

DIVERSIDAD FENOTÍPICA EN AJONJOLÍ DE GRANO BLANCO EN GUERRERO, MÉXICO^a

PHENOTYPIC DIVERSITY IN WHITE GRAIN SESAME IN GUERRERO, MEXICO

Vásquez-Ortiz, R.¹; Toledo-Aguilar, R.¹; Benítez-Riquelme, I.²; Tavitás-Fuentes, L.³

¹*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Iguala. Km. 2.5, Carretera Iguala-Tuxpan, Iguala de la Independencia, Guerrero, C. P. 40000, México.*

²*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5, Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco de Mora, Estado de México, C. P. 56230, México.*

³*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Zacatepec. Km. 0.5 Carretera Zacatepec, Galeana - Cuautla S/N, Centro, Zacatepec, Morelos, C. P. 62780, México.*

* E-mail: vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

Fecha de envío: 21, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, julio, 2025

Resumen:

Con el propósito de explorar la diversidad fenotípica de germoplasma de ajonjolí de grano blanco disponible en bancos de germoplasma, variedades mejoradas y materiales introducidos, se evaluaron 50 poblaciones en los ciclos primavera-verano 2021 y 2022, y cuatro ambientes en el estado de Guerrero, México, con base en 24 descriptores morfológicos: 11 cuantitativos y 13 cualitativos. Se obtuvo la distancia fenotípica y análisis de conglomerados para formar grupos. La matriz de distancia euclidiana entre poblaciones para las variables cuantitativas mostró que, las poblaciones introducidas Corea_Precoz y Corea_Espada fueron las más distantes por ser las más precoces a la floración, madurez de cápsula y con más de una flor por axila foliar. El análisis de conglomerados formó dos grupos con base en caracteres de similitud dentro de los grupos y caracteres de disimilitud entre los grupos. En términos de similitud, 39 poblaciones (78 %) se aglomeraron en el Grupo I y 11 poblaciones (22 %) en el Grupo II. En cuanto a la disimilitud, el Grupo I presentó una distancia fenotípica de 0.25 y el Grupo II, de 0.38. Si bien el germoplasma evaluado mostró un alto porcentaje de similitud fenotípica, se identificaron al menos dos grupos genéticos de variabilidad. Esta distancia podría ser aprovechada por los programas de mejoramiento de ajonjolí para generar nuevos recombinantes y diversidad mediante cruzamiento.

Palabras clave: *Sesamum indicum* L., dendograma, distancia de Gower, distancia euclidiana, similitud.

^aTesis doctoral e información publicada en la Revista Fitotecnia Mexicana.

Abstract

With the purpose of exploring the phenotypic diversity of white sesame germplasm available in germplasm banks, improved varieties and introduced materials, 50 populations were evaluated in the Spring-Summer 2021 and 2022 cycles, and four environments in the state of Guerrero, Mexico, based on 24 morphological descriptors: 11 quantitative and 13 qualitative. The phenotypic distance and cluster analysis were obtained to form groups. The Euclidean distance matrix between populations for the quantitative variables showed that the introduced populations *Corea_Precoz* and *Corea_Espada* were the most distant because they were the earliest to flowering, capsule maturity and with more than one flower per leaf axil. The cluster analysis formed two groups based on similarity characters within the groups and dissimilarity characters between groups. In terms of similarity, 39 populations (78%) were clustered in Group I and 11 populations (22%) in Group II. Regarding dissimilarity, Group I presented a phenotypic distance of 0.25, and Group II, 0.38. Although the evaluated germplasm showed a high percentage of phenotypic similarity, at least two genetic clusters of variability were identified. This distance could be exploited by sesame breeding programs to generate new recombinants and diversity through crossbreeding.

Keywords: *Sesamum indicum* L., dendrogram, Gower distance, Euclidean distance, similarity.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) se realiza con algunas variedades mejoradas que los productores han cultivado año con año y las han convertido en criollas a través de la coevolución y diversificación, con las que atienden sus propios requerimientos y necesidades sociales y regionales (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2024). Estas poblaciones, aunado a accesiones de bancos de germoplasma, y algunos materiales introducidos, constituyen una fuente para la reactivación de la mejora genética de esta oleaginosa (Tavitas *et al.*, 2021).

Sin embargo, es necesario conocer la diversidad disponible para clasificarla fenotípicamente mediante descriptores estandarizados, y de acuerdo con los resultados, obtener grupos de poblaciones comunes y disimiles, para planear programas de cruzamientos (Ujjainkar *et al.*, 2022). Tales agrupamientos se realizan mediante análisis de conglomerados, para reducir el complejo volumen de información en pequeños grupos en función de similitudes y disimilitudes, mediante distancia Euclidiana para datos cuantitativos y distancia de Gower para variables cuantitativas y cualitativas (Kassambara, 2017).

En diversos foros, los productores de ajonjolí han expresado su interés por contar con variedades de mayor rendimiento, productividad, resistencia a plagas y

enfermedades, buena calidad de grano y adaptables a la región agroecológica de las planicies y lomeríos del estado de Guerrero; por ello, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar y clasificar la diversidad fenotípica de 50 poblaciones de ajonjolí grano blanco, a partir de variables cuantitativas y cualitativas, e identificar aquellas con características deseables y contrastantes, con la finalidad de promover poblaciones con mejor respuesta, planear programas de mejoramiento a través de la selección e hibridación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en cuatro ambientes del estado de Guerrero, México, durante los ciclos de primavera-verano (PV) 2021 y PV-2022. En cada ciclo se incluyó a dos sitios, el Campo Experimental Iguala del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que se ubica en 18° 20' 53" N, 99° 30' 25" O, con altitud de 750 m, clima subtropical seco (Aw) con lluvias en verano, precipitación media anual de 909.3 mm, temperatura promedio de 24.9 °C y suelo tipo chernozem; y la localidad de Zicapa, municipio de Copalillo, que se ubica en las coordenadas 17° 58' 30" N, 99° 03' 43" O, con altitud de 860 m, clima semiárido semicálido (BS1hw), lluvias en verano, precipitación media anual de 600 mm, temperatura promedio de 26 °C y suelo tipo phaeozem (García, 2004; INEGI, 2021).

Las poblaciones evaluadas incluyeron: 23 accesiones del INIFAP (Tavitas et al., 2021), 20 poblaciones colectadas en Guerrero, por personal del Programa Oleaginosas Anuales del INIFAP, Campo Experimental Iguala, cuatro variedades mejoradas del INIFAP cultivadas en esa entidad (testigos) (Joaquín, 2003) y tres poblaciones introducidos, siendo dos de Corea y uno de Honduras entregados por la SAGARPA en 2018 (Cuadro 1). Las 50 poblaciones se distribuyeron en un diseño de Alpha látice 10 x 5 (bloques x poblaciones), con tres repeticiones (Montesinos et al., 2019), bajo el modelo propuesto por Bonilla-Morales (2012). La parcela experimental fue de 12 m² en arreglo de tres surcos de 5 m de largo y 0.80 m de separación, 0.50 m de distancia entre matas.

La siembra fue manual, se realizó el 11 y 18 de junio en Zicapa e Iguala, Guerrero, respectivamente, en PV-2021; y en PV-2022, el 25 de junio en Zicapa y 2 de julio en Iguala. En cada caso, las semillas que agarraron los tres dedos fueron

depositadas sobre el talud o costilla del surco y se cubrió con una ligera capa de tierra. A los 30 días después de la siembra (dds) se ajustó la población de dos a tres plantas por mata, de forma alternada para obtener una densidad equivalente a 62,500 plantas ha⁻¹.

Cuadro 1. Poblaciones de ajonjolí caracterizados en dos sitios del estado de Guerrero, durante los ciclos agrícolas PV-2021 y PV-2022 (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

Table 1. Sesame populations characterized in two sites in the state of Guerrero, during the PV-2021 and PV-2022 agricultural cycles (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

No.	Población	No.	Población	No.	Población
1	Abelardo_Rmz [†]	18	Col31 [¶]	35	Jose_Delgado [†]
2	Arcelia [†]	19	Col32 [¶]	36	Othon_Mtz [†]
3	Calentana [§]	20	Col33 [¶]	37	Pachaqueno [†]
4	Chamacua [†]	21	Col34 [¶]	38	Pardo_Peludo [†]
5	China_Verde [†]	22	Col35 [¶]	39	Pata_Morada [†]
6	Cholteca_Precoz [¶]	23	Col36 [¶]	40	Platanillo_Istmo [†]
7	Corea_Espada [¶]	24	Col37 [¶]	41	Platanillo_Oax [†]
8	Corea_Precoz [¶]	25	Col38 [¶]	42	Regional [†]
9	Col19 [¶]	26	Col5 [¶]	43	Rio_Mayo [†]
10	Col20 [¶]	27	Col6 [¶]	44	Rio_Yaqui [†]
11	Col22 [¶]	28	Col7 [¶]	45	San_Joaquin [§]
12	Col24 [¶]	29	Col149 [†]	46	Tacupa [†]
13	Col26 [¶]	30	Eva [†]	47	Tamarindo [†]
14	Col27 [¶]	31	Felicidad_TC [¶]	48	Turinoco [†]
15	Col270 [†]	32	Los_Hornos [†]	49	Violento [†]
16	Col28 [¶]	33	Huetamo_Felicidad [†]	50	Zirandaro [§]
17	Col3 [¶]	34	Igualteco [§]		

[†]Accesiones del banco de germoplasma del INIFAP, [¶]variedades criollas, [§]variedades mejoradas del INIFAP, [¶]poblaciones introducidas.

El manejo agronómico se realizó de acuerdo con Vásquez et al. (2014) y Joaquín (2003) en las dos localidades, modificando únicamente la fertilización (30-20-00), que consistió en agregar sulfato de amonio diluido en agua en la base del tallo (10 kg en 200 L de agua), a los 25 y 60 dds. La cosecha fue manual, en PV-2021 inició la segunda semana de septiembre en Zicapa y la tercera semana del mismo mes en Iguala con las poblaciones precoces; y culminó en la última semana de octubre en Zicapa y primera semana de noviembre en Iguala en las poblaciones más

tardíos; para PV-2022, la cosecha se realizó una semana después, en el mismo orden que el ciclo de cultivo anterior. Con base en las directrices de la UPOV (2013) para ajonjolí, se registraron 11 variables cuantitativas y 13 cualitativas. Las cuantitativas fueron: días de inicio de la floración (DF) y a inicio de madurez de cápsulas (DM) (cuando el 50 %, equivalente a 40 plantas de la parcela experimental llegaron a esas etapas); posteriormente, en cinco plantas del surco central se registró el número de nudos hasta la primera flor (NNF), longitud (LL, cm) y ancho del limbo (AL, cm), altura de la planta (AP, m), número de cápsulas por planta (NCP), longitud de carga de la rama principal con cápsulas (LCRP, m), longitud de la cápsula (LC, cm), peso de semilla por planta (PSP, g) y se estimó el rendimiento por hectárea (RHA, kg ha⁻¹). Las cualitativas fueron: tipo de crecimiento (TC), posición de las ramas (PR), pubescencia del tallo (PT), grado de lobulado del limbo (GL), relación longitud anchura del limbo (RLA), desarrollo de nectario extrafloral (NEC), color principal de la corola (CC), intensidad del color rosa en la cara exterior de la corola (ICC), pubescencia de la corola (PC), color de la cápsula a la madurez (CCA), número de flores por axila foliar (NFA) que correspondió a una y más de una, número de carpelos (NCA) se registró como dos o más de dos, y el número de ramas (NR) como ninguna o muy pocas, medio, muy alto.

En el análisis estadístico, se utilizaron las librerías del software R (R Core Team, 2023): *tidyverse* para organizar los datos de las variables cuantitativas y cualitativas; posteriormente y para estandarizar los datos, se ocupó *FactoMineR* debido a que las variables se midieron en diferentes escalas (cm, m y kg) y datos categóricos. Se utilizó la distancia Euclidiana para las variables cuantitativas y, con la función *get_dist* y *fviz_dist* se obtuvo una matriz de relación fenotípica entre las poblaciones. Para relacionar las variables cuantitativas y cualitativas y, obtener la distancia y divergencia genética entre una población y otra, se utilizó la distancia de Gower, mediante la función *daisy* y *as.matrix* de la librería *factoextra*; la agrupación de poblaciones y formación de subgrupos se realizó con la librería *cluster* y el método Ward.D2 (Kassambara, 2017).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz de distancias euclidianas entre poblaciones para las variables cuantitativas se presenta en la Figura 1, donde las menos similares aparecen en color rojo (mayor distancia fenotípica) y las más similares en color azul. Los más distantes fueron los introducidos Corea_Precoz y Corea_Espada, con distancias de 12.08 y 10.97, respectivamente y son poblaciones precoces a la floración, madurez de cápsulas y con más de una flor por axila foliar. Al buscar contrastes fenotípicos y asumir disimilitud genotípica, se pueden establecer dos núcleos fenotípicos-genotípicos con propósitos de cruzamiento, lo que facilita nuevos recombinantes transgresivos (Tesfaye et al., 2021), bajo el entendido que la cruce de poblaciones con menor distancia fenotípica puede dar como resultado un bajo valor heterótico en F_1 y un rango limitado de variación en la población F_2 que se espera (Hassen, 2022).

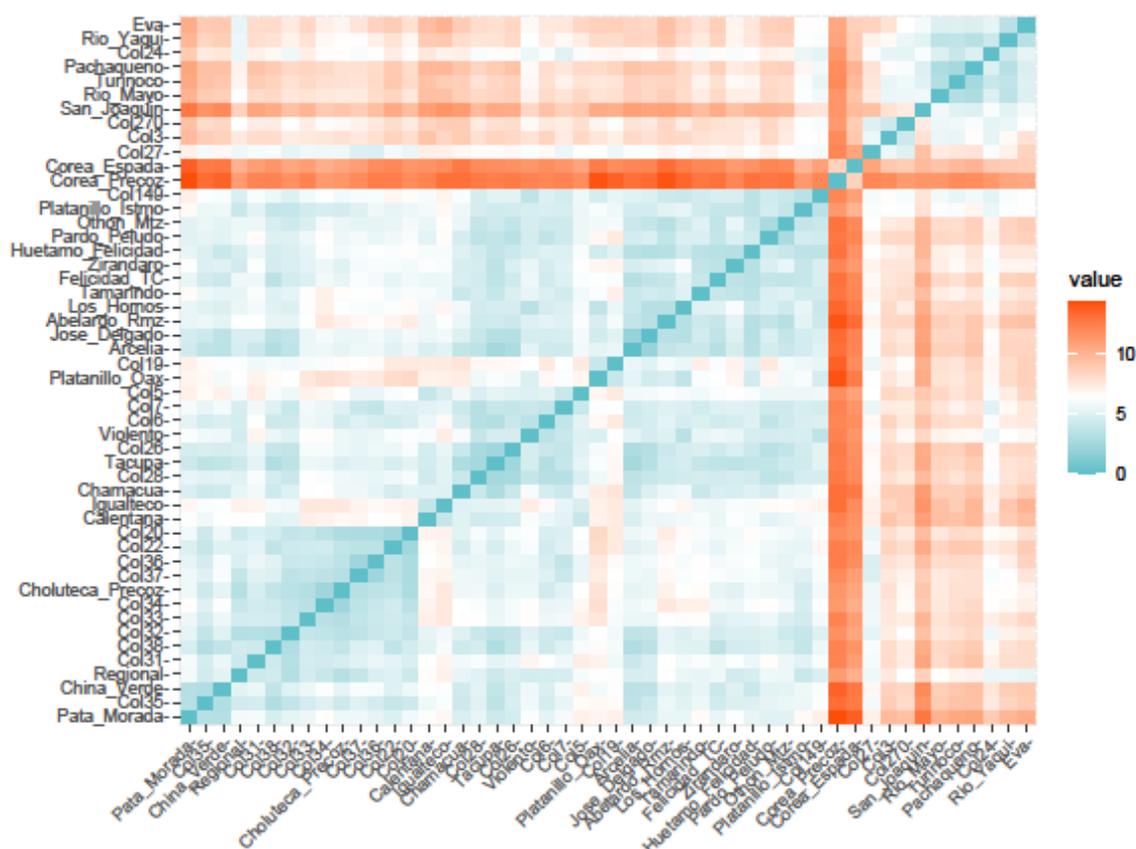


Figura 1. Mapa de calor para 50 poblaciones de ajonjolí utilizando una matriz de relación fenotípica con distancia Euclidiana (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

Figure 1. Heat map for 50 sesame populations using a phenotypic relationship matrix with Euclidean distance (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

El método de agrupamiento jerárquico de Ward.D2 basado en caracteres de similitud, con distancia de Gower para las variables cuantitativas y cualitativas, presentó un coeficiente de correlación aglomerativo de 0.95, del cual Kassambara (2017) señala que valores superiores a 0.75 es bueno y facilita la construcción de interdistancias en el dendrograma. Para determinar el número óptimo de grupos se utilizó el método de estadística de brechas (Figura 2); este método se aplica a cualquier procedimiento de formación de conglomerados (Tibshirani et al., 2001), y en la presente investigación se formaron dos grupos contrastantes de ajonjolí (Figura 3).

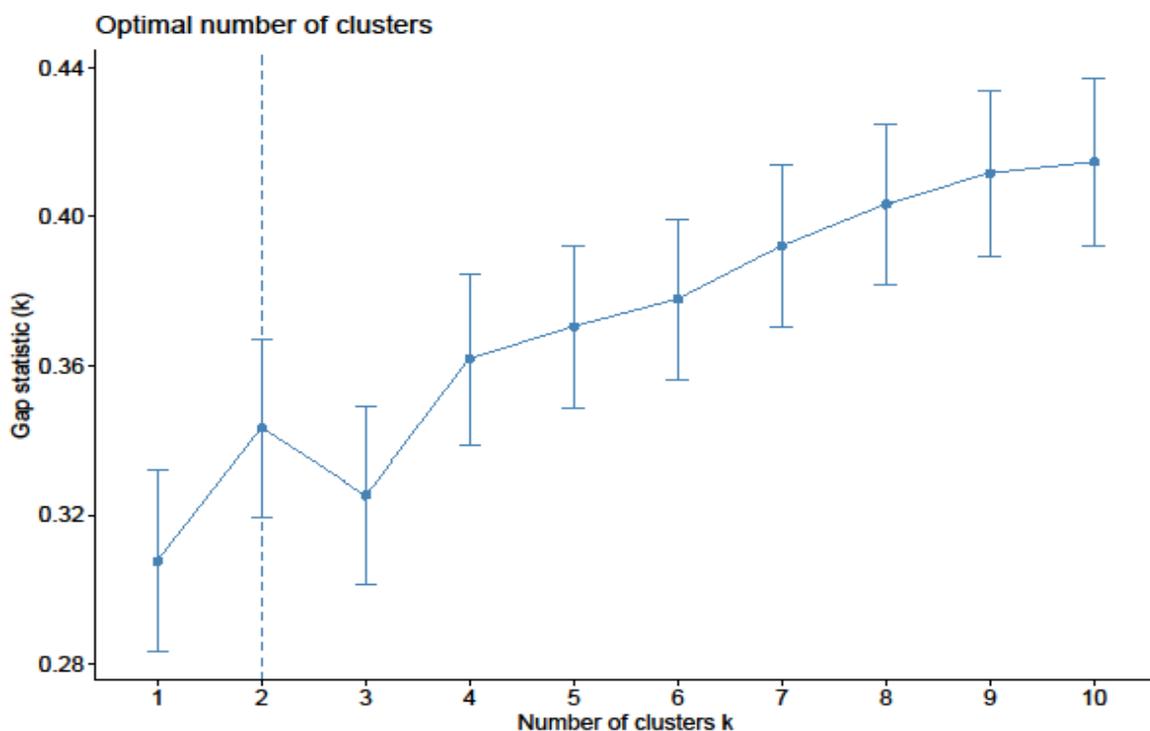
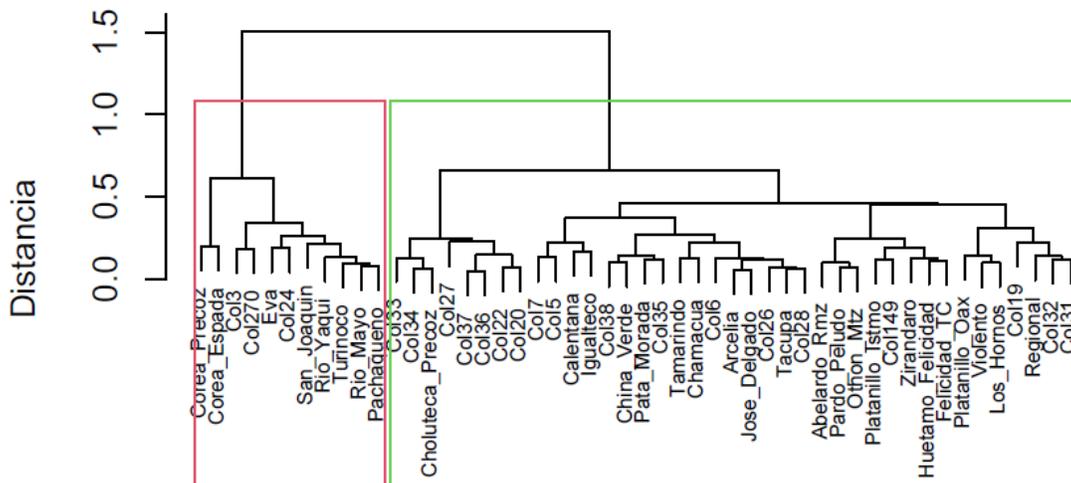


Figura 2. Número óptimo de subgrupos para 50 poblaciones de ajonjolí obtenido con el método de estadística de brechas, calculado con 11 variables cuantitativas y 13 cualitativas.

Figure 2. Optimal number of subgroups for 50 sesame populations obtained with the gap statistics method, calculated with 11 quantitative and 13 qualitative variables.



Genotipos
hclust (*, "ward.D2")

Figura 3. Dendrograma de 50 poblaciones de ajonjolí obtenido con distancia de Gower y método de Ward.D2, con criterio de proximidad entre grupos, calculado con 11 variables cuantitativas y 13 cualitativas (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

Figure 3. Dendrogram of 50 sesame populations obtained with Gower distance and Ward.D2 method, with proximity criterion between groups, calculated with 11 quantitative and 13 qualitative variables (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

El 78 % de las poblaciones (39) se aglomeraron en el Grupo I (color verde) con similitudes en: longitud y anchura del limbo, grado de lobulado del limbo, altura de la planta, desarrollo de nectario extra floral, número de ramas por planta, número de cápsulas por planta, peso de semilla por planta y rendimiento por hectárea. El Grupo II (color rojo) se conformó por 11 poblaciones (22 %) con similitudes en número de flores por axila foliar (más de una flor por axila), longitud de carga de la rama principal, longitud de la cápsula, días de inicio de la floración (37 a 46 dds) y de inicio a la madurez de cápsulas (72-82 dds), y sin presencia de nectarios. Es un grupo compuesto de poblaciones precoces valiosos para áreas de baja precipitación pluvial. Respecto a disimilitud, las poblaciones del Grupo I presentaron menor distancia fenotípica con 0.25, mientras que, el Grupo II tuvo 0.38 (Figura 3). Esta dispersión sugiere la necesidad de enriquecer el germoplasma nacional, con

evaluaciones de material exótico o introducido, proveniente de colectas internacionales, en virtud de que los introducidos evaluados en este estudio, abrieron más la distancia de la matriz de datos (Figura 1) (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

Con relación a agrupamientos de esta naturaleza desarrollados para ajonjolí en otros países indicaron tres grupos con 37 poblaciones en Grecia (Stavridou et al., 2021), nueve grupos con 50 poblaciones en India (Shwetha-Yadav et al., 2022), lugar de origen de esta especie, y siete grupos con 100 poblaciones en Etiopía (Hassen, 2022), lo que visualiza que la cantidad de agrupamientos de similitud/disimilitud está en función de la variación detectada y la cantidad de variables utilizada (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

En las variables que construyen grupos de similitud en ajonjolí, Roy et al. (2022) identificaron: altura de la planta, días hasta el 50 % de floración, número de ramas por planta, número de cápsulas por planta, longitud de la cápsula y rendimiento de semillas por planta; que prácticamente fueron las mismas variables que permitieron el agrupamiento en la presente investigación, reflejo de la importancia que tienen estas variables en la discriminación y agrupamiento de germoplasma de ajonjolí (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

En cuanto a disimilitud, Shwetha-Yadav et al. (2022) mencionan al número de cápsulas por planta, número de ramas primarias y rendimiento de semillas por planta como importantes, sin embargo, son altamente influenciadas por el ambiente. Así, con la idea de construir a un arquetipo o modelo de planta utilizando los presentes resultados podría resultar valioso concebir un genotipo de planta alta, con mayor cantidad de ramas, mayor número de cápsulas y por tanto de semillas por planta. Roy et al. (2022) consideran que el número de ramas por planta es altamente heredable, lo que significa que esta característica se rige por la acción génica aditiva, donde la selección simple será efectiva. A este arquetipo se le puede agregar la precocidad tanto del inicio de la floración como madurez de las cápsulas; Hassen (2022) y Ujjainkar et al. (2022) encontraron poblaciones con floración temprana a los 37 dds (50 % de plantas), Divya et al. (2022) en 43 dds, mientras que Sabag et al. (2021) encontraron floración media a los 49 dds y tardías a los 62 dds.

Respecto a la madurez de las cápsulas, Ujjainkar et al. (2022) consideran poblaciones con madurez temprana a los 87 dds, (Hassen, 2022) encontraron poblaciones intermedias con 101 dds y tardíos 124 dds en adelante. En consideración con las necesidades de los productores de ajonjolí, quienes manifiestan que requieren variedades adaptadas a regiones agroecológicas de planicie y lomeríos del estado de Guerrero, puede agregarse al arquetipo citado, la variante precoz, intermedia o tardía, estratos de ciclos de cultivo que fueron detectados en el germoplasma estudiado en esta investigación. Además, esto contribuiría a que se proponga la generación de materiales en base a los regímenes de lluvia de cada región (Vásquez-Ortiz et al., 2024).

Baraki et al. (2020) recomiendan realizar cruzas entre poblaciones con amplia distancia fenotípica y alta media en caracteres deseados para maximizar la heterosis y generar combinaciones transgresivas útiles en la producción de ajonjolí (Shwetha-Yadav et al., 2022). Esto permite aprovechar las ventajas específicas de cada subgrupo según las combinaciones requeridas (Tesfaye et al., 2021). Además, un mayor número de grupos incrementa la diversidad, facilitando la selección de poblaciones y características clave para desarrollar variedades que respondan a la demanda del mercado (Divya et al., 2022; Garnica et al., 2020).

CONCLUSIÓN

La diversidad fenotípica detectada en el germoplasma de ajonjolí evaluado, indicó que hay un alto porcentaje de similitud fenotípica, se identificaron al menos dos grupos genéticos de variabilidad, distancia que podría ser aprovechada por los programas de mejoramiento de ajonjolí para generar nuevos recombinantes y diversidad mediante cruzamientos.

Agradecimientos

Al CONAHCYT y al INIFAP por el financiamiento del proyecto “Producción e incremento en la productividad del cultivo de ajonjolí en la región del pacífico sur de México, número SIGI 2252335077”. La presente información es un segmento de la tesis doctoral del primer autor para sustentar el grado de Doctor en Ciencias y algunas figuras de resultados publicados en Vásquez-Ortiz et al. (2024).

LITERATURA CITADA

- Baraki, F., Gebregergis, Z., Belay, Y., Berhe, M., Teame, G., Hassen, M., Gebremedhin, Z., Abadi, A., Negash, W., Atsbeha, A., & Araya, G. (2020). Multivariate analysis for yield and yield-related traits of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. *Heliyon*, 6:10.
- Bonilla-Morales, N. (2012). Análisis de estabilidad de híbridos experimentales de maíz con alta calidad de proteína en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 23, 289-299. <https://doi.org/10.15517/am.v23i2.6491>
- Divya, K., Shobha-Rani, T., Padmaja, D., & Kiran-Babu, T. (2022). Characterization (diversity analysis) in germplasm of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Biological Forum - An International Journal*, 14, 204-209.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Serie Libros, número 6, Instituto de Geografía, UNAM, México. 91 p.
- Garnica, M. J. P., Rodríguez, R. O. J., Jaramillo-Barrios, C. I., Villamil, C. J. E., & Valencia, M. J. A. (2020). Caracterización morfológica de 160 accesiones de sésamo (*Sesamum indicum* L.) del banco de germoplasma de Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 17, 63-77. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11618>
- Hassen, M. (2022). Morphological characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes via genetic diversity and characters association in Amibara, Ethiopia. *Ecology and Evolutionary Biology*, 7, 30-45. <https://doi:10.11648/j.eeb.20220703.11>
- INEGI. (2021). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aspectos geográficos del estado de Guerrero. Gobierno del estado de Guerrero, México. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx>.
- Joaquín, T. I. C. (2003). Manual para producir ajonjolí en la Tierra Caliente de Guerrero y Michoacán. INIFAP. CIR-Pacífico Sur. Campo Experimental, Iguala, Guerrero, México. Folleto Técnico número 10. 32 p.
- Kassambara, A. (2017). Multivariate Analysis II. Practical guide to principal component methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra. STHDA. CreateSpace Independent Publishing Platform. 169 p.
- Montesinos, L. O. A., Luna, V. F. J., Franco, P. E., Pastrana, P. A., & Buenrostro, M. R. (2019). Diseños de bloques incompletos como una alternativa para la evaluación de proyectos en organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. *Nova scientia*, 11, 433-477. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1867>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Roy, B., Pal, A. K., & Basu, A. K. (2022). The estimation of genetic variability and genetic divergence of some advance lines of sesame based on morphological traits. *Plant Science Today*, 9, 281-287. <https://doi.org/10.14719/pst.1407>

- Sabag, I., Morota, G., & Peleg, Z. (2021). Genome-wide association analysis uncovers the genetic architecture of tradeoff between flowering date and yield components in sesame. *BMC Plant Biology*, 21, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03328-4>
- Shwetha-Yadav, B. P., Thiruvengadam, V., Sasikala, R., & Rajendran, L. (2022). Analysis of genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm for yield and its attributing traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 13, 927-931. <https://doi.org/10.37992/2022.1303.121>
- Stavridou, E., Lagiotis, G., Kalaitzidou, P., Grigoriadis, I., Bosmali, I., Tsaliki, E., Tsiotsiou, S., Kalivas, A., Ganopoulos, I., & Madesis, P. (2021). Characterization of the genetic diversity present in a diverse sesame landrace collection based on phenotypic traits and EST-SSR markers coupled with an HRM analysis. *Plants*, 10, 656. <https://doi.org/10.3390/plants10040656>
- Tavitas, F. L., Hernández, A. L., Pérez, M. C., & Vásquez, O. R. (2021). Banco de germoplasma de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) del INIFAP. Folleto Técnico número 117. SADER-INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. 42 p.
- Tesfaye, T., Tesfaye, K., Keneni, G., & Alemu, T. (2021). Morphological characteristics and genetic diversity of ethiopian sesame genotypes. *African Crop Science Journal*, 29, 59-76. <https://doi.org/10.4314/acsj.v29i1.5>
- Tibshirani, R., Walther, G., & Hastie, T. (2001). Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistics. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Statistical Methodology)*, 63, 411-423. doi:10.1111/1467-9868.00293
- Ujjainkar, V. V., Vaidya, E. R., Shinde, S. M., & Kale, G. G. (2022). Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7, 414-417. <https://DOI:10.5281/zenodo.6945002>
- UPOV. (2013). Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para sésamo. Ginebra. 25 p.
- Vásquez, O. R., Flores, Z. M., & Tavitas, F. L. (2014). Producción orgánica del ajonjolí en Guerrero. Desplegable para productores No. 23. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Iguala, Guerrero. 2 p.
- Vásquez-Ortiz, R., Toledo-Aguilar, R., Benítez-Riquelme, I., Castillo-González, F., Silva-Rojas, H. V., & Lobato-Ortiz, R. (2024). Caracterización morfológica de germoplasma de ajonjolí en el estado de Guerrero, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(3), 223-231. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.223>