaron con evaluaciones de caracterización similares en esta especie. El primero fue el bajo número de tallos, ya que los valores de este estudio mostraron un promedio de 2,8, siendo sensiblemente menor al valor registrado por Horque (2004) de 6,5 en una muestra de materiales peruanos y por Salazar et al. (2019) de 6,4 en materiales mexicanos. Sin embargo, a pesar de ser identificado este comportamiento, no se vieron comprometidas características de importancia agronómica como NFl, VN y NV que, en promedio, exhibieron un valor dentro del rango encontrado por los mismos autores (Horque, 2004; Salazar et al., 2019). También se pudo establecer que la AP, con un promedio de 129,8 cm (Tabla 2), superó el valor obtenido en materiales de haba colectados en Argelia con 81,4 cm (Malek et al., 2021), Egipto con 102,7 y 108,5 cm (Elshafei et al., 2019; Zayed et al., 2022), Azerbaiyán con 107,2 cm (Asadova, 2019), Perú con 110,1 cm (Horque, 2004) y Etiopia con 118,36 cm (Tadele et al., 2022).

Bodner et al. (2018) indicaron que, para la altura de planta, el efecto de la interacción genotipoambiente es significativo, por lo cual, se deberá corroborar el comportamiento de la colección en diferentes localidades. Pero también se sabe que, en el pasado, los agricultores de Nariño utilizaban los tallos secos de esta leguminosa como combustible doméstico, lo cual pudo generar un criterio de selección para el agricultor; esto se notó especialmente en las variedades regionales Alpargata y Blanca común con mayor altura.

Otro comportamiento que llamó la atención estuvo asociado al descriptor P100, el cual presentó un valor promedio de 211,08 g [Tabla 2] que fue superior a los valores referenciados por Horque (2004), Alghamdi et al. (2017), Salazar et al. (2019), Malek et al. (2021), Khamassi et al. (2021) y Zayed et al. (2022), con los que

se presenta una diferencia entre 26 a 111,7 g. P100 hace parte de los componentes de rendimiento en haba, por lo cual es considerado un marcador en la selección de materiales productivos (Alharbi & Adhikari, 2020; Zayed et al., 2022). Igualmente es un rasgo valorado a nivel comercial y existe una preferencia diferencial de mercado en relación con este carácter, por lo cual la variabilidad de este es favorable dentro de esta especie (Álvarez-Sánchez et al., 2021; Asadova, 2019).

Los demás descriptores mostraron un comportamiento dentro de las variaciones reportadas para *Vicia faba* en la literatura científica, fortaleciendo la hipótesis de Tekalign et al. (2020) quienes señalan que es posible que, dentro de una región, los agricultores seleccionen a través del tiempo algunos rasgos comunes y deseados para el consumo doméstico o el mercado.

Análisis de correlación

En la matriz de correlación [Anexo 1] se pudo establecer que los materiales de mayor altura y número de tallos presentaron una correlación positiva respecto al número de vainas por nudo [AP x VN: $\rho = 0,51$], vainas por planta [NT x NV: $\rho = 0,51$] y peso de cien semillas [AP x P100: $\rho = 0,42$]. Este es un comportamiento similar al notado por Salazar et al. (2019) y Elshafei et al. (2019), quienes indicaron que los resultados obtenidos se deben a la capacidad que tienen este tipo de plantas para establecerse y competir por la luz. Además, Bodner et al. (2018) pudieron determinar que un mayor número de tallos permite la distribución de más puntos de inserción de las vainas, lo que es un componente conexo al rendimiento.

Por otro lado, en la medida que se contabilizó un mayor número de botones florales y número de flores por botón, dos descriptores correlacionados [NFl x NFr: $\rho = 0,40$], la cantidad de vainas por nudo se incrementó [NFr x NV: $\rho = 0,39$] e igualmente el número de semillas por vaina [NFl x SV: $\rho = 0,49$]. Sin embargo, esta última asociación mostró un tamaño de semilla sensiblemente más pequeño, como lo confirmó la correlación SV x P100 con un $\rho = -0,46$ [Anexo 1]. Lo anterior se ha discutido como un mecanismo de compensación en las plantas de *Vicia faba*, que busca disminuir la competencia por recursos e incrementar la viabilidad de las semillas bajo condiciones naturales (Alharbi & Adhikari, 2020; Asadova, 2019; Bodner et al., 2018). En el Anexo 1 puede observarse que el número de botones florales se correlacionó de forma negativa con los días en floración [NFl x DF: $\rho = -0,45$], días de cosecha en verde [NFl x DCv: $\rho = -0,52$] y días de cosecha en seco [NFl x DCs: $\rho = -0,49$]; este comportamiento no se ha registrado en otras investigaciones y podría servir para identificar materiales precoces en etapas tempranas del cultivo.

Los resultados obtenidos confirman la relación indicada por Alharbi & Adhikari (2020) y Zayed et al. (2022) al establecer que el tamaño de vaina se encuentra inversamente relacionado con la cantidad de vainas producidas por planta, dicho tamaño está determinado por la correlación negativa AV x NV = $-0,56$ y LV x NV = $-0,41$ [Anexo 1]. Conjuntamente, el tamaño de vaina también incidió sobre el tiempo promedio para la cosecha en seco [AV x DCs: $\rho = 0,47$], probablemente al tener un mayor contenido de humedad. Por último, la relación positiva que presentó la altura de inserción de tallos con el número total de tallos [AB x NT: $\rho = 0,98$] y el número de vainas por planta [AB x NV: $\rho = 0,38$] fue contraria a la registrada por Zayed et al. (2022). De acuerdo con las observaciones en terreno, se advierte que aquellos materiales con valores altos en AB tuvieron una mejor arquitectura y mayor separación del follaje del suelo, lo cual incidió sobre la sanidad de la planta.

Los anteriores resultados tienen importantes implicaciones para la mejora de *Vicia faba*, dado que aquellas características [fuertemente correlacionadas] posiblemente estén bajo la influencia de los mismos genes con efectos pleiotrópicos o genes ligados (Asadova, 2019; Bodner et al., 2018; Tekalign et al., 2020), lo que indicaría que la selección basada en el fenotipo podría ser eficaz para la mejora de caracteres específicos (El-Abssi et al., 2019; Zayed et al., 2022).

Análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico

El resultado del análisis multivariado, presentado en la Tabla 3, consideró los primeros tres componentes principales [CP] al presentar un valor propio superior a 1,0 y retener el 76,1 % de la varianza total.

Conjuntamente, cada CP se analizó a partir de los autovectores con puntajes superiores a 30 %, los cuales revelan la correlación existente entre las variables originales y la variable sintética (Pardo, 2020).

TABLA 3.
Contribución de los descriptores a la conformación de los Componentes Principales.

Descriptor	CP1	CP2	CP3
Número de tallos (NT)	-5,90	16,89	41,89
Altura de planta (AP)	-15,70	57,37	0,06
Área foliar (Afo)	-14,88	36,39	-5,94
Número inflorescencias (NFI)	-58,54	-8,70	-1,71
Número de vainas (NV)	-14,51	0,17	57,94
Vainas por nudo (VN)	-8,77	-16,01	30,07
Largo de vaina (LV)	-16,50	8,85	-39,94
Semillas por vaina (SV)	-23,71	-3,26	-35,71
Peso de cien semillas (P100)	6,31	52,27	-5,61
Días cosecha en verde (DCv)	40,83	7,71	0,29
Valor propio	<i>2,04</i>	<i>1,23</i>	<i>1,11</i>
Varianza	<i>0,39</i>	<i>0,20</i>	<i>0,17</i>
Varianza acumulada	<i>0,39</i>	<i>0,59</i>	<i>0,76</i>

Autores

El primer CP mostró una contribución positiva de DCv, asociada con la fenología de los materiales, así como una contribución negativa de NFI. El segundo CP relacionó AP, Afo y P100, que son características vinculadas al porte de los materiales, y, finalmente, el tercer CP representó los componentes de rendimiento sugeridos para *Vicia faba* por Elshafei et al. (2019) y Zayed et al. (2022), con la contribución de los descriptores NT, NV, VN, LV y SV [Tabla 3]. El análisis de clasificación confirmó la existencia de diversidad fenotípica en la colección y permitió diferenciar tres grupos, a un valor de corte de 0,58, como se observa en la Figura 1. Estas agrupaciones [conformadas por el análisis multivariado para Khamassi et al. (2021) y Tadele et al. (2022)] además de representar el patrón de diversidad de los materiales, brindan información útil sobre el potencial de selección al interior de la colección.

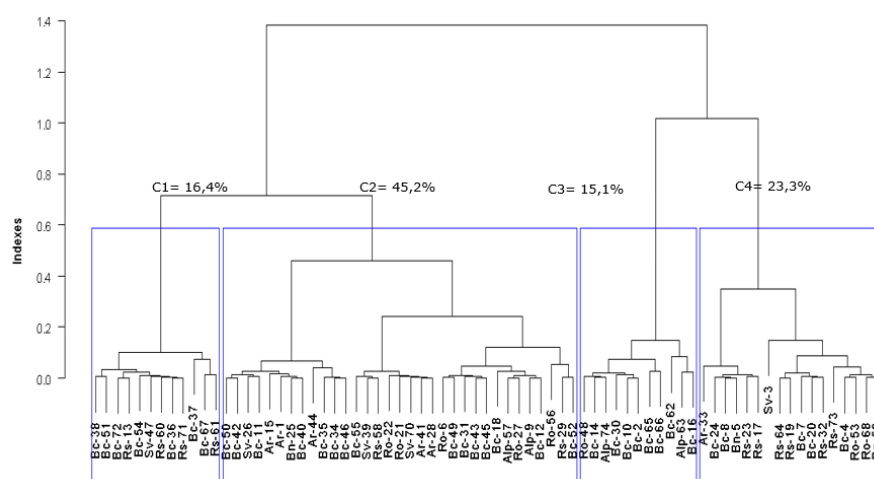


FIGURA 1.

Dendrograma de la clasificación fenotípica de 73 accesiones de *Vicia faba*.

Autores.

La clasificación no fue capaz de explicar los grupos conformados sobre la base del punto de colecta de las accesiones como ha sido reportado en otros estudios, por ejemplo, en Elshafei et al. (2019) y Zayed et al. (2022). Posiblemente porque la variación agroclimática y edáfica es baja en el interior de la región geográfica abordada en Nariño, sumado a la semejanza en las prácticas de manejo por parte de los agricultores en los siete municipios abordados.

Con referencia al grupo 1, el porte de planta fue intermedio con un AP de $139,7 \pm 10$ cm, junto a un número alto de NT ($3,50 \pm 0,5$) y VN ($2,41 \pm 0,3$), que dio como resultado un elevado número de vainas, con un promedio de NV del $40,63 \pm 0,3$, lo que sugiere la posibilidad de seleccionar este grupo por rendimiento [Tabla 4].

TABLA 4.
Descripción de grupos formados en la colección

Descriptor	Valor-Test	Promedio grupo	Promedio global
Grupo 1 (n=12)			
NT	6,31**	3,50	2,80
NV	3,87**	40,63	32,46
VN	2,20*	2,41	2,08
AP (cm)	-2,51*	139,7	176,1
P100 (g)	-2,87*	205,72	211,12
Grupo 2 (n= 33)			
NFI	6,08**	16,21	13,32
L_Fo (cm)	3,40**	14,85	12,42
SV	-2,33**	2,03	2,52
NV	-2,07*	24,08	32,46
Grupo 3 (n= 11)			
P100 (g)	4,91**	246,7	211,12
DCv (días)	2,69**	191,5	176,1
NFI	-2,43**	11,82	13,33
NT	-2,73*	2,51	2,82
NV	-3,18*	26,30	32,46
SV	-3,42*	2,00	2,52
Grupo 4 (n=17)			
NT	-2,54**	2,62	2,82
LV	-3,06*	11,34	11,93
P100 (g)	-3,09*	185,6	211,08
L_Fo (cm)	-3,66*	10,41	12,42
AP (cm)	-5,38*	109,2	131,5

Autores.

NT: Número de tallos, AP: Altura de planta, AFo: Ancho foliolo, NFI: Nudos florales, VN: Vainas por nudo, NV: Vainas por planta, LV: Largo vaina, SV: Semillas por vaina, P100: Peso cien semillas, DCv: Días cosecha verde

Si bien en cultivos de haba se ha identificado una variación del rendimiento debido a los métodos de cultivo y de las condiciones ambientales, la carga genética de la población es fundamental para expresar el potencial productivo (Malek et al., 2021; Zayed et al., 2022). Por ello, la identificación de los materiales que reúnan algunos o todos los indicadores de rendimiento anteriores podría mejorar el cultivo de haba (Bodner et al., 2018).

Los materiales del grupo 1 exhibieron un conveniente tamaño de semilla [con un valor promedio en P100 de $205,72 \pm 21$ g] como se muestra en la Tabla 4, asociado a semillas medianas y grandes, que tienen alta aceptación comercial en la región (Álvarez-Sánchez et al., 2021). El 59 % de los materiales de esta primera agrupación correspondió a la variedad regional Blanca común, siendo esta la de mayor área cultivada en Nariño según el MADR (2021), por lo cual se podría pensar en una selección empírica realizada por los agricultores. También fue importante identificar materiales superiores de las variedades Rosada y Semiverde, las cuales tienen demanda para preparaciones tradicionales de la región.

Por otra parte, el grupo 2 [con 33 accesiones] fue el más diverso y numeroso, con representantes de todas las variedades regionales [Tabla 4 y Figura 1]. Comparativamente, estas plantas presentaron un porte medio con folíolos de $14,8 \pm 0,5$ cm de longitud que fueron ligeramente más grandes en comparación al promedio global, por lo cual exhibieron un follaje abultado, lo que dificultó el manejo agronómico en campo. En estos materiales sobresalió también el número de nudos florales con un promedio de 15 ± 3 , que se encuentra dentro de los reportes más altos para esta especie (Alharbi & Adhikari, 2020; Horque, 2004; Salazar et al., 2019; Zayed et al., 2022). Sin embargo, esta característica influyó negativamente sobre el número total de vainas por planta, contabilizándose en este grupo un valor promedio de $24,08 \pm 3$, lo que representa una disminución del 21,6 % con relación al promedio global [Tabla 4]. La anterior observación podría ser explicada por los niveles de aborto floral que tiene algunas accesiones de *Vicia faba*, con variaciones entre genotipos del 25 al 35 %, como lo ha indicado Bodner et al. (2018) y Salazar et al. (2019). Se suma a esto el hecho de que este grupo presentó uno de los reportes más bajos en el número de semillas por vaina, con $2,03 \pm 0,2$, por lo cual muestra bajo interés agronómico [Tabla 4].

El grupo 3 se diferenció por el tamaño de la semilla con un valor de P100 de $246,7 \pm 38$ g que no solo es el más alto en la colección [Tabla 4]), sino que es mayor al registrado en grupos de habas africanos de $126,7$ g (Khamassi et al., 2021), americanos de $141,6 - 185,5$ g (Horque, 2004; Salazar et al., 2019) y europeos de $129,9 - 181,17$ g (Bodner et al., 2018; Malek et al., 2021). Estas once accesiones también mostraron el periodo de cosecha en verde más prolongado, con un promedio de DCv de $191,5 \pm 4$ días [Tabla 4], por lo cual se catalogaron como tardías de acuerdo con la clasificación de Horque (2004), con un incremento de hasta de 42 días respecto al material más precoz de la colección. Además, ratificando la compensación entre descriptores encontrada en este estudio, el grupo 3 presentó el menor valor en NT ($2,5 \pm 0,4$), NFI ($11,8 \pm 1,7$), NV ($26,3 \pm 9,2$) y SV ($2 \pm 0,2$).

Finalmente, en el grupo 4 se encontraron las accesiones con menor porte de planta, al mostrar valores por debajo del promedio de la colección en NT ($2,62 \pm 0,5$), L_Fo ($10,41 \pm 0,5$ cm) y AP ($109,2 \pm 13$ cm). Igualmente, las vainas y semillas tuvieron un tamaño pequeño con valores de LV de $11,34 \pm 1$ cm y P100 de $185,6 \pm 20$ g (Figura 1 y Tabla 4). Se destacan accesiones como Ar-33, Ro-68, Ro-19 y Bc-20, que presentaron un comportamiento agronómico adecuado con una carga entre $45,2 - 51,3$ vainas por planta, cumpliendo con las características valoradas por Asadova (2019) quien sugiere que los materiales modernos de haba deben ser paulatinamente adaptados a un menor requerimiento de área de cultivo. Sin embargo, el tamaño de semilla es un limitante desde el punto de vista comercial y de preferencia, que deberá analizarse.

Como se ha evidenciado a lo largo de este estudio, los materiales de haba colectados en Nariño representan una fuente importante de diversidad de esta planta y pueden utilizarse dentro de estrategias de conservación de la especie, convirtiéndose en recursos altamente valiosos. Además, se debe considerar que estos materiales corresponden a la semilla tradicionalmente utilizadas por los agricultores, por lo cual se presume que las variedades recolectadas tienen una adecuada adaptación a las condiciones climáticas, de manejo y uso tradicional en esta región.

A la hora de elegir materiales con características superiores [o para mejora genética] se sugiere considerar los grupos 1 y 3 como acervo de partida, dado que estos demostraron la integración de rasgos agronómicamente positivos y ajustados a las necesidades del mercado local. A futuro también se deberá plantear una evaluación, en diferentes localidades, que permita identificar la relación que tienen las accesiones de habas frente

a distintos efectos ambientales, así como respaldar los resultados fenotípicos con el uso de marcadores moleculares para ganar precisión en la evaluación de la diversidad genética de la planta, como lo proponen Elshafei et al. (2019) y Malek et al. (2021).

4. CONCLUSIONES

Las variedades regionales de haba colectadas en Nariño albergan niveles notables de diversidad fenotípica, especialmente en los descriptores NT, GT, NF, LgFr, VN, VP, P100 y DF. El análisis de componentes principales y agrupamiento jerárquico permitió conformar cuatro grupos con características particulares que pueden explorarse para fines de conservación, detección de materiales con características superiores o de mejora genética del cultivo de haba. Dentro de la colección, los grupos 1 y 3 exhibieron rasgos potencialmente valiosos para incentivar la producción de haba. El grupo 1, al presentar una adecuada relación entre componentes de rendimiento, podría permitir la selección de accesiones de alta productividad; mientras que el grupo 3 mostró un destacado tamaño y peso de semilla.

MATERIALES SUPLEMENTARIOS

suppl1.pdf (pdf)

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de Formación del talento humano de alto nivel para el fortalecimiento de necesidades estratégicas de CTel del departamento de Nariño y a la Fundación Ceiba.

LITERATURA CITADA

- Alercia, A. (2011). *Key characterization and evaluation descriptors: Methodologies for the assessment of 22 Crops*. Bioversity International.
- Alghamdi, S., Al-Faifi, S. A., Migdadi, H. M., Al-Rowaily, S. L., El-Harty, E. E. & Farooq, M. (2017). Genetic diversity and field performance of Mung Bean, Faba Bean and Lentil Genotypes in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(4), 689–696. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0336>
- Alharbi, N. H. & Adhikari, K. N. (2020). Factors of yield determination in Faba Bean (*Vicia faba*). *Crop and Pasture Science*, 71(4), 305–21. <https://doi.org/10.1071/CP19103>
- Álvarez-Sánchez, D., Salazar-González, C., Sañudo-Sotelo, B. y Betancourth-García, C. (2021). Evaluación fenotípica de semillas de haba (*Vicia Faba* L.) colectadas en Nariño-Colombia. *U. D. C. A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2), 1–30. <http://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1874>
- Asadova, A. (2019). Problems and prospects of the selection of bean (*Vicia faba* L.) in Azerbaijan. *Agricultural Science Digest*, 39(4), 291–295. <http://doi.org/10.18805/ag.d-163>
- Bodner, G., Kronberga, A., Lepse, L., Olle, M., Vågen, I. M., Rabante, L., Fernández, J. A., Ntatsi, G., Balliu, A. & Rewald, B. (2018). Trait identification of faba bean ideotypes for northern European environments. *European Journal of Agronomy*, 96, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.eja.2018.02.008>
- El-Abssi, M., Rabi, H. A., Awaad, H. A. & Qabil, N. (2019). Performance and gene action for earliness, yield and chocolate spot disease of faba bean. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 46(6), 1825–1834. <http://doi.org/10.21608/zjar.2019.51882>

- Elshafei, A. A. M., Amer, M. A. E., Elanany., M. A. M. & Elhameed, A. G. A. (2019). Evaluation of the genetic variability of faba bean (*Vicia Faba* L.) genotypes using agronomic traits and molecular markers. *Bulletin of the National Research Centre*. 43(106), 1–10. <http://doi.org/10.1186/s42269-019-0145-3>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Cultivo de haba (1990-2020)*. <https://onx.la/65d96>
- Pardo, C. (2020). *Estadística descriptiva multivariada*. Universidad Nacional de Colombia.
- Horque, R. (2004). *Cultivo del haba*. INIA.
- Khamassi, K., Babay, E., Rouissi, M., Dakhlaoui, A., Ayed, R. B. & Hanana, M. (2021). Genetic variability of Tunisian faba bean (*Vicia Faba* L.) based on seeds' morphophysical properties as assessed by statistical analysis. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 110. <http://doi.org/10.1155/2021/9493607>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2021). *Participación departamental en la producción y en el área cosechada de haba*.
- Malek, N., Miyassa, M., Khamassi, K., Lupini, A., Rouaissi, M. & Hanifi, L. (2021). Agromorphological and molecular variability among Algerian faba bean (*Vicia Faba* L.) accessions. *Agronomy*, 11(8), 3-14. <http://doi.org/10.3390/agronomy11081456>
- Salazar, M., Pérez, D., González, A. y Vázquez, L. (2019). Variabilidad fenotípica en colectas de haba provenientes del Valle Toluca-Atlaomulco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(3), 713–727. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1758>
- Tadele, M., Mohammed, W. & Jarso, M. (2022). Genetic diversity of elite faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes based on agronomic traits and soil acidity stress indices. *American Journal of Bioscience and Bioengineering*. 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.11648/j.bio.20221001.11>
- Tekalign, A., Derera, J. & Sibiya, J. (2020). Phenotypic diversity among faba bean (*Vicia Faba* L.) landraces from the Ethiopian highlands. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 30(1), 17–34.
- Zayed, E. M., Ghareeb, Z. E. & Saad, K. I. (2022). Genetic diversity and Principal Component Analysis (PCA) of faba bean landraces based on yield-traits and protein SDS-Page. *Journal of Global Agriculture and Ecology*. 13(4), 1–16.

ENLACE ALTERNATIVO

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6256> (html)

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/6256/6107> (pdf)