

## Comportamiento agronómico de poblaciones de girasol con alto oleico en el sureste de Coahuila, México

### Agronomic behavior of high oleic sunflower populations in the southeast of Coahuila, Mexico

Romeo Velasco-Santiago<sup>1</sup> , Antonio Flores-Naveda<sup>1\*</sup> , Xochitl Ruelas-Chacón<sup>1</sup> , Iridiam Hernández-Soto<sup>2</sup> , Edgar Omar Rueda-Puente<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km 1 Rancho Universitario, Tulancingo CP. 43600, Hidalgo, México.

<sup>3</sup>Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Boulevard Luis Encinas S/N Col. Centro CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México.

\*Autor de correspondencia: [naveda0826@gmail.com](mailto:naveda0826@gmail.com); [edgar.rueda@unison.mx](mailto:edgar.rueda@unison.mx)

#### Artículo científico

Recibido: 20 de enero 2025

Aceptado: 03 de abril 2026

**RESUMEN.** El girasol es uno de los cultivos oleaginosos más importantes del mundo para la extracción de aceite comestible con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. El objetivo del presente estudio fue la caracterización de 91 genotipos de girasol alto oleico, en el sureste de Coahuila. Las variables evaluadas fueron, diámetro de tallo (DT), número de hojas (NH), altura de planta (AP), número de semillas (NS) y rendimiento de grano por planta (REN). Se realizó un análisis de conglomerados (AC) para estas variables y una prueba de prueba t student (Minitab 16). El AC en el primer grupo de genotipos identificó dos subgrupos de genotipos, los cuales fueron G4 (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y G1 (132.08 g pl<sup>-1</sup>) que presentaron un rendimiento alto, además de que los del G1 fueron los más precoces (DF = 60.33 días). Para el caso del segundo grupo de genotipos el AC, detectó dos subgrupos de genotipos con alto potencial de rendimiento, siendo estos el grupo G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) y G8 (155.53 g pl<sup>-1</sup>), de tal gorma que los genotipos del G7 fueron los más precoces (DF = 63 días). Asimismo, se demostró que en el segundo grupo de genotipos fue significativamente superior en las variables de días a floración, AP y NH con relación al primer grupo de genotipos. Se concluye que las poblaciones de girasol alto oleico evaluadas, presentaron características agronómicas sobresalientes, tales como rendimiento y precocidad. Se recomienda continuar con evaluar genotipos considerando factores abióticos específicos en el sureste de Coahuila.

**Palabras clave:** Girasol, población, genotipo, alto oleico, rendimiento.

**ABSTRACT.** Sunflower is one of the most important oilseed crops in the world for the extraction of edible oil with a high content of polyunsaturated fatty acids. The objective of the present study was the characterization of 91 genotypes of high oleic sunflower, in the southeast of Coahuila. The variables evaluated were stem diameter (DT), number of leaves (NH), plant height (AP), number of seeds (NS) and grain yield per plant (REN). A cluster analysis (CA) was performed for these variables and a student t test (Minitab 16). The AC on the first team of genotypes identified two subgroups of genotypes, which were G4 (142.41 g pl<sup>-1</sup>) and G1 (132.08 g pl<sup>-1</sup>) that presented a high yield, in addition to G1 being the earliest. (DF = 60.33 days). In the case of the second team of genotypes, the AC detected two subgroups of genotypes with high yield potential, these being group G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) and G8 (155.53 g pl<sup>-1</sup>), such that the G7 genotypes were the earliest (DF = 63 days). Moreover, on the second sowing date it was significantly higher in the variables of days to flowering, AP and NH in relation to the first sowing date. It is concluded that the high oleic sunflower populations evaluated presented outstanding agronomic characteristics, such as yield and precocity. It is recommended to continue evaluating genotypes considering specific abiotic factors in the southeast of Coahuila.

**Keywords:** Sunflower, population, genotype, high oleic, yield.

**Como citar:** Velasco-Santiago R, Flores-Naveda A, Ruelas-Chacón X, Hernández-Soto I, Rueda-Puente EO (2026) Comportamiento agronómico de poblaciones de girasol con alto oleico en el sureste de Coahuila, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13(2): e4495. DOI: 10.19136/era.a13n2.4495.

## INTRODUCCIÓN

Originario de las regiones centro-occidentales de Estados Unidos y diversas zonas de México, el girasol (*Helianthus annuus* L.) es una especie anual perteneciente a la familia Asteraceae. Dentro del género *Helianthus*, se han identificado aproximadamente 65 especies distintas (Andrew *et al.* 2013). La denominación de esta planta proviene de su notable capacidad para orientar su inflorescencia siguiendo el movimiento solar, fenómeno conocido como heliotropismo. Etimológicamente, el nombre deriva de los vocablos griegos helios (sol) y anthos (flor), lo cual coincide con el significado del término inglés sunflower (Adeleke y Babalola 2020).

En el ámbito comercial, destaca como una de las oleaginosas más relevantes a nivel global, situándose en el cuarto lugar de producción de aceite comestible, solo superado por la soya, la canola y el cacahuate (Rodríguez *et al.* 2020). Dicho aceite es altamente valorado en la dieta humana por su concentración de ácidos grasos poliinsaturados. No obstante, su utilidad trasciende la alimentación; el girasol posee una gran versatilidad industrial, empleándose como forraje verde, materia prima para cosméticos, detergentes, jabones y, en años recientes, como base para biocombustibles (Arenas *et al.* 2021). Con relación a su comportamiento agronómico, el cultivo exhibe una notable plasticidad fenológica y eficiencia en el uso de los recursos. Presenta una raíz pivotante de gran profundidad que le permite explorar estratos inferiores del suelo, optimizando la absorción de agua y nutrientes bajo condiciones de estrés. Esta eficiencia se traduce en una alta tasa de crecimiento inicial y un ciclo vegetativo corto, lo que facilita su manejo en diversas ventanas de siembra y esquemas de producción intensiva (Dos-Santos *et al.* 2017, Grompone 2020, Arenas *et al.* 2021).

Bajo esta premisa, Dos-Santos *et al.* (2017) señalan que el girasol es un candidato ideal para sistemas agrícolas con restricciones hídricas o climáticas, debido a su tolerancia innata a la sequía y a las heladas ligeras. Esta capacidad adaptativa lo convierte en una alternativa viable para la rotación de cultivos en las zonas semiáridas del norte de México, donde la baja precipitación exige opciones productivas resistentes y con valor de mercado (Grompone 2020). La expansión de este cultivo en territorio nacional cobra importancia estratégica, dado que México importa cerca del 87% de sus necesidades en semillas oleaginosas (FAO 2021). Un mayor entendimiento de la fisiología y bioquímica de la planta es fundamental para seleccionar genotipos que maximicen el rendimiento de grano y la calidad del aceite por unidad de superficie (Grompone 2020). Con base a lo anterior descrito, en la presente investigación se evaluaron diferentes poblaciones experimentales de girasol alto oleico en la región sureste de Coahuila con los siguientes objetivos: caracterizar poblaciones de girasol alto oleico con base a su rendimiento, en el ambiente de producción de la región sureste de Coahuila, evaluando el comportamiento agronómico de poblaciones experimentales de girasol alto oleico en la región sureste de Coahuila, el número de semillas por capítulo y producción de grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola primavera-verano, 2022 en el Campo Experimental “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'33" LN, longitud de 101°02'20" LO y a una altitud de 1 731 msnm. La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco.

### Material genético

El material vegetativo evaluado comprendió una colección de 91 genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con perfil lipídico alto oleico. Estos materiales fueron suministrados por el Programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS), perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para fines experimentales y de análisis, los genotipos se estratificaron en dos grupos diferenciados, cuyas características específicas de identidad y procedencia se detallan en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Genotipos de girasol establecidos en el primer grupo.

| Número de identificación | Genotipo    | Número de identificación | Genotipo   |
|--------------------------|-------------|--------------------------|------------|
| 1                        | R4B3P2      | 21                       | R29 B1 P10 |
| 2                        | R5B9P9      | 22                       | R29 B4 P13 |
| 3                        | R7 B5 P12   | 23                       | R37 B2 P13 |
| 4                        | R9 B6 P1    | 24                       | R40 B4 P1  |
| 5                        | R9 B6 P3    | 25                       | R40 B4 P4  |
| 6                        | R11 B7 P5   | 26                       | R43 B6 P3  |
| 7                        | R11 B7 P7   | 27                       | R44 B7 P11 |
| 8                        | R11 B7 P11  | 28                       | R44 B7 P13 |
| 9                        | R12 B9 P6   | 29                       | R44 B7 P15 |
| 10                       | R20 B11 P13 | 30                       | R44 B7 P16 |
| 11                       | R21 B9 P2   | 31                       | R45 B8 P9  |
| 12                       | R21 B9 P4   | 32                       | R46 B9 P1  |
| 13                       | R21 B9 P10  | 33                       | R46 B9 P2  |
| 14                       | R22 B5 P9   | 34                       | R46 B9 P5  |
| 15                       | R22 B6 P1   | 35                       | R46 B9 P8  |
| 16                       | R23 B7 P1   | 36                       | R46 B9 P10 |
| 17                       | R23 B7 P5   | 37                       | R47 B10 P6 |
| 18                       | R26 B6 P    | 38                       | R47 B10 P9 |
| 19                       | R26 B6 P9   | 39                       | R49 B11 P5 |
| 20                       | R29 B4 P7   | 40                       | P4 B1      |

**Tabla 2.** Genotipos de girasol establecidos en el segundo grupo.

| Número de identificación | Genotipo     | Número de identificación | Genotipo    |
|--------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| 1                        | R1 B1 P9     | 27                       | R20 B10 P1  |
| 2                        | R2 B2 P8     | 28                       | R20 B11 P17 |
| 3                        | R5 B4 P4     | 29                       | R21 B9 P1   |
| 4                        | R7 B5 P4     | 30                       | R22 B8 P12  |
| 5                        | R7 B5 P6     | 31                       | R22 B8 P8   |
| 6                        | R9 B6 P8     | 32                       | R22 B8 P10  |
| 7                        | R10 B11 P11  | 33                       | R26 B6 P11  |
| 8                        | R11 B7 P3    | 34                       | R28 B5 P4   |
| 9                        | R11 B7 P6    | 35                       | R28 B5 P7   |
| 10                       | R11 B7 P8    | 36                       | R28 B8 P5   |
| 11                       | R11 B7 P12   | 37                       | R28 B5 P10  |
| 12                       | R16 B9 P4    | 38                       | R30 B3 P12  |
| 13                       | R16 B9 P5    | 39                       | R36 B1 P8   |
| 14                       | R17 B10 P4   | 40                       | R36 B1 P5   |
| 15                       | R17 B10 P5   | 41                       | R36 B1 P1   |
| 16                       | R18 B11      | 42                       | R37 B2 P11  |
| 17                       | R18 B4 P N/A | 43                       | R39 B3 P10  |
| 18                       | R18 B11 P5   | 44                       | R40 B1 P2   |
| 19                       | P8 B11 R18   | 45                       | R40 B4 P12  |
| 20                       | P3 B11 R19   | 46                       | R44 B7 P7   |
| 21                       | R20 B10 P2   | 47                       | R44 B7 P12  |
| 22                       | R20 B11 P14  | 48                       | R46 B6 P6   |
| 23                       | R20 B11 P8   | 49                       | R46 B6 P7   |
| 24                       | R20 B10 P4   | 50                       | R46 B9 P7   |
| 25                       | R20 B11 P3   | 51                       | Mezcla      |
| 26                       | R20 B10 P6   |                          |             |

### Manejo agronómico

La fecha de siembra fue el 26 de mayo de 2022, bajo un sistema de riego por cintilla; el número de plantas por surco por parcela fue de 7 plantas por m; una longitud de surco de 5 m, y distancia entre surcos de 0.60 m. La fertilización total fue 20-30-10 (N, P, K) y al momento de la siembra. La densidad de población fue de 70 000 plantas por hectárea.

### Suelo y agua para Riego

Se tomaron muestras de 1 kg de suelo a profundidad de 0 a 30 cm en cinco puntos al azar del área de cada tratamiento, las cuales se depositaron en bolsas de papel debidamente etiquetadas. Para luego trasladarlas en una hielera al laboratorio de análisis de suelo, donde fueron secadas a la intemperie y posteriormente tamizadas. La determinación de la textura se realizó con la técnica de Bouyoucos; contenidos de fósforo y potasio por el método de Olsen, calcio por método de Morgan, materia orgánica (MO) por combustión húmeda (Walkley-Black), pH y conductividad eléctrica (CE) en suspensión por métodos potenciométricos (relación 1:2,5) y conductimétricos (relación 1:5), respectivamente. En la Tabla 3, refleja que las principales propiedades Físico - Químicas del suelo

del lote experimental (Sparks *et al.* 2020). Los resultados mostraron una coloración café claro en el color de suelo tipo aluviol, de textura arcillosa, medianamente rico en materia orgánica y corresponde a un Solnchak de acuerdo con la clasificación FAO - UNESCO, una humedad de 10.45%, un pH de  $6.09 \pm 0.7$  y una CE ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) de  $0.18 \pm 0.2$ .

**Tabla 3.** Características físicas de suelo obtenido donde fue desarrollado el estudio de comportamiento agronómico de poblaciones de girasol con alto oleico en el Sureste de Coahuila, México.

| Porcentaje en peso seco |             |       |      |         |       |            |      |            |                                      |                |                     |                  |                         |                         |                         |
|-------------------------|-------------|-------|------|---------|-------|------------|------|------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Color de suelo          | Humedad (%) | Arena | Limo | Arcilla | Sales | Carbonatos | M.O  | pH         | CE ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) | Color de suelo | Nitrógeno Total (%) | P Aprov. (kg/ha) | Na <sup>+</sup> (meq/l) | Ca <sup>+</sup> (meq/l) | Mg <sup>+</sup> (meq/l) |
| Cc                      | 10.45       | 31.73 | 9.23 | 29.04   | 0.54  | 6.45       | 0.99 | 6.09 ± 0.7 | 0.18 ± 0.2                           | Cc             | 0.08                | 45.73            | 35.67                   | 28.8                    | 27.7                    |

Cc: café claro, M.O: materia orgánica, P: Fósforo Aprovechable ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

El procedimiento para la determinación de la calidad del agua se llevó a cabo de manera secuencial, iniciando con la toma de muestras directamente en la fuente de abastecimiento del sitio experimental. Para asegurar la representatividad, se realizó un purgado previo de la válvula de salida durante cinco minutos; posteriormente, se recolectaron 2 L de agua en envases de polietileno de alta densidad, previamente lavados con agua destilada y enjuagados tres veces con el agua a muestrear. Las muestras fueron selladas, etiquetadas y transportadas bajo condiciones de refrigeración al laboratorio para su análisis inmediato.

En el laboratorio, se determinaron las variables de potencial de hidrógeno (pH) mediante electrometría, conductividad eléctrica (CE) expresada en  $\text{dS}/\text{m}$  y salinidad en partes por millón (ppm). Asimismo, se cuantificó la concentración de nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en  $\mu\text{mol}/\text{L}$  siguiendo los protocolos colorimétricos estandarizados (Gilabert de Brito *et al.* 1990). Finalmente, la interpretación de los resultados se realizó bajo los lineamientos de la Norma de Clasificación de Agua para Riego del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Riverside) y los criterios de la FAO. De acuerdo con estos estándares, el agua utilizada se categorizó como de baja salinidad (C1), al presentar un contenido de sales inferior al 0.05% (Tabla 4), lo cual indica una óptima aptitud para el riego de los genotipos de girasol sin restricciones por toxicidad iónica o presión osmótica (Ayers y Westcot 1994, FAO 2021).

**Tabla 4.** Calidad del agua utilizada en el estudio de comportamiento agronómico de poblaciones de girasol con alto oleico en el Sureste de Coahuila, México.

| Tipo de agua    | pH   | Salinidad ppm | C.E. $\text{wdS}/\text{m}$ | Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) $\mu\text{mol}/\text{L}$ | Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) $\mu\text{mol}/\text{L}$ |
|-----------------|------|---------------|----------------------------|---|---|
| Agua para riego | 7.00 | 0.8           | 1.194                      | 0.108- 0.114  | 87.27-94.17   |

### VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron: Días a floración (DF), que se cuantificó por medio de los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas tenían el 50% las flores abiertas. Diámetro de tallo (DT) que consistió en medir el diámetro de tallo se utilizó un vernier midiendo la parte intermedia de tres plantas tomadas al azar por parcela experimental y expresando el promedio en mm. La altura de planta (AP), se determinó con una cinta métrica midiendo desde la

base de la planta, hasta la parte basal del capítulo, tomando tres plantas al azar por parcela y expresando el promedio en cm. En el número de hojas totales (HT), se determinó por medio del conteo del número total de hojas en tres plantas por parcela contabilizando el número de hojas desde la base de la planta hasta la parte basal del capítulo de girasol. Para determinar el número de semillas por capítulo (NSP), se tomaron tres plantas por parcela realizando el conteo del número total de semillas de cada una de las plantas de las tres plantas de girasol. Mientras que el rendimiento de grano por planta (REN), se tomó el peso total de las semillas de los tres capítulos por parcela, las cuales se pesaron en una báscula digital modelo L-EQ 5/10, y se expresó el promedio en gramos por planta.

### Análisis estadístico

El procesamiento de los datos correspondientes a las 91 poblaciones de girasol alto oleico se efectuó mediante un enfoque estadístico multivariado, integrando seis variables agronómicas y de componentes del rendimiento: días a floración (DF), días a madurez (DT), altura de planta (AP), diámetro de capítulo (HT), número de semillas por planta (NSP) y rendimiento de grano (REN). Para la caracterización de los grupos genéticos, se ejecutó un análisis de conglomerados (AC) utilizando el software estadístico Minitab v.16. El procedimiento se inició con la construcción de una matriz de datos original ( $n \times p$ ), donde  $n$  representa los genotipos y  $p$  las variables evaluadas. Con el fin de eliminar sesgos por diferencias en las unidades de medida y asegurar una distribución con media 0 y varianza 1, se procedió a la estandarización de la matriz mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{\sigma}$$

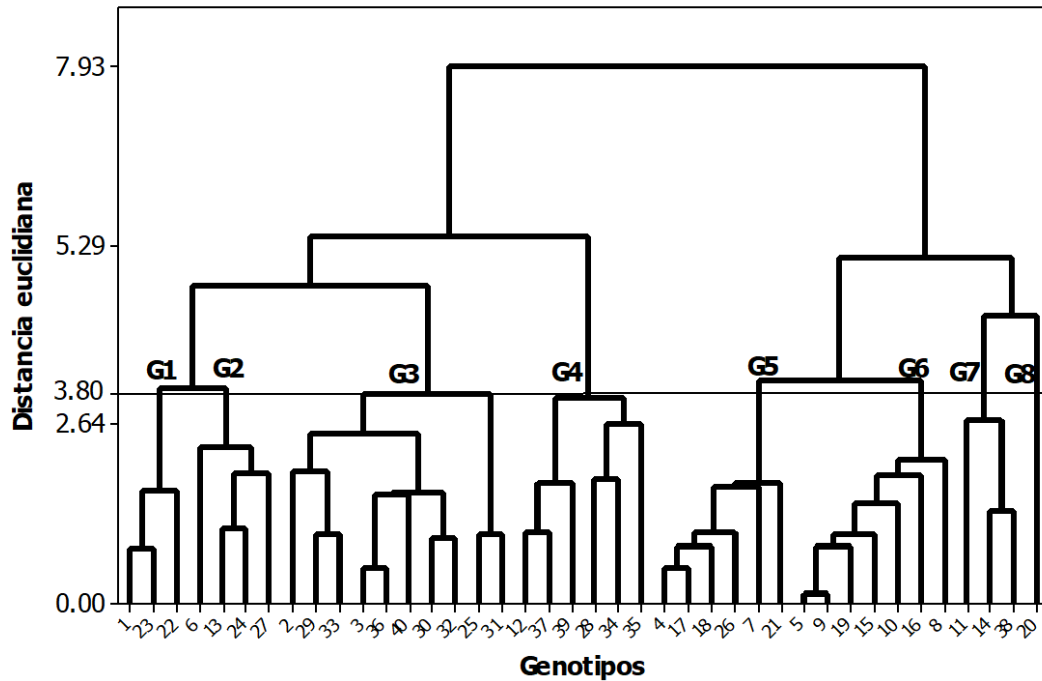
Donde:  $Z$  = Es la observación transformada a unidades de desviación estándar;  $X$  = Es el valor original a estandarizar;  $\bar{X}$  = Es la media de la variable original y  $\sigma$  = Es la desviación estándar de la variable original.

Posteriormente, para contrastar el comportamiento agronómico global entre ambos bloques de estudio, se aplicó una prueba  $t$  de Student para muestras independientes. Este análisis permitió determinar la existencia de diferencias significativas en las medias de las variables evaluadas entre el Grupo 1 y el Grupo 2. La significancia estadística se estableció mediante el contraste del valor calculado  $t_c$ , frente al valor crítico de la tabla de distribución  $t$  con  $gl = (n_1 + n_2) - 2$  grados de libertad, considerando niveles de probabilidad de  $P < 0.05$  (Condo y Pazmiño 2015).

## RESULTADOS

### Análisis de conglomerados del primer grupo de genotipos

En el análisis multivariado del primer grupo de genotipos de girasol alto oleico (*Helianthus annuus*), las variables se analizaron utilizando la distancia euclidiana, la cual es apropiada para variables cuantitativas (Figura 1). En el cual se formaron ocho subgrupos de interés acorde a Crossa *et al.* (1994) al hacer un corte de grafica a una distancia euclidiana de 3.8, donde se forma el G3 cuando el genotipo 2 se enlaza con el genotipo 25 el cual incluye 10 genotipos en el conglomerado.



**Figura 1.** Dendrograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de girasol alto oleico evaluados en el primer grupo de genotipos.

En la Tabla 5 se muestran las ocho agrupaciones de los genotipos que se obtuvieron del análisis de conglomerados, en el cual destaca el G4 que presenta el mayor REN (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y NS (1 735 semillas). También muestra un alto promedio en las variables AP (162.97 cm). De la misma manera los genotipos que conforman el G1 promediaron un alto REN (132.08 g pl<sup>-1</sup>) y promedio de 1 351 semillas, siendo el grupo de genotipos más precoz (DF = 60.33 días). En contraste el G8 presentó un bajo rendimiento (REN = 45.95 pl<sup>-1</sup>) siendo además el genotipo más tardío (73 días) y de menor comportamiento en las demás variables (Tabla 6).

**Tabla 5.** Promedios obtenidos de subgrupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados del primer grupo de genotipos.

| Grupo | Genotipos                       | DF<br>días | AP<br>cm | DT<br>mm | NH<br>no. | NS<br>no | REN<br>g pl <sup>-1</sup> |
|-------|---------------------------------|------------|----------|----------|-----------|----------|---------------------------|
| G1    | 1,23,22                         | 60.33      | 161.33   | 31.47    | 29.33     | 1351.00  | 132.08                    |
| G2    | 6,13,24,27                      | 62.00      | 154.23   | 26.43    | 26.75     | 1153.25  | 94.50                     |
| G3    | 2,29,33,3,36,40,30,<br>32,25,31 | 71.20      | 160.06   | 25.37    | 24.80     | 1293.50  | 92.79                     |
| G4    | 12,37,39,28,34,35               | 71.67      | 162.97   | 30.75    | 28.33     | 1735.50  | 142.41                    |
| G5    | 4,17,18,26,7,21                 | 61.67      | 129.92   | 23.16    | 23.33     | 1579.00  | 111.75                    |
| G6    | 5,9,19,15,10,16,8               | 62.29      | 122.50   | 21.84    | 22.86     | 1145.00  | 77.43                     |
| G7    | 11,14,38                        | 71.67      | 140.93   | 21.01    | 25.67     | 689.67   | 43.12                     |
| G8    | 20                              | 73.00      | 101.00   | 13.45    | 22.00     | 717.00   | 45.95                     |

DF = días a floración, AP = altura de planta, DT = diámetro de tallo, NH = número de hojas, NS = número de semillas y REN = rendimiento en gramos por planta.

**Tabla 6.** Promedios obtenidos de Subgrupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados del segundo grupo de genotipos.

| Subgrupo | Genotipos                             | DF<br>días | AP<br>cm | DT<br>mm | NH<br>no. | NS<br>No | REN<br>g pl <sup>-1</sup> |
|----------|---------------------------------------|------------|----------|----------|-----------|----------|---------------------------|
| G1       | 1,15,20,16,26,28,33,<br>48,46         | 66.56      | 173.69   | 24.13    | 27.11     | 1004.56  | 77.15                     |
| G2       | 23,25,49                              | 70.00      | 177.33   | 28.31    | 25.67     | 738.00   | 67.60                     |
| G3       | 3,11,9,13,5,34,10,47,<br>43,50,45     | 68.91      | 158.14   | 23.81    | 28.18     | 1275.09  | 107.15                    |
| G4       | 36,51                                 | 68.00      | 182.45   | 23.98    | 32.00     | 608.50   | 49.18                     |
| G5       | 2,19,29,8,39,37,14,31,<br>30,40,21,24 | 70.33      | 189.00   | 30.03    | 29.75     | 1477.25  | 124.11                    |
| G6       | 4,6,12,44,42,41                       | 68.67      | 169.98   | 29.18    | 29.83     | 1288.33  | 103.09                    |
| G7       | 22                                    | 63.00      | 177.10   | 33.87    | 30.00     | 2259.00  | 195.43                    |
| G8       | 18,27,38,32                           | 73.25      | 191.23   | 25.44    | 27.25     | 1979.50  | 155.53                    |
| G9       | 35                                    | 70.00      | 210.30   | 21.76    | 32.00     | 1393.00  | 131.76                    |
| G10      | 7                                     | 94.00      | 153.60   | 21.52    | 27.00     | 845.00   | 77.08                     |
| G11      | 17                                    | 73.00      | 78.30    | 28.61    | 26.00     | 1513.00  | 116.26                    |

DF = días a floración, AP = altura de planta, DT = diámetro de tallo, NH = número de hojas, NS = número de semillas y REN = rendimiento en gramos por planta.

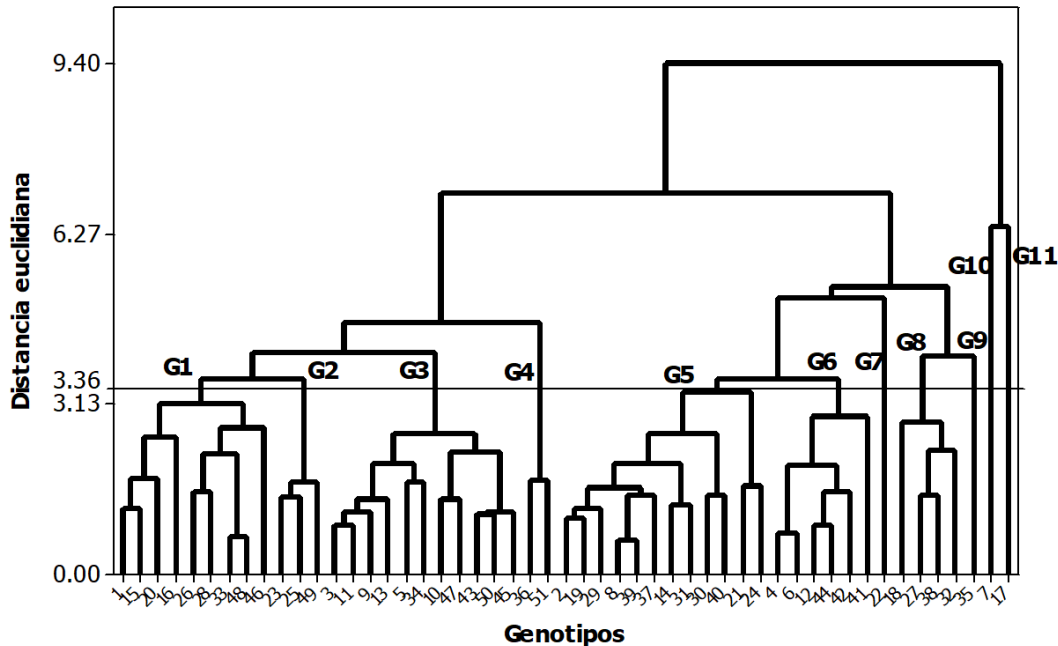
### Análisis de conglomerados del segundo grupo de genotipos

En el análisis de conglomerados de 51 genotipos de girasol alto oleico (*Helianthus annuus*) que se evaluaron en el segundo grupo de genotipos se incluyeron las siguientes variables: DF, AP, DT, NH, NS y REN. Al igual que en el primer grupo de genotipos, éstos fueron analizados mediante la distancia euclidiana para obtener el dendograma que se muestra en la Figura 2. En el cual se formaron 11 subgrupos de interés al hacer un corte de grafica a una distancia euclidiana de 3.36, donde se forma el G5 cuando el genotipo 2 se enlaza con el genotipo 21 el cual incluye 12 genotipos en el análisis de conglomerados.

Como se muestra la Tabla 6 se presentaron subgrupos de genotipos que superan en rendimiento a los obtenidos en el primero grupo de genotipos, como es el G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) el que cual también destaca por su número semillas (NS = 2.259).

### Prueba *t de student* para las variables evaluadas

Al aplicar la prueba con los datos obtenidos de la media general en las variables evaluadas en los dos grupos de genotipos se obtuvieron los siguientes resultados para las variables DF, AP y NH y se encontraron diferencias significativas entre las medias generales de ambos grupos de genotipos al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad (Tabla 7). Mientras que no se encontraron diferencias significativas entre las medias de las variables DT, NS y REN.



**Figura 2.** Dendrograma del análisis de conglomerados de 51 genotipos de girasol alto oleico evaluados en el segundo grupo de genotipos.

**Tabla 7.** Prueba *t* de *student* e intervalo de confianza para comparar medias de los dos grupos de genotipos de girasol alto oleico, con respecto a las variables DF, AP, DT, NH, NS y REN.

| Variable                             | gl | Dif. De Medias | Error estándar de la media | t cal. | t-stud <sup>2</sup> | Interv. de confianza 95% |          |
|--------------------------------------|----|----------------|----------------------------|--------|---------------------|--------------------------|----------|
|                                      |    |                |                            |        |                     | inferior                 | superior |
| DF <sub>2</sub> vs DF <sub>1</sub>   | 89 | 3.02           | 1.05                       | 2.87   | 1.98                | 0.93                     | 5.12     |
| AP <sub>2</sub> vs AP <sub>1</sub>   | 89 | 27.95          | 4.5                        | 6.16   | 1.98                | 18.93                    | 36.97    |
| DT <sub>2</sub> vs DT <sub>1</sub>   | 89 | 1.40           | 0.875                      | 1.60   | 1.98                | -0.34                    | 3.14     |
| NH <sub>2</sub> vs NH <sub>1</sub>   | 89 | 3.22           | 0.51                       | 6.24   | 1.98                | 2.19                     | 4.26     |
| NS <sub>1</sub> vs NS <sub>2</sub>   | 89 | 15.5           | 75.5                       | 0.20   | 198                 | -137.3                   | 168.1    |
| REN <sub>2</sub> vs REN <sub>1</sub> | 89 | 7.75           | 6.85                       | 1.13   | 1.98                | -5.84                    | 21.35    |

DF = días a floración, AP = altura de planta, DT = diámetro de tallo, NH = número de hojas, NS = número de semillas y REN = rendimiento, subíndices de las variables = 1 y 2 grupos de genotipos; <sup>2</sup>t-stud = *t-student* al nivel del 5% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad  $gl = (n_1 + n_2) - 2$ . Interv. = intervalo.

## DISCUSIÓN

### Análisis de conglomerados del primer grupo de genotipos

El análisis multivariado aplicado a los 40 genotipos iniciales permitió identificar una estructura genética definida por seis variables agronómicas, lo que confirma la utilidad del enfoque multivariado para diferenciar materiales con potencial diverso. La formación de ocho subgrupos a una distancia euclidiana de 3.8 sugiere una heterogeneidad significativa que puede ser explotada en programas de fitomejoramiento para seleccionar parentales con alta variabilidad.

Específicamente, la agrupación en el subgrupo G3 de materiales como el genotipo 2 y 25 indica similitudes en componentes críticos de la productividad como el rendimiento (REN) y el número de semillas (NS). Estos resultados coinciden con lo reportado por Putt (1966) y Kaya *et al.* (2007), quienes demostraron la eficacia del análisis de conglomerados para clasificar el desempeño agronómico en girasol.

### **Análisis de conglomerados del segundo grupo de genotipos**

En el segundo grupo, conformado por 51 genotipos, se reveló una estructura fenotípica más compleja con la formación de 11 subgrupos a una distancia de 3.36. Esta mayor subdivisión representa una ventaja estratégica, ya que ofrece un abanico más amplio de características seleccionables para la adaptación a entornos específicos. El subgrupo G5 destacó por agrupar materiales con similitudes en altura de planta (AP), NS y REN, variables fundamentales para la selección de líneas superiores. El uso de la distancia euclidiana resultó apropiado para estas variables cuantitativas, facilitando la toma de decisiones en la planificación de cruzamientos estratégicos.

En este grupo, el alto rendimiento observado en subgrupos como el G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) podría explicarse por la respuesta del cultivo a la densidad de siembra, donde la planta compensa el rendimiento individual mediante un incremento en el número y peso de las semillas (Ortegón y Díaz 2006). Variables como el diámetro de tallo (DT) y el número de hojas (NH) aportaron significativamente a la translocación de fotosintatos hacia la semilla, situación es asentada por Guzmán-Silos *et al.* (2017), Mohammadi y Prasanna (2003). Un mayor grosor del tallo facilita el transporte de nutrientes, optimizando la productividad final, variable que coincide con los estudios de Miladinović *et al.* (2019), Petraru *et al.* (2021), Martinsyah *et al.* (2023). Asimismo, la adecuada condición nutricional y la fertilización óptima ejecutada permitieron que los genotipos expresaran su potencial en fases vegetativas sustanciales, destacando la precocidad del grupo G7 con 63 días a floración.

### **Prueba t de Student para las variables evaluadas**

La aplicación de la prueba t de Student permitió validar rasgos diferenciales clave entre ambos bloques de estudio. Las diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) encontradas en los días a floración (DF), altura de planta (AP) y número de hojas (NH) sugieren que estos caracteres estuvieron fuertemente influenciados por la carga genética específica de cada grupo. Estos hallazgos son críticos para la selección según Zoumpoulakis *et al.* (2017) y Berrabah *et al.* (2024), ya que el ciclo fenológico (DF) y la arquitectura de la planta (AP) son determinantes para la adaptación del cultivo (Ortegón y Díaz 2006).

Por el contrario, la ausencia de diferencias significativas en variables como DT, NS y REN indican una estabilidad en el desempeño productivo global entre los grupos, coincidiendo con aquellos estudios de Sánchez-Turcios y Reinaldo (2015). Esta homogeneidad puede deberse a procesos de selección previa en los programas de mejoramiento que tienden a uniformar el rendimiento y los componentes reproductivos (Rauf 2008, López-Pereira *et al.* 2019). Finalmente, la reducida presencia de factores bióticos adversos, como el mildiú polvoriento (*Golovinomyces latissporus*), permitió que la variabilidad observada se atribuyera principalmente a la interacción entre el fondo

genético y las condiciones ambientales del sureste de Coahuila, aspectos que juegan papeles importantes para revelar una estabilidad y una influencia reducida por el fondo o carga genética genético, según Alberio *et al.* (2015, 2018), Azarín *et al.* (2023) y Kallamadi *et al.* (2022).

## CONCLUSIONES

Las poblaciones de girasol evaluadas, presentaron valores sobresalientes en rendimiento y precocidad. El primer grupo de genotipos fueron los subgrupos G4 (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y G1 (132.08 g pl<sup>-1</sup>) que presentaron el mejor rendimiento. Además, de que los genotipos del G1 fueron los más precoces (DF = 60.33 días). Los genotipos que mostraron un alto potencial de rendimiento del segundo grupo de genotipos, fueron los de los subgrupos G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) y G8 (155.53 g pl<sup>-1</sup>). De la misma manera los genotipos que conforman el G7 resultaron ser los más precoces (DF = 63 días). La prueba *t de student* demostró que en el segundo grupo de genotipos fue estadísticamente superior en días a floración, altura de planta y número de hojas con relación al primer grupo de genotipos. Finalmente, se recomienda que, los subgrupos de genotipos de girasol alto oleico de los dos grupos de genotipos, que sobresalieron por su alto potencial de rendimiento, se evalúen de forma experimental en los próximos ciclos agrícolas para continuar con su proceso de selección en la región sureste de Coahuila.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Cuerpo Académico: Mejoramiento, Producción y Tecnología De Granos, Semillas y Forrajes de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Central, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

Clave: Uaaan-Ca-43.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

No procede.

## LITERATURA CITADA

Adeleke BS, Babalola OO (2020) Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. Food Science Nutrition 8: 4666-4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>

- Alberio C, Aguirrezábal LA, Izquierdo NG, Reid R, Zuil S, Zambelli A (2018) Effect of genetic background on the stability of sunflower fatty acid composition in different high oleic mutations. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98: 4074-4084. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8924>
- Alberio C, Izquierdo NG, Aguirrezábal LAN (2015) Sunflower crop physiology and agronomy. In: Martínez-Force E, Dunford NT, Salas JJ (eds) *Sunflower*. Academic Press and AOCS Press. Urbana, Illinois . p. 53-91. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50009-X>
- Andrew RL, Kane NC, Baute GJ, Grassa CJ, Rieseberg LH (2013) Recent non hybrid origin of sunflower ecotypes in a novel habitat. *Molecular Ecology* 22(3): 799-813.
- Arenas JY, Escalante EJ, Aguilar CC, Rodríguez GM, Sosa ME (2021) Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biotecnia* 23(1): 45-51. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1284>
- Ayers RS, Westcot DW (1994) Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/t0234e/t0234e00.htm>. Fecha de consulta: 4 febrero 2024.
- Azarín K, Usatov A, Kasianova A, Makarenko M, Gavrilova V (2023) Origin of CMS-PET1 cytotype in cultivated sunflower: A new insight. *Gene* (888). <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147801>
- Berrabah H, Maamar B, Belkacem N, Habiba L, Rabah H (2024) Adaptation trial of sunflower oleic varieties under natural conditions of Algeria. *Revista Agraria Academica* 7: 29-38. <https://doi.org/110.32406/v7n2/2024/29-38/agrariacad>
- Condo LA, Pazmiño JM (2015) Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. Tomo 1. ESPOCH. Riobamba, Ecuador. 99p.
- Crossa JT (1994) Practical considerations for maintaining germplasm in maize. *Theoretical and Applied Genetics* 89: 89-95.
- Crossa J, Taba S, Franco J, Warburton M, Hoisington D (1994) Genetic diversity in maize landraces from Central America and Mexico as measured by the coefficient of parentage and multivariate methods. *Crop Science* 34(4): 874-880. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400040003x>
- Dos-Santos JB, Marengo CR, Vieira CA, Raj H, Soares G, De-Lira VM (2017) Crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada. *Agrociencia* 51(6): 649-660.
- FAO (2021) Cultivos y productos de ganadería. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Fecha de consulta: 4 febrero de 2024.
- Gilbert de Brito J, López de Rojas I, Pérez de Roberti R (1990) Análisis de suelos y agua para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP. Serie A. 164p.
- Grompone MA (2020) Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils: in, *Edible Oil and Fat Products: Edible Oils* 1-54. <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio017.pub2>
- Guzmán-Silos TL, Gallegos-Robles MÁ, Esparza-Rivera JR, Vázquez-Vázquez C, González-Salas U, Luna-Ortega JG, González-Torres A (2017) Parámetros de estabilidad en híbridos de girasol con alto contenido de oleico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(11): 213-222. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.990>
- Kallamadi PR, Yadav P, Dandu K, Soni PK, Sankaraneni CR, Bharadwaja KP, Mulpuri S (2022) Host defense responses during powdery mildew (*Golovinomyces latissporus* comb. nov.) infection in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Tropical Plant Pathology* 47: 495-508. <https://doi.org/10.1007/s40858-022-00501-4>
- Kaya Y, Evci G, Durak S, Pekcan V, Gucer T (2007) Determining the genetic relationships among sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids using RAPD markers. *Helia* 30(46): 115-124. <https://doi.org/10.2298/HEL0746115K>

- López-Pereira M, García-Hernández JL, Valenzuela-Soto R (2019) Comportamiento agronómico de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de clima templado. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo 51(2): 45-56. <https://doi.org/10.48162/rev.39.004>
- Martinsyah RH, Satria B, Hasibuan SP (2023) The growth and yield of five genotypes of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the lowland of West Sumatra, Indonesia. Environmental Earth Sciences 1160: 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/01201>
- Miladinović D, Hladni N, Radanović A, Jocić S, Cvejić S (2019) Sunflower and climate change: Possibilities of adaptation through breeding and genomic selection. In: Kole C (ed) Genomic designing of climate-smart oilseed crops. Cham Springer International Publishing. New Delhi, Delhi, India. p. 173-238. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93536-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93536-2_4)
- Minitab versión 16 (2009) Software para control estadístico de procesos. <https://info.spcpro.com>. Fecha de consulta 2 de enero de 2025
- Mohammadi SA y Prasanna BM (2003) Analysis of genetic diversity in crop plants –salient statistical tools and considerations. Crop Science 43(4): 1235-1248. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1235>
- Nunes AA, Guedes de Souza F, Garófalo Chaves L H, Alves de Sousa J, Feitosa de Vasconcelos AC (2019) Effect of nutrient omission in the development of sunflower BRS-122 in greenhouse conditions. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 72(1): 8663-8671. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.6938>
- Ortegón A, Díaz A (2006) Respuesta de cultivares de girasol a la densidad de población en dos ambientes. Agronomía Mesoamericana 10 (2): 17–21. <https://doi.org/10.15517/am.v10i2.17929>
- Pérez LC (2004) Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS. Madrid; Pearson. 523p.
- Petraru A, Ursachi F, Amariei S (2021) Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. Plants 10(11): 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
- Putt ED (1966) Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Canadian Journal of Plant Science 46(3): 287-296. <https://doi.org/10.4141/cjps66-047>
- Rauf S (2008) Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. Communications in Biometry and Crop Science 3(1): 29-44. <https://doi.org/10.1002/bbb.225>
- Rodríguez GE, Ramírez SC, Güitrón LMM, Palmeros SPA, Ágeles EA (2020) Cultivo de anteras e inducción de callo haploide en germoplasma bc3. Acta Universitaria 30: 1-15. <http://doi.org/10.15174.au.2020.2765>
- Sanchez-Turcios RA (2015) Usos y abusos. Revista Mexicana de Cardiología 26(1): 59 61.
- Sánchez-Turcios JL, Reinaldo AC (2015) Bioestadística para las ciencias de la vida. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba. 395p.
- Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Johnston C, Sumner ME (2020) Methods of soil analysis, Part 3: Chemical methods. John Wiley & Sons, Ltd. United States of America. 1309p. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3>
- Zoumpoulakis P, Sinanoglou VJ, Siapi E, Heropoulos G, Proestos C (2017) Evaluating modern techniques for the extraction and characterisation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds phenolics. Antioxidants 6: 1-46. <http://doi.org/10.3390/antiox6030046>.