

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Poblaciones Experimentales de Girasol  
(*Helianthus annuus* L.) Alto Oleico en la Región Sureste de Coahuila

Por:

**ROMEO VELASCO SANTIAGO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Poblaciones Experimentales de Girasol

(*Helianthus annuus* L.) Alto Oleico en la Región Sureste de Coahuila

Por:

**ROMEO VELASCO SANTIAGO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

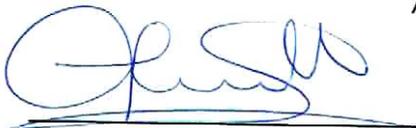
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Antonio Flores Naveda

Asesor Principal



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Coasesor



Dr. Armando Muñoz Urbina

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2023

## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

Romeo Velasco Santiago

## DEDICATORIA

A mi padre **Álvaro Velasco** por el apoyo y los buenos consejos que me pudiste brindar, pero sobre todo a madre **Leticia Santiago** que lucho por mi bienestar, mi educación, salud y el apoyo que me brindo incondicionalmente, me han dado un legado maravilloso para ejercerme profesionalmente, gracias por sus sabios consejos y la confianza que me deposita para salir adelante y lograr este sueño anhelado. Sabré recompensarlos para sentirlos orgullosos de los grandes sacrificios que hicieron por mí.

A mis hermanos; **Bricelda Zuleyma, Ángel Idamar, Almayrani y Pablo** quienes me dieron su apoyo incondicional para poder estar donde me encuentro y aunque en momentos de adversidad siempre nos mantuvimos juntos para seguir adelante, en hora buena aquí expreso mi gratitud hacia ustedes, quienes son mi fortaleza de seguir cumpliendo cada una de mis metas.

A mis abuelos **Romeo Santiago y Elvira Pérez**, a quienes considero ser como segundos padres, que gracias a sus buenos consejos llenos de sabiduría, avanzo a pasos agigantados por el mundo sin miedo de lo que me prepara la vida.

A mi tío **Alí Santiago** quien veo en él un ejemplo a seguir, ejemplo de superación, bondad, humildad y respeto.

Dedicado a ustedes, pues no es fácil llegar, se necesita ahínco, lucha y deseo, pero sobre todo el apoyo como el que he recibido durante este tiempo. Ahora más que nunca se acredita mi cariño y gratitud hacia ustedes.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme la vida para poder llegar a cumplir mis objetivos, quien siempre me cuida estando lejos de casa, dándome paz, bondad, y fortaleza para seguir con mis metas a pesar de las adversidades. Te doy gracias por lo bueno y lo malo pues es tu voluntad, porque al final de todo en ti confié y nada me faltará.

A mi Alma Mater, la gloriosa **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme la oportunidad de formar parte del nido, por ser una institución llena de oportunidades y excelentes Profesores. Gracias por enriquecerme de conocimientos y formarme como profesionista y sobre todo por darme los mejores años de mi vida acompañada de grandiosos amigos.

A mi asesor de tesis el **Dr. Antonio Flores Naveda** por confiar en mí y darme la oportunidad para el desarrollo de mi tesis en este tema de mi gran interés, gracias por compartir sus conocimientos conmigo, por todo el apoyo y dedicación en este trabajo.

Al **Dr. Armando Muñoz Urbina** por la paciencia, su apoyo, enseñanza y sus conocimientos compartidos durante la realización de mi tesis.

A la **Dra. Xochitl Ruelas Chacón** por su apoyo en la revisión de la tesis y por la aportación de sus consejos y comentarios, pero sobre todo su tiempo para la culminación del presente trabajo.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su valiosa participación en el presente proyecto de investigación, aportaciones y por la revisión del documento de tesis.

A **Lorenzo Villa**, un hombre que, si lleva por derecho de ser llamado trabajador, quien estuvo de gran apoyo durante las actividades realizadas, gracias por las buenas historias y momentos.

A mis amigos y compañeros de tesis **Isaías, Noé y Gonzalo**, con quienes viví grandes experiencias en el proceso de este proyecto, por aquellas tardes en el bajío sacando el trabajo adelante, demostrando que, como buenos buitres, no nos damos por vencidos. Gracias por formar parte de mi vida, por su amistad sincera y por siempre estar ahí en cualquier situación.

A mis demás amigos, **Karla, Melvin, Belén, Teresa, Ponciano y José Luis** quienes me ayudaron a sacar adelante el experimento y me mostraron su apoyo incondicional durante la carrera, llena de superaciones, aprendizaje, noches en las que nos develábamos estudiando, pero también noches de fiesta donde disfrutábamos de la buena música, cantando a todo pulmón el popurrí de la Narro. A **Vanesa** quien a pesar de pasar los años a distancia me sigues dando tu confianza y apoyo hasta la fecha. Al igual a increíbles personas que conocí en el transcurso de mi formación académica, a ti **Xochitl Reyes**, que por casualidad nos conocimos y que desde ese día hasta hoy me has brindado tu amistad, apoyo y comprensión.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general .....	3
1.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades .....	4
2.2. Producción de girasol a nivel mundial .....	4
2.3. Producción de girasol en México.....	5
2.4. Importancia del girasol .....	6
2.5. Origen del cultivo de girasol .....	8
2.6. Clasificación taxonómica.....	8
2.7. Morfología de la planta .....	9
2.8. La semilla y sus partes.....	10
2.9. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta .....	11
2.10. Principales enfermedades .....	13
2.11. Principales plagas .....	14
2.12. Aceite de girasol.....	15
2.13. Girasol alto oleico.....	17
2.14. Análisis multivariado.....	18
2.14.1. Objetivo del análisis multivariado.....	18
2.14.2. Tipos de análisis multivariado.....	19

III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1.	Localización del sitio experimental .....	21
3.2.	Material genético .....	22
3.3.	Variables evaluadas .....	23
3.4.	Análisis estadístico .....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1.	Análisis de conglomerados primera fecha de siembra .....	27
4.2.	Análisis de conglomerados segunda fecha de siembra .....	28
4.3.	Prueba <i>t de student</i> para las variables evaluadas .....	30
V.	CONCLUSIONES .....	32
VI.	LITERATURA CITADA .....	33
VII.	APENDICE .....	39

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Principales estados productores de girasol en México en el año 2022. ....	6
<b>Cuadro 2.</b> Características del ensayo y parcela experimental.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Genotipos de girasol establecidos en la primera fecha de siembra.....	22
<b>Cuadro 4.</b> Genotipos de girasol establecidos en la segunda fecha de siembra. ....	23
<b>Cuadro 5.</b> Promedios obtenidos de grupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados de la primera fecha de siembra. ....	28
<b>Cuadro 6.</b> Promedios obtenidos de grupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados de la segunda fecha de siembra. ....	30
<b>Cuadro 7.</b> Prueba <i>t de student</i> e intervalo de confianza para comparar medias de dos fechas de siembra en girasol alto oleico, con respecto a las variables DF, AP, DT, NH, NS y REN.....	31
<b>Cuadro 8.</b> Promedios de variables evaluadas de girasol alto oleico en dos fechas de siembra: primera fecha (40 genotipos) y segunda fecha (51 genotipos).....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Volumen de producción de semilla de girasol, principales países productores en 2021/2022 en millones de toneladas métricas .....	5
<b>Figura 2.</b> Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos.....	11
<b>Figura 3.</b> Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de girasol alto oleico evaluados en la primera fecha de siembra. ....	27
<b>Figura 4.</b> Dendograma del análisis de conglomerados de 51 genotipos de girasol alto oleico evaluados en la segunda fecha de siembra.....	29

## RESUMEN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta anual, originaria de la región centro occidente de los Estados Unidos de América y de diferentes regiones de México. La importancia de este cultivo es que es uno de los cultivos oleaginosos más importantes del mundo empleado como grano para la extracción de aceite comestible, el cual es considerado como uno de los aceites con mayores beneficios para la salud, por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. El objetivo de este proyecto de investigación fue la caracterización de 91 genotipos de girasol alto oleico, en la región sureste de Coahuila. El trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental situado en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Municipio de Saltillo, 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 además de la prueba de *prueba t de student* con el paquete estadístico Minitab 16. Con el AC en la primera fecha de siembra se identificaron dos grupos sobresalientes de genotipos de girasol, los cuales fueron G4 (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y G1 (132.08 g pl<sup>-1</sup>) que presentaron un promedio de rendimiento alto, además de que los genotipos del G1 fueron los más precoces (DF=60.33 días), para esta misma fecha de siembra. Para el caso de la segunda fecha de siembra el AC, identificó dos grupos 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 la misma manera los genotipos que conforman el G7 promediaron ser los más precoces de esta segunda fecha de siembra (DF=63 días). En cuanto a la prueba de *t de student* demostró que en la segunda fecha de siembra fue estadísticamente superior en las variables de días a floración, altura de planta y número de hojas con relación a la primera fecha de siembra.

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

## I. INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta anual, originaria de la región centro occidente de los Estados Unidos de América y de diferentes regiones de México. Pertenece a la familia de las asteráceas y del género *Helianthus* de los cuales existen alrededor de 65 especies diferentes (Andrew *et al.*, 2013).

El girasol es una planta que se caracteriza por tener una gran inflorescencia y su nombre se le designa por su condición botánica singular de girar la inflorescencia hacia la trayectoria del sol, conocida como heliotropismo. Además, de que etimológicamente *Helianthus* deriva del griego *helio*-sol y *anthus*-flor, tiene el mismo significado que el nombre inglés sunflower.

Su importancia destaca en ser uno de los cultivos oleaginosos más importantes del mundo empleado como grano para la extracción de aceite comestible, ocupando el cuarto lugar para la producción de aceite por su volumen de producción anual, seguida de la soya, canola y el cacahuate (Rodríguez *et al.*, 2020). A su vez, es considerado como uno de los aceites con mayores beneficios para la salud, por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados. Por su gran versatilidad, el girasol puede ser empleado como forraje cuando se corta en verde y los derivados de este son utilizados en otros procesos industriales, como en la elaboración de cosméticos, detergentes, jabones e incluso en la elaboración de combustibles en algunos países.

Además, este cultivo se destaca por sus características agronómicas, su tolerancia y resistencia a factores adversos, como a sequía y heladas, además de tener un ciclo vegetativo corto y puede adaptarse a diversos ambientes. En este contexto la condición del girasol representa una opción viable para incorporarse al sistema de rotación de cultivos en las zonas semiáridas del norte del país, donde la

precipitación es escasa y los productores requieren de cultivos alternativos adaptados a la región y que sean de importancia comercial. El girasol es una opción por sus características de buena adaptación y resistencia a la sequía.

El incremento del cultivo de girasol y la producción de aceite vegetal en nuestro país puede ser de gran importancia, ya que puede representar un incremento de ingresos económicos por la necesidad del consumo de aceites vegetales de alta calidad, esto debido a que en México se importa alrededor del 87% de sus requerimientos de semillas oleaginosas de diferentes países. Por ello, es importante adquirir un mayor conocimiento de la fisiología y bioquímica del cultivo a fin de seleccionar plantas que tengan el mayor rendimiento, producción de aceite y rendimiento de semilla por unidad de superficie. Por lo anterior, en la presente investigación se evaluaron diferentes poblaciones experimentales de girasol alto oleico en la región sureste de Coahuila con los siguientes objetivos.

### **1.1. Objetivo general**

Caracterizar poblaciones de girasol alto oleico, en el ambiente de producción de la región sureste de Coahuila.

### **1.2. Objetivos específicos**

Evaluar el comportamiento agronómico de poblaciones experimentales de girasol alto oleico en la región sureste de Coahuila.

Evaluar el número de semillas por capítulo y el rendimiento de grano.

### **1.3. Hipótesis**

Hi. Al menos una de las poblaciones de girasol, presentará capacidad de adaptación al medio ambiente evaluado y un potencial de rendimiento de grano, para la región sureste de Coahuila.

Ho. Ninguna de las poblaciones experimentales de girasol, presentará capacidad de adaptación al medio ambiente evaluado y un potencial de rendimiento de grano, para la región sureste de Coahuila.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades

El girasol (*Helianthus annuus* L.) forma parte de los cultivos oleaginosos más importantes para la producción de aceite por su volumen de producción anual, seguida de la soya, canola y el cacahuate (Rodríguez *et al.*, 2020). También es considerado como uno de los aceites con mayores beneficios para la salud, por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Arenas *et al.*, 2021). Su calidad se conforma por el contenido de ácidos grasos como oleico (omega 9) y linoleico (omega 6), los cuales tienen una influencia directa en el metabolismo del colesterol (Rodríguez *et al.*, 2020).

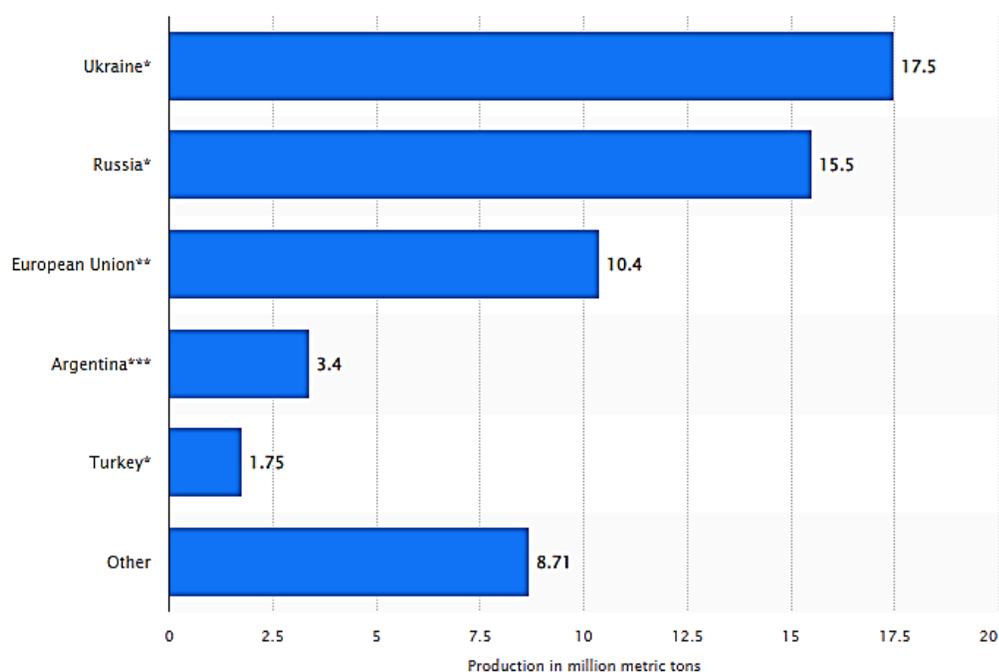
El número básico de cromosomas para el género *Helianthus* es 17, se conocen especies diploides, tetraploides y hexaploides. Sólo existen 14 especies anuales de *Helianthus*. Mejoradores de plantas han realizado cruza de interés específico dentro del género y han transferido caracteres útiles como mayor porcentaje de aceite, esterilidad masculina citoplasmática para su uso en la producción de híbridos, resistencia a plagas y enfermedades (Fernández *et al.*, 2014).

### 2.2. Producción de girasol a nivel mundial

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial por su volumen de producción con 62.3 millones de toneladas de grano, producidos principalmente en Ucrania, Rusia y Argentina (FAO, 2021).

En la Figura 1 se muestra la producción de semilla de girasol en los principales países productores a nivel mundial, en donde Ucrania presentó el mayor volumen de producción de semillas de girasol en el ciclo agrícola 2021/2022. Durante ese período, Ucrania produjo alrededor de 17.5 millones de toneladas métricas de semillas de girasol. A su vez, Rusia también es un importante productor de semillas de girasol a nivel mundial, con un volumen de producción de 15.5 millones de toneladas métricas (Statista, 2022).

**Figura 1.** Volumen de producción de semilla de girasol, principales países productores en 2021/2022 en millones de toneladas métricas



Fuente: Statista, 2022.

### 2.3. Producción de girasol en México

En nuestro país en los últimos años, este cultivo ha tomado importancia, debido a que es una oleaginosa con gran potencial aceitera. En el Cuadro 1 se muestra que para el año 2022 la producción nacional de girasol fue de 4,731 toneladas en una superficie cosechada de 2,954 hectáreas, con un rendimiento

promedio de 1.83 t ha<sup>-1</sup>, donde los principales estados productores fueron San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Guanajuato; sin embargo, el cultivo se tiene reportado en 12 estados de la República Mexicana, con un valor de producción de \$39,590,600 pesos (SIAP, 2022).

**Cuadro 1.** Principales estados productores de girasol en México en el año 2022.

Entidad	Superficie sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
					(udm/ha)	(miles de Pesos)
San Luis Potosí	940	640	1,644.80	2.57	5,542.19	9,115.79
Sonora	506	506	1,025.70	2.03	8,249.20	8,461.20
Tamaulipas	781	730	839.9	1.15	14,196.19	11,923.38
Guanajuato	317.5	317.5	699.23	2.2	8,717.95	6,095.85
Zacatecas	150	150	142.5	0.95	7,000.00	997.5
Chihuahua	63	43	96.4	2.24	13,000.00	1,253.20
Baja California Sur	57	57	91.31	1.6	6,286.19	573.99
México	66	66	78.5	1.19	5,903.52	463.43
Tlaxcala	33	33	60.9	1.85	5,831.20	355.12
Jalisco	23	23	39.1	1.7	6,996.48	273.56
Hidalgo	16	12	9.74	0.81	5,973.72	58.18
Michoacán	2	2	3.84	1.92	5,050.00	19.39
<b>Total</b>	<b>2,954.50</b>	<b>2,579.50</b>	<b>4,731.92</b>	<b>1.83</b>	<b>8,366.71</b>	<b>39,590.60</b>

Fuente: SIAP, 2022.

## 2.4. Importancia del girasol

El girasol se posiciona entre las oleaginosas más importantes del mundo, junto con la colza, soya y la palma aceitera (USDA, 2023). A sí mismo, tiene una producción del 13% del aceite vegetal en el mundo (Nunes *et al.*, 2019).

Es uno de los cultivos de semillas que se cultivan a nivel mundial como fuente de aceite de primera calidad y fibra dietética que contribuye significativamente a la salud humana (Adeleke *et al.*, 2020), por los ácidos oleico y linoleico que se

encuentran en la semilla, los cuales son ácidos grasos esenciales poliinsaturados, ya que desempeñan un papel importante en el mantenimiento de niveles saludables de triglicéridos y colesterol en el organismo (Petraru *et al.*, 2021).

A pesar de que es una planta que por su centro de origen se adapta a un clima templado, se ha cultivado con éxito en una amplia gama de condiciones ambientales, ya que presenta una buena adaptación a los cambios climáticos adversos, como sequías prolongadas, lluvias intermitentes, una alta tolerancia al frío y al déficit de humedad edáfica, lo que ha potenciado su cultivo como planta oleaginosa en todo el mundo (Miladinović *et al.*, 2019), así como también de tener un ciclo de cultivo corto en comparación a otros cultivos importantes en la alimentación como el maíz, lo cual hace que se pueda sembrar en zonas propensas a escasez de lluvias como un cultivo alternativo (Aragadvay *et al.*, 2015; Palacio *et al.*, 2020).

La flor es condicionada como ornamental, debido al porte y sobre todo a la belleza de sus inflorescencias (Esquivel *et al.*, 2020). Desde tiempos antiguos el girasol era utilizado como una planta de jardín, la demanda de esta planta ha incrementado a nivel mundial, en la actualidad existe una oferta eficiente de nuevos cultivares para uso ornamental en países latinoamericanos, por la diversidad de variedades, colores y formas (Dos-Santos *et al.*, 2017; Arenas, 2021).

El girasol es un cultivo muy versátil, debido a que se puede sacar provecho de toda la planta, las hojas se utilizan como forraje para el ganado por la fibra que contiene además de que se puede realizar harina de las semillas de girasol, las cuales contienen entre un 28% y 42% de proteínas, por lo que es buena opción para la alimentación animal y es la cuarta fuente más grande de alimentación animal en el mundo (Martinsyah *et al.*, 2023). El tallo se utiliza para la fabricación de papel; de las lígulas se logra extraer un colorante amarillo y como cultivo melífero, ya que es atrayente de numerosas abejas melíferas. Además, durante el proceso en la elaboración de aceite se forman subproductos como un aceite de menor calidad, con el que es posible fabricar jabones y desecantes de mezcla de pinturas (Rodríguez, 2017).

## 2.5. Origen del cultivo de girasol

Es una de las plantas de cultivo más importantes distribuidas por todo el mundo (Azarín, 2023). Su origen data desde hace 3000 años a. C. en Estados Unidos y México (Rodríguez *et al.*, 2017). Algunos arqueólogos sugieren que el girasol se pudo haber cultivado antes que el maíz (Sandbakkenm, 2012).

A pesar de que el origen de domesticación del girasol cultivado fue Norteamérica, no es en esta región donde consigue asegurarse como comercial. Con las expediciones españolas al Nuevo Mundo, fue introducido a Europa aproximadamente en siglo XVI, donde fue cultivado como planta ornamental y que partir de ahí los exploradores ingleses y franceses al descubrir que los nativos de Norteamérica la utilizaban como alimento, también lo introdujeron a sus respectivos países (Rodríguez, 2017). En el siglo XIX llega a Argentina procedente de Rusia para luego distribuirse en toda Latinoamérica (Vasquez, 2021).

## 2.6. Clasificación taxonómica

**Reino:** *Plantae*

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Subclase:** *Asteridae*

**Orden:** *Asterales*

**Familia:** *Asteraceae*

**Género:** *Helianthus*

**Especie:** *annuus*

El género *Helianthus* pertenece a la familia *Asteraceae* y se le ha considerado desde 10 hasta 200 especies. Sin embargo, solo se reconocen 67, de las cuales 11 son especies anuales (Rodríguez, 2017).

## 2.7. Morfología de la planta

**Raíz.** El girasol es una planta anual, erecta, de hoja ancha, con una raíz principal fuerte y abundante (Alberio, 2015). Las raíces se desarrollan mucho más rápido que la parte aérea de la planta conformada de diversas raíces secundarias y terciarias que inician su desarrollo en sentido horizontal llegando a una longitud de 5 a 30 cm coincidiendo su mayor profundidad con la floración. El sistema radical llega a alcanzar hasta 4 metros de profundidad dependiendo de las condiciones climáticas, cuando se tiene poca humedad en el suelo, las raíces tienden a ir más profundo (Rodríguez, 2017).

**Tallo.** Posee una estructura alargada y cilíndrico, en variedades aceiteras llegan a medir entre 60 y 220 cm de altura, con un diámetro promedio entre 2 y 6 cm con mayor grosor en la parte inferior de la planta (Rodríguez, 2017). La mayor parte de las variedades de girasol presentan tallos erectos con una ligera inclinación en la parte terminal, esto a consecuencia del peso de la inflorescencia (Mendoza, 2017).

**Hojas.** Las hojas son alternas, de gran tamaño, de formas diferentes, dentadas, acuminadas, trinervadas, muy pecioladas, con velloso áspera en el haz y el envés. El número de hojas por planta varía entre 12 y 40, según las condiciones del cultivo y las peculiaridades individuales de la variedad (Rodríguez, 2017).

**Inflorescencia.** Denominada comúnmente como capítulo el cual está conformado por un número de flores que van de entre 500 y 1500. Las flores están dispuestas sobre el receptáculo que es un disco plano, cóncavo o convexo, el cual en la cara superior tiene las flores insertadas y su borde se compone de brácteas protectoras que forman el involucre. Las flores que se encuentran en el receptáculo se dividen en dos: liguladas y tubulosas (Rodríguez, 2017).

- Flores liguladas: son flores estériles y se componen de un ovario rudimentario, un cáliz igual rudimentario y una corola transformada, semejante a un pétalo; se disponen de 30 a 70 radialmente en una o dos filas; tienen una longitud de 6 a 10 cm y una anchura de 2 a 3 cm; su color depende de la variedad, pero suelen ser de color amarillo-dorado, amarillo-claro y amarillo-anaranjado.

- Flores tubulosas: son fértiles, pues llevan los órganos de reproducción; cada una se compone de cáliz, corola, androceo y gineceo; están dispuestas en arcos espirales que parten del exterior al centro de los discos.

## **2.8. La semilla y sus partes**

El fruto del girasol se llama aquenio, el cual es seco, indehiscente y se compone por el pericarpio y la semilla. El pericarpio es seco, fibroso y está separado de la semilla (almendra) a la cual protege. Su color puede ser blanco, estriado (negro y blanco), negro, pardo o rojizo, pero los más comunes son el estriado y el negro. El espesor de la cascara cambia con las variedades. Por lo general, la semilla de las variedades aceiteras es negra y tiene aproximadamente un 25% de cascara. El aquenio (semilla) mide alrededor de 4 a 6 mm de ancho por 8 a 12 mm de largo. El contenido de aceite oscila entre 40 y 55% según la variedad y los efectos del ambiente donde se produce la semilla.

Es común que las semillas tengan un tamaño variable según la posición que tengan dentro del capítulo: las grandes se encuentran en la periferia y las más pequeñas en el centro. En todas las semillas la cubierta (cascara) crece, aun cuando no hayan desarrollado el embrión. Es normal que las semillas vanas, muestren una apariencia plana o bollada.

Dentro de una población, frecuentemente se encuentran capítulos cuya parte central no presenta formación de semillas, y cuando llegan a la madurez se observa con apariencia de paja o basura; esta característica en híbridos, variedades y líneas mejoradas está determinada por dos factores: el carácter genético de la planta y su relación en condiciones climáticas adversas (Rodríguez, 2017).

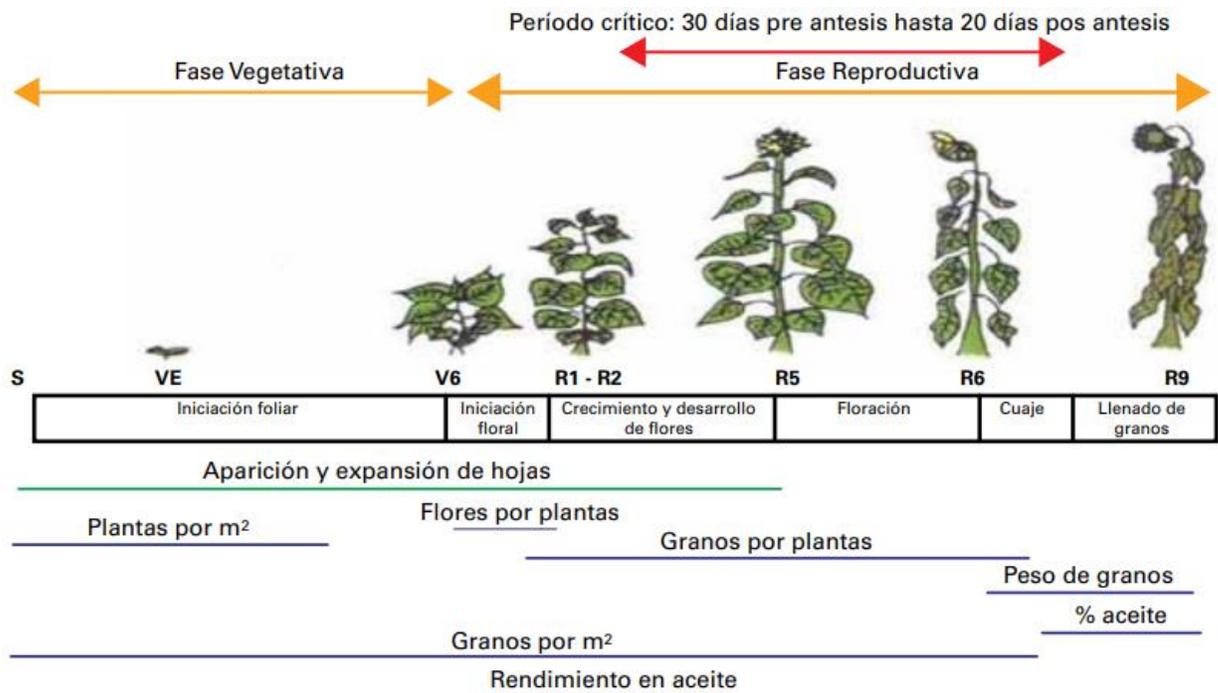
Las semillas de girasol contienen un 21% de proteínas, un 55% de grasas y un 19% de carbohidratos. Los ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) que se encuentran en el aceite de girasol alcanzan el 91%, más que el oleico y el linoleico encontrados en el aceite de soya (85%), cacahuete (82%), maíz (87%) y aceite de palma (49%). Las semillas de girasol también son ricas en vitamina E, betaína y

ácidos fenólicos como antioxidantes y anticancerígenos que pueden prevenir enfermedades cardiovasculares. La calidad nutricional de las semillas de girasol es superior a la del maíz (Martinsyah *et al.*, 2023).

## 2.9. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta

La planta pasa por etapas que conforman su ciclo de vida a medida que el cultivo se desarrolla en donde suceden cambios fisiológicos y morfológicos que determinan los llamados estadios fenológicos de la planta como se muestra en la Figura 2. Estos procesos están determinados genéticamente y son influenciados por el medio ambiente (Schneiter y Miller, 1981).

**Figura 2.** Representación esquemática de la planta de girasol durante su ontogenia indicando los estados fenológicos.



Fuente: Boletín Técnico Pionner, 2013.

A continuación, se describen las etapas fenológicas según Schneiter y Miller (1981).

**Aparición vegetativa (VE).** Cuando la semilla germina muestra la primera hoja más allá de los cotiledones, la planta tiene 4 cm de largo.

**Etapas vegetativas (V).** Estas etapas se determinan en la planta contando el número de hojas verdaderas en al menos 4 cm de longitud, comenzando como V1.

**Etapas reproductivas:**

- **R1:** el botón terminal forma una cabeza floral pequeña en lugar de las hojas. Cuando se ve directamente desde arriba, las brácteas inmaduras forman una apariencia estrellada puntiaguda.
- **R2:** la yema inmadura se alarga 0.5 a 2 cm por encima de la hoja más cercana unido al vástago.
- **R3:** el brote inmaduro se alarga más de 2 cm por encima del punto más cercano de la hoja.
- **R4:** en este momento la inflorescencia comienza a abrirse, cuando se ve desde arriba directamente, las flores inmaduras del girasol son visibles.
- **R5:** esta etapa es el comienzo de la floración. La etapa se puede dividir en sub escalas dependientes del porcentaje del área de la cabeza que ha terminado o está en floración.
- **R6:** la floración está completa y las flores del girasol están marchitándose.
- **R7:** la parte posterior de la cabeza ha comenzado a tornarse de color amarillo pálido.
- **R8:** la parte posterior de la cabeza es amarilla, pero las brácteas permanecen verdes.
- **R9:** las brácteas se vuelven amarillas y marrones, en esta etapa se considera que la planta, ha llegado a su madurez fisiológica final.

## 2.10. Principales enfermedades

### **Verticilosis** (*Verticillium dahliae*)

Es un hongo que causa la marchitez por *verticillium* o verticilosis, es un patógeno de suelo, puesto que se conserva en el suelo en forma de microesclerocios durante muchos años e infecta las plantas cuando éstos germinan. La enfermedad progresa en forma de clorosis de color amarillo intenso que se desarrolla rápidamente hacia grandes lesiones marrones de tejido necrosado o muerto rodeadas por un margen de color amarillo dorado (Martín *et al.*, 2016).

### **Mildiu del girasol** (*Plasmopara halstedii*)

Las plantas infectadas se manifiestan por un enanismo y clorosis alrededor de los nervios principales de las hojas. Esta clorosis es más intensa en el haz de las hojas más jóvenes, iniciándose desde la base de la hoja hacia el ápice.

En el envés de las hojas, coincidiendo la clorosis del haz de la hoja, aparece un tejido algodonoso del micelio y fructificaciones asexuales del *oomiceto* que emergen a través de los estomas (Martín *et al.*, 2016).

### **Podredumbre carbonosa de raíz y tallo** (*Macrophomina phaseolina*)

La podredumbre carbonosa es una enfermedad de gran importancia económica en el mundo, principalmente en regiones semiáridas. Infecta el sistema vascular de las raíces y los entrenudos basales, impidiendo el transporte de agua y nutrientes hacia las partes superiores de la planta. Debido a todo esto la planta pierde su hidratación y puede empezar a marchitarse.

En casos de afección extrema, los campos en los que se ha desarrollado esta infección aparecen como si estuvieran quemados. El hongo no se desarrolla en la parte superior de la planta, ni en el capítulo, pero sí afecta al desarrollo de estas partes (Martín *et al.*, 2016).

### **Mancha por alternaría (*Alternaría helianthi*)**

La enfermedad conocida como tizón por alternaría o mancha negra por alternaría, se debe a *Alternaría helianthi*. Los síntomas de la enfermedad pueden aparecer en cualquier etapa del desarrollo de la planta, son manchas de color café o negro rodeadas por un halo clorótico y cuando la humedad relativa es alta, el centro de las manchas toma un color gris a causa de la esporulación del hongo, las manchas tienen un diámetro de 3 a 6 mm, pueden crecer y unirse para formar un área de tejido necrótico, en condiciones severas ocasiona defoliación de la planta, tallo y el capítulo (Rodríguez, 2017).

### **Oídium del girasol (*Golovinomyces cichoracearum*)**

Los signos se caracterizan por presentar manchas pulverulentas compuestas por micelio de color blanquecino que puede cubrir ambas caras de las hojas. En ataques severos el hongo cubre completamente las hojas que provoca graves pérdidas de rendimiento. También afectando tallos y flores, las que pueden ser una vía de diseminación tanto en el comercio como en el transporte (Kallamadi *et al.*, 2022).

## **2.11. Principales plagas**

### **Gusano gris (*Agrotissegetum*, *A. ypsilon* y *A. exclamationis*)**

Las larvas son orugas de una longitud entre de 42-45 mm. Las larvas de mayor edad producen daños en las raíces y en el cuello de las plantas. En plantas jóvenes los daños son fácilmente reconocibles, ya que las larvas cortan el cuello, perforándolo internamente. Las plantas afectadas presentan marchitez total o parcial, llegando a morir, si el ataque sucede en las primeras fases del cultivo, obligando en algunas ocasiones a la resiembra del cultivo (Martín *et al.*, 2016).

### **Polilla del girasol (*Homoeosoma electellum*)**

Este insecto produce daños en estado larvario, la mayor parte de este estado se desarrolla dentro de los aquenios o en el interior de los tejidos de tallos y capítulos. Este comportamiento, hace extremadamente difícil el combate de esta especie y usualmente el medio para su control es un insecticida (Rivero *et al.*, 2020).

### **Gusanos de los brotes (*Helicoverpa spp.*)**

Las larvas se alimentan principalmente de las hojas más tiernas y de los brotes. También pueden atacar a semillas jóvenes en el capítulo. Si, el ataque es muy severo las hojas pueden quedar dañadas, lo mismo por los bordes que en el centro, en ocasiones quedan solo las venas de las hojas superiores. Las larvas más grandes pueden alimentarse de hojas más desarrolladas e incluso del tallo e introducirse en ellos, originando agujeros que pueden ser lugar de entrada de hongos (Martín *et al.*, 2016).

### **Aves**

Durante la maduración en campo abierto, las aves se alimentan de semillas de girasol, debido a las proteínas y grasas que contienen. Se ha documentado que el tamaño de la parcela determina el nivel de daño que podría causar una determinada población de aves sobre el rendimiento de las semillas de girasol en un momento determinado (Adeleke *et al.*, 2020).

## **2.12. Aceite de girasol**

Los aceites vegetales se extraen de cultivos oleaginosos, que acumulan triacilglicerol en sus semillas o frutos. Los aceites se extraen mediante diferentes procesos que varían donde se obtienen los aceites crudos, para después pasar a refinarse, eliminando impurezas y componentes anti nutricionales para hacerlos aptos para el consumo humano. Se sabe que los aceites vegetales son una fuente

importante de lípidos para la dieta humana, proporcionando también nutrientes importantes como tocoferoles y otras vitaminas liposolubles (Salas *et al.*, 2021).

Un ejemplo de aceites vegetales es el aceite de girasol, el cual se extrae de las semillas, que se producen en el capítulo del girasol. Estas semillas acumulan aceite en los cotiledones que se encuentran dentro del pericarpio (Bockisch, 2015).

El aceite de girasol se extrae mediante una combinación de métodos físicos y solventes, para posteriormente refinarse en un proceso que involucra desgomado, neutralización, blanqueo, desodorización y clarificación. El aceite obtenido resulta ser transparente con un olor y aroma suaves (Martínez *et al.*, 2015).

Los componentes principales son el aceite linoleico (59-65%) y oleico (30-70%), los cuales representan entre el 48% y el 78% del perfil total de ácidos grasos. También hay un pequeño porcentaje de ácidos palmítico y esteárico (15% para ambos ácidos grasos) presentes (Zoumpoulakis *et al.*, 2017).

Lo anterior, permite clasificar al aceite teniendo en cuenta su composición en ácidos grasos (CAA, 2013).

- Aceite de girasol convencional: Contenido de ácido oleico sea como máximo 54,9% sobre el total de ácidos grasos.
- Aceite de girasol medio oleico: Contenido de ácido oleico entre 55,0 y 74,9% sobre el total de ácidos grasos.
- Aceite de girasol alto oleico: Contenido de ácido oleico igual o mayor a 75,0% sobre el total de ácidos grasos.
- Aceite de girasol Alto Esteárico-Alto Oleico (AEAO): Contenido de ácido oleico igual o mayor a 60,0% y de ácido esteárico igual o mayor a 10,0% sobre el total de ácidos grasos.

El aceite de girasol también es rico en vitaminas, minerales y excelentes fitoquímicos como carotenoides, tocoferoles, fenoles y tocotrienoles con actividad antioxidante (Petraaru *et al.*, 2021). Se sabe que los tocoferoles presentes en el aceite de girasol confieren cierta estabilidad oxidativa adicional a este aceite, pero sus altos niveles de ácido linoleico hacen que el aceite de girasol normal sea más inestable a altas temperaturas o durante largos períodos de almacenamiento que otros aceites como el cacahuete o el de oliva (Martín *et al.*, 2004). Por el contrario, los aceites con alto contenido de ácido oleico, confieren mayor estabilidad haciendo que sean menos susceptibles a cambios oxidativos durante los procesos de refinación, el almacenamiento.

El aceite de girasol también tiene usos industriales, no comestibles como son la producción de biodiesel, lubricantes, tintas de impresión a base de aceites vegetales, entre otros. De la misma manera, durante los procesos de extracción y refinación se obtienen subproductos como las harinas, cáscaras y jabones de sodio. También se pueden obtener otros subproductos menores: lecitina, ceras, tocoferoles, entre otros (Grompone, 2020).

### **2.13. Girasol alto oleico**

Se define al aceite de girasol alto oleico como aquel cuyo contenido de ácido oleico es igual o mayor al 75%, sobre el total de ácidos grasos (CAA, 2013).

En los cultivos convencionales de girasol suelen encontrarse una proporción de aceite del 40-55%, ácidos grasos saturados en un 10% y un 90% de ácidos insaturados, es decir, 15-35% de ácido oleico y 75-55% ácido linoleico (Rosbaco, 2005). Sin embargo, gracias al mejoramiento genético existen girasoles que su contenido de ácido oleico alcanza valores de 80-85%.

La primera variedad de girasol con alto contenido de ácido oleico llamada "Pervenets" se obtuvo mediante mutagénesis química (Soldatov, 1976). El alto oleico es un rasgo semidominante causado por una duplicación del gen  $\Delta 12$  desaturasa

responsable de la síntesis de linoleato a partir de oleato en el retículo endoplásmico de las semillas en desarrollo (Salas *et al.*, 2021).

Fue a partir de esta mutación donde se obtuvieron accesiones que alcanzaron 50% de ácido oleico y que con sucesiones selectivas estas llegaron a oscilar entre 70 y 90% de este ácido a expensas del ácido linoleico, lo que quiere decir que la mayor proporción de este ácido oleico implica una menor cantidad de ácido linoleico (Salas *et al.*, 2021).

A partir de ello se han informado otros mutantes de girasol con alto contenido de oleico, como el que porta la mutación denominada 29066 o NM1, el cual presentó una mayor estabilidad y una influencia reducida del fondo genético. Este mutante se vio poco afectado por factores ambientales y se demostró que la mutación era más efectiva para producir líneas con contenido oleico alto (Alberio *et al.*, 2018).

## **2.14. Análisis multivariado**

El análisis multivariado reúne métodos estadísticos que se enfocan en observar y procesar simultáneamente diferentes variables estadísticas para obtener información relevante. Las dos categorías principales de métodos de análisis estadísticos multivariantes son los denominados métodos descriptivos, por un lado, y los métodos explicativos por el otro.

### **2.14.1. Objetivo del análisis multivariado**

- Optimizar los datos o simplificar la estructura.
- Ordenar y agrupar.
- Investigar la relación de dependencia entre variables.
- Relación predictiva entre variables.
- Construcción y prueba de hipótesis

### 2.14.2. Tipos de análisis multivariado

- 1) Gráfico de matriz. El gráfico de matriz se utiliza para mostrar todos los pares de gráficos X-Y de un conjunto de variables cuantitativas. Es una excelente técnica para detectar pares de variables altamente correlacionadas, así como casos con valores atípicos.
- 2) Análisis de correlación. El proceso de análisis de correlación tiene como objetivo resumir dos o más columnas de datos numéricos. Calcula estadísticas resumidas para cada variable, así como la correlación y covarianza entre ambas.
- 3) Diagrama de araña. El diagrama de araña se utiliza para mostrar los valores de varias variables cuantitativas según la situación.
- 4) Análisis factorial. El análisis factorial produce una combinación lineal de múltiples variables cuantitativas, estas variables representan el mayor porcentaje de variación. Estos tipos de análisis son utilizados para reducir el alcance del problema con el fin de comprender mejor los factores que afectan estas variables.
- 5) Análisis de regresión logística. El análisis de regresión logística es una variante de regresión múltiple que permite predecir eventos y estudia la influencia de dos tipos de variables entre sí: variables dependientes y variables no dependientes. La primera es una variable explicativa, mientras que la segunda es una variable no explicativa.
- 6) Análisis de conglomerados. El análisis de conglomerados o grupos se refiere a un algoritmo que agrupa objetos similares en grupos. El análisis de conglomerados es un conjunto de grupos, donde cada uno es diferente entre sí y los objetos de cada grupo son muy similares entre sí.
- 7) Análisis discriminante lineal. El análisis discriminante lineal fue diseñado para ayudar a distinguir dos o más conjuntos de datos basados en un conjunto de variables cuantitativas. Esto se logra estableciendo una función discriminante o combinación lineal de variables.

- 8) Análisis de correspondencias. Esta técnica proporciona una reducción de la dimensionalidad de la pendiente del objeto en un conjunto de atributos, generando así un mapa de percepción de la pendiente. Sin embargo, la variable independiente y la variable dependiente se verifican al mismo tiempo.
- 9) Escalado multidimensional. El escalado multidimensional es una técnica que crea un mapa que muestra las posiciones relativas de varios objetos, con solo una tabla de las distancias entre ellos. El mapa puede constar de una, dos, tres o incluso más dimensiones y calcula la solución métrica o no métrica.
- 10) Correlación canónica. Es la más flexible de las técnicas multivariadas ya que asocia diversas variables dependientes e independientes al mismo tiempo. Esta poderosa técnica utiliza variables de medición independientes como ventas, nivel de satisfacción y nivel de uso. También puede utilizar variables categóricas no métricas (Milagros, 2021).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. 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" N, longitud de 101°02'20" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2023). La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco. A continuación en el Cuadro 2 se presentan las características del experimento.

**Cuadro 2.** Características del ensayo y parcela experimental.

Localidad	UAAAN
Primera fecha de siembra	26 de mayo de 2022
Segunda fecha de siembra	27 de mayo de 2022
Régimen hídrico	Riego por cintilla
Número de genotipos primera fecha de siembra	40
Número de genotipos segunda fecha de siembra	51
Número de surcos por parcela	1
Número de matas por metro	7
Longitud de surco primera fecha de siembra	5 m
Longitud de surco segunda fecha de siembra	2 m
Distancia entre surcos	0.60 m
Distancia entre matas (m)	0.14 m
Fertilización total	20-30-10, 20-20-20
Densidad de población	70,000 plantas por ha.

### 3.2. Material genético

El germoplasma utilizado consistió de 91 genotipos de girasol alto oleico establecidos en dos fechas de siembra (Cuadro 3 y 4), los cuales pertenecen al Programa de Producción de Granos y Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Cuadro 3.** Genotipos de girasol establecidos en la primera fecha de siembra.

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

**Cuadro 4.** Genotipos de girasol establecidos en la segunda fecha de siembra.

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		

### 3.3. Variables evaluadas

- **Días a floración (DF).** Se cuantificaron desde la siembra, hasta que las flores tenían el 50 por ciento de las flores abiertas.
- **Diámetro de tallo (DT).** Para medir el diámetro de tallo se utilizó un vernier, midiendo la parte intermedia de la planta, considerando tres plantas al azar por parcela experimental y expresando el promedio en mm.

- **Altura de planta (AP).** Esta variable se determinó utilizando 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.
- **Número de hojas totales (HT).** El conteo del número de hojas se realizó considerando tres plantas por parcela contabilizando el número de hojas desde la base de la planta hasta la parte basal del capítulo de girasol.
- **Numero de semillas por capítulo (NSP).** En la captura de esta variable se tomaron tres plantas por parcela realizando el conteo de semillas de cada una de las plantas de girasol separando grupos de 100 semillas, hasta obtener el número total por capítulo.
- **Rendimiento de grano por planta (REN).** Para esta variable 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.

### 3.4. Análisis estadístico

Se utilizaron dos análisis multivariados para analizar los datos obtenidos de 91 poblaciones de girasol alto oleico, para los cuales se consideraron 6 variables agronómicas y de componentes de rendimiento, los datos se analizaron con el paquete estadístico Minitab versión 16 (2009).

**Análisis de Conglomerado (AC).** Este análisis básicamente lo que realiza es una implementación del siguiente algoritmo:

1. Examina la matriz de datos original ( $n \times p$ ) conformada por  $n$  genotipos y  $p$  variables.
2. Estandariza la matriz de datos originales ( $n \times p$ ) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1.

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

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.

$\sigma$  = Es la desviación estándar de la variable original.

3. Estima la distancia euclidiana en base a la matriz de datos estandarizados para el par de poblaciones  $(i, j)$  con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^P (X_{ik} - X_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

$E_{ij}$  = es la distancia entre la población  $i$  y la población  $j$ .

$X_{ik}$  = es el valor de la  $k$ -ésima variable sobre la  $i$ -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclidiana en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas y agrupa el par de poblaciones  $(i, j)$  que son más similares y las une en un nuevo grupo; (Johnson, 2000) utilizando el procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior.
5. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidiana para reflejar la supresión del par de poblaciones,  $i$  y  $j$ , que fueron unidas, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo, hasta que las  $n$  poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el dendograma.

### Prueba *t de student*

La prueba *t de student* se utilizó para comparar estadísticamente medias de las variables analizadas en dos fechas de siembra independientes y se calcula de la siguiente manera (Condo y Pazmiño, 2015):

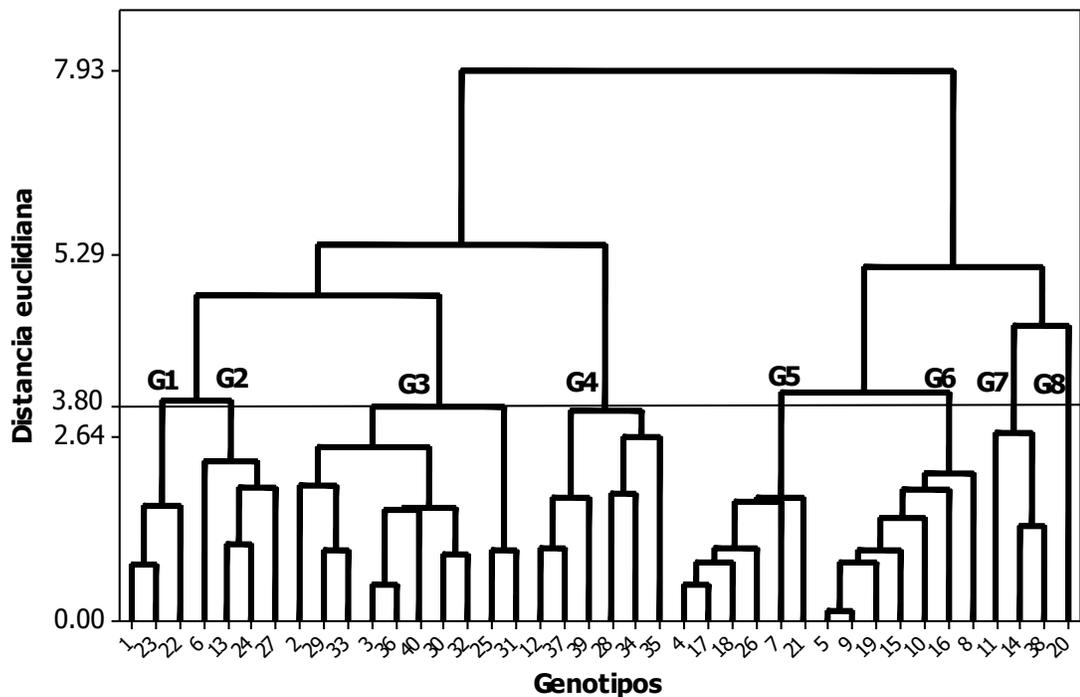
$$t_c = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

El valor de la *t<sub>c</sub>* se contrasta con el valor crítico o tabular al nivel de significancia ( $P < 0.05$  o  $P < 0.01$ ) de acuerdo a los grados de libertad  $gl = (n_1 + n_2) - 2$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de conglomerados primera fecha de siembra

En el análisis multivariado se evaluaron 40 genotipos de girasol alto oleico (*Helianthus annuus*) que corresponden a la primera fecha de siembra, el cual incluye seis variables cuantitativas: DF, AP, DT, NH, NS y REN. Las variables se analizaron utilizando la distancia euclidiana que es apropiada para variables cuantitativas, mediante este análisis se obtuvo el dendograma que se muestra en la Figura 3. En el cual se formaron ocho grupos de interés (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 3.** Dendograma del análisis de conglomerados de 40 genotipos de girasol alto oleico evaluados en la primera fecha de siembra.

En el Cuadro 5 se muestran las ocho agrupaciones de los genotipos que se obtuvieron del análisis de conglomerados con las 6 variables evaluadas. En el cual destaca el G4 que presenta el mayor REN (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y de NS (1735 semillas), además 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 un promedio de 1351 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 (Cuadro 5).

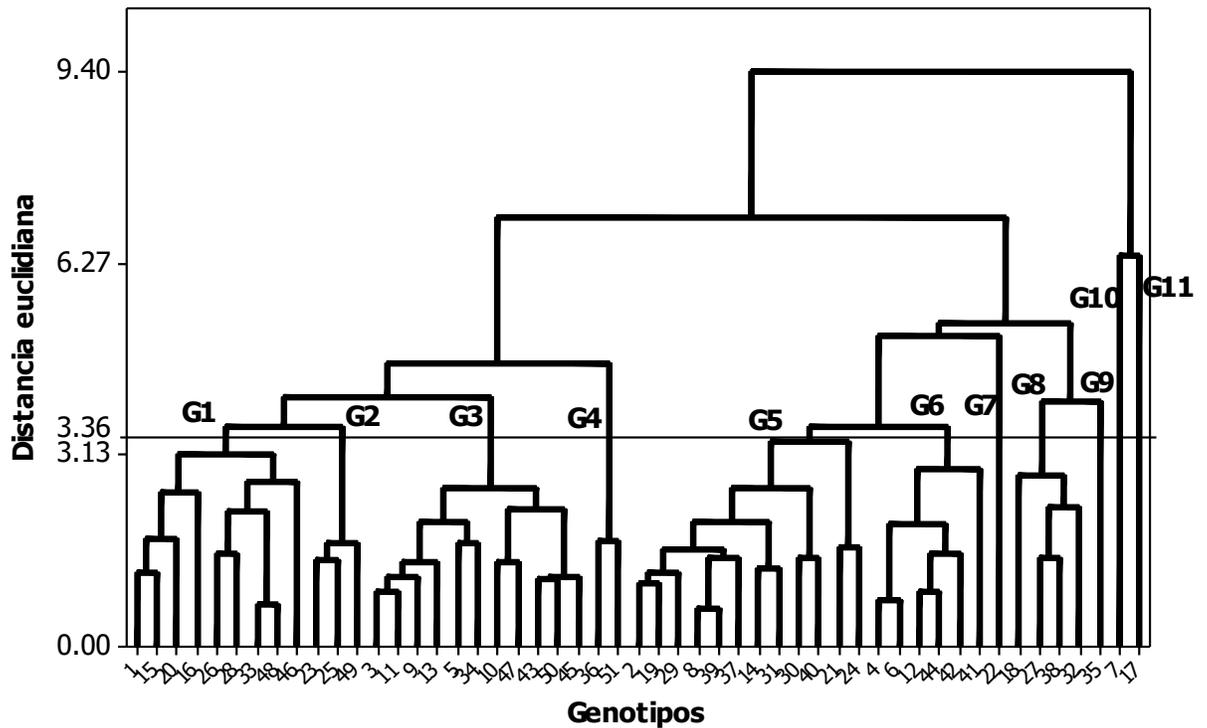
**Cuadro 5.** Promedios obtenidos de grupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados de la primera fecha de siembra.

Grupo	Genotipos	DF días	AP cm	DT mm	NH no.	NS no	REN 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, 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.

#### 4.2. Análisis de conglomerados segunda fecha de siembra

En el análisis de conglomerados de 51 genotipos de girasol alto oleico (*Helianthus annuus*) que se evaluaron en la segunda fecha de siembra se incluyeron las siguientes variables: DF, AP, DT, NH, NS y REN. Las cuales se analizaron utilizando la distancia euclidiana, mediante este análisis se obtuvo el dendograma que se muestra en la Figura 5. En el cual se formaron 11 grupos 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.



**Figura 4.** Dendrograma del análisis de conglomerados de 51 genotipos de girasol alto oleico evaluados en la segunda fecha de siembra.

Como se muestra el Cuadro 6 se presentaron grupos de genotipos que superan en rendimiento a los obtenidos en la primera fecha de siembra, como es el G7 (195.43 g pl<sup>-1</sup>) el que cual también destaca por su número semillas (NS= 2259). Cuando se utilizan bajas densidades de siembra, cada planta aumenta el número de semillas y el peso de los mismos, y por lo que, permite compensar el rendimiento por unidad de superficie dentro de un rango (Andrade y Sadras, 2000), siendo las variables diámetro de tallo (DT=33.87 mm) y número de hojas (NH=30), las que aportaron una mayor translocación de fotosintatos a la semilla (Lakitan, 2007). El presentar mayor grosor del tallo, facilita el proceso de transporte de los nutrientes hacia toda la planta (Prasetyo *et al.*, 2019). Este grupo (G7) fue el más precoz de la segunda fecha de siembra con (DF=63 días). Otro grupo que destaca por su rendimiento promedio (REN= 155.53 g pl<sup>-1</sup>) y alto número de semillas (NS=1979.5)

fue el G8, aunque fue más tardío que el grupo anterior (DF= 73 días). En contraste, el G4 presentó un bajo rendimiento (REN = 49.18 g pl<sup>-1</sup>) y el menor número de semillas (NS= 608.50) siendo esta variable la que influyó en la reducción de su rendimiento.

**Cuadro 6.** Promedios obtenidos de grupos de genotipos de girasol alto oleico mediante el análisis de conglomerados de la segunda fecha de siembra.

Grupo	Genotipos	DF días	AP cm	DT mm	NH no.	NS no	REN g pl <sup>-1</sup>
G1	1,15,20,16,26,28,33, 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, 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, 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.

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

Con la prueba *t de student* se puede determinar diferencias entre las medias de dos muestras independientes (Sánchez-Turcios, 2015). Aplicando la prueba con los datos obtenidos de la media general en las variables evaluadas en las dos fechas de siembra, ver Apéndice Cuadro 1 y 2, se obtuvieron los siguientes resultados, para las variables DF, AP y NH se encontraron diferencias significativas entre las medias generales de ambas fechas de siembra (Cuadro 7) indicando que la *t* calculada es mayor que la *t de student* al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad. A su vez, no se encontraron diferencias significativas entre las medias generales para las variables: DT, NS y REN, observando que la *t* calculada (*t<sub>c</sub>*) es menor que la *t de student* a un nivel del 5% de probabilidad.

**Cuadro 7.** Prueba *t* de *student* e intervalo de confianza para comparar medias de dos fechas de siembra en 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.	<i>t-stud</i> <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 primera fecha y segunda fecha de siembra respectivamente; <sup>2</sup>*t-stud*= *t-student* al nivel del 5% de probabilidad, de acuerdo a los grados de libertad  $gl = (n_1 + n_2) - 2$ .

En el Cuadro 8 se observa que la segunda fecha de siembra es superior a la primera fecha con respecto a la media general en las variables DF, AP y NH. Para la variable REN aunque no se presentaron diferencias significativas entre las fechas de siembra se observaron genotipos con mayor potencial de rendimiento para la segunda fecha.

**Cuadro 8.** Promedios de variables evaluadas de girasol alto oleico en dos fechas de siembra: primera fecha (40 genotipos) y segunda fecha (51 genotipos).

Tratamientos	DF días	AP cm	DT mm	NH No.	NS No.	REN g pl <sup>-1</sup>
Segunda fecha	69.6 a	173.9 a	26.5 a	28.5 a	1291.8 a	106.3 a
Primera fecha	66.6 b	146.0 b	25.1 a	25.3 b	1307.2 a	98.6 a

DF= días a floración, AP= altura de planta, DT= diámetro de tallo, NH= número de hojas, NS= número de semillas y REN= rendimiento; Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de *t-student* 0.05)

## V. CONCLUSIONES

De la información obtenida en la presente investigación se concluye que las poblaciones de girasol alto oleico evaluadas, presentaron características agronómicas sobresalientes, tales como rendimiento y precocidad.

En la primera fecha de siembra, los genotipos que conforman los grupos G4 (142.41 g pl<sup>-1</sup>) y G1 (132.08 g pl<sup>-1</sup>) presentaron el mejor rendimiento, para esta fecha, además los genotipos del G1 resultaron ser los más precoces (DF=60.33 días).

Los genotipos que mostraron un alto potencial de rendimiento de la segunda fecha de siembra, fueron los que conformaron los grupos 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 para esta fecha de siembra (DF=63 días).

En cuanto a la prueba *t de student* demostró que en la segunda fecha de siembra fue estadísticamente superior en las variables de días a floración, altura de planta y número de hojas con relación a la primera fecha.

Los grupos de genotipos de girasol alto oleico de la primera y segunda fecha de siembra, que sobresalen en el experimento por su alto potencial de rendimiento, se pueden considerar para su siembra experimental en próximos ciclos agrícolas para continuar con su proceso de selección en la región sureste de Coahuila.

## VI. LITERATURA CITADA

- Adeleke, B.S., Babalola O.O. (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci Nutr.*, 8, 4666-4684. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>
- Alberio C., Aguirrezábal L. A., Izquierdo N. G., Reid R., Zuil S., Zambelli A. (2018). Effect of genetic background on the stability of sunflower fatty acid composition in different high oleic mutations. *J Sci Food Agric*, 98, 4074–4084. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.8924>
- Alberio, C., Izquierdo N.G. ,Aguirrezábal L.A.N. (2015). Fisiología y Agronomía del Cultivo del cultivo de Girasol. *Science Direct*, 53-91. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-94-3.50009-X>
- Andrade, F., & Sadras, V. (2000). Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP, 89-193.
- Andrew, R. L., Kane, N. C., Baute, G. J., Grassa, C. J. & Rieseberg, L. H. (2013). Recent non hybrid origin of sunflower ecotypes in a novel habitat. *Mol Ecol.* *Mol Ecol*, 22(3): 799-813.
- Aragadvay, Y. R. G., A. A. Rayas A., D. Heredia N., J. G. Estrada F., F. E. Martínez C. & C. M. Arriaga J. (2015). Evaluación in vitro del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuaria*, 6(3), 315-327.
- Arenas, J. Y., Escalante E. J., Aguilar C. C., Rodriguez G. M., y Sosa M. E. (2021). Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y

biofertilizante. *Biotecnia*, 23 (1), 45–51.  
doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1284>

Azarín, K., Usatov, A. , Kasianova, A. , Makarenko, M. , Gavrílova, V. . (2023). Origin of CMS-PET1 cytotype in cultivated sunflower: A new insight. *Gene* (888). doi:<https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147801>

Bockisch M. (2015). *Fats and oils handbook*. Cambridge, Massachusetts: Academic Press and AOCS Press. doi:ISBN 9780981893600.

CAA . (2013). *Alimentos Grasos Aceites Alimenticios*. Código Alimentario Argentino, Capítulo VII, Artículos 520 al 552. Obtenido de [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO\\_VII.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_VII.pdf).

Condo, L. A., & Pazmiño, J. M. (2015). *Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias*. Riobamba, Ecuador: ESPOCH, 1.a ed., Vol. 3.

Crossa, J. T. (1994). Practical considerations for maintaining germplasm in maize. *TheorApplGenet*, 89: 89-95.

Dos-Santos, J.B., Marengo, C.R., Vieira, C.A., Raj, H., Soares, G. & De-Lira, V.M. (2017). Crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada. *Agrociencia*, 51(6), 649-660.

Esquivel, M. G. T., Andueza-Noh, R. H. (2020). Una mirada al sol: *Helianthus annuus* y su belleza ornamental. Desde El Herbario CICY, 12, 128–132. Obtenido de [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/2020](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2020)

Fernández, L.F., López, V.F., Miranda, A.M., Rosas, M.M., Pariona, N., y Espinoza, Z. R. (2014). *An Introduction to the Sunflower Crop*.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). *Cultivos y productos de ganadería*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

- Grompone M. A. (2020). Sunflower and High-Oleic Sunflower Oils: in, Edible Oil and Fat Products: Edible Oils. 1-54. doi: <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio017.pub2>
- Johnson, E.D. . (2000). Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. New York, U.S.A.: Internacional Thompson Editores.
- Kallamadi P.R., Yadav P., Dandu K., Soni P. K. ,Sankaraneni C. R., Bharadwaja K. P. y Mulpuri S. (2022). Respuestas de defensa del huésped durante la infección por mildiú polvoriento ( *Golovinomyces latisporus* comb. nov.) en girasol ( *Helianthus annuus* L.). tropo. patógeno vegetal, 47, 495–508. doi:<https://doi.org/10.1007/s40858-022-00501-4>
- Lakitan, B. (2007) Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada), 205.
- Martín G. A., Recio R. C. y Molinero R. L. (2016). Guía de gestión integrada de plagas en girasol. España: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Martín P. M, Márquez R. G., Dobarganes, M. C. (2004). Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. J Am Oil Chem Soc, 81, 577–583.
- Martínez F. E., Dunford N. T., Salas J. J. (2015). Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization. Urbana (USA): AOCS Press, 227–258. .
- Martinsyah R.H, Satria B y S.P. Hasibuan. (2023). The growth and yield of five genotypes of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the lowland of West Sumatra, Indonesia. Earth Environ. Sci, 1160, 1-4. doi:[doi:doi:10.1088/1755-1315/1160/1/01201](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/01201)

- Mendoza, M. E. (2017). Viabilidad de polen en una línea de girasol cultivado, en el girasol silvestre (*Helianthus annuus* L. ssp. *texanus* Heiser) y en su descendencia híbrida. , 57(76), 47–59. *Acta Botanica Mexicana*, 57(76), 47-59.
- Miladinović D., Hladni N., Radanović A., Jocić S., Cvejić S. (2019). Sunflower and climate change: Possibilities of adaptation through breeding and genomic selection,” in Genomic designing of climate-smart oilseed crops. *Ed. Kole C.* (Cham: Springer International Publishing; ), 173-238. doi:10.1007/978-3-319-93536-2\_4
- Milagros G. (2021). *Crehana*. Obtenido de ¿Qué es el análisis multivariado? Aprende a dominar datos y variables. Fecha de consulta, Noviembre 2023. Obtenido de: <https://www.crehana.com/blog/desarrollo-web/analisis-multivariado/>
- Nunes A. A., Guedes de Souza, F., Garófalo Chaves, L. H., Alves de Sousa, J., & Feitosa-de-Vasconcelos, A. C. (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. doi:<https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.6938>
- Palacio R. S. A., Agudelo E. B. (2020). Desarrollo del girasol (*Helianthus annuus* L.) con aplicación de codornaza bajo distintas láminas de riego. *Ciencia y Agricultura*, 17(1), 3-17. doi:<https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n1.2020.10>
- 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* (Basel, Switzerland), 10 (11), 2487. doi:<https://doi.org/10.3390/plants10112487>
- Pioneer. (2013). Fases de desarrollo del cultivo de Girasol y los factores determinantes del rendimiento. Fecha de consulta, Diciembre 2022. Obtenido de [https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Girasol\\_boletin.pdf](https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Girasol_boletin.pdf)

- Prasetyo J., Mukaromah S. L., and Argo B. D. (2019) J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 7 (2): 185-192
- Rivero A.A., y Grillo R.V.H. (2020). Un enfoque agroecológico para el control de la polilla del girasol. *Centro Agrícola*, 47, 5-9. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci>
- Rodríguez G. E., Ramírez S. C., Güitrón L. M. M., Palmeros S. P. A., y Ángeles E. A. (2020). Cultivo de anteras e inducción de callo haploide en germoplasma bc3. *Acta Universitaria*, 30, 1-15. doi:<http://doi.org/10.15174.au.2020.2765>
- Rodríguez O. A., Martínez M. B., Escamilla F. G., Gómez M. R., & Barrón Y. R. (2017). Evaluación de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en régimen de temporal en el Valle del Mezquital, Hidalgo. pp-61. Obtenido de <https://upfim.edu.mx>
- Rosbaco, I. (2005). Desarrollo de girasoles alto y medio oleico en Argentina. Facultad de Ciencias Agronómicas. *UNR*, 1-2. Obtenido de: <https://rephip.unr.edu.ar>
- Salas J. J, Bootello M. A, Martínez F. E., Venegas C. M. y Garcés R. (2021). Aceite de girasol alto esteárico: Últimos avances y aplicaciones. *OCL* , 28: 35.
- Sandbakkenm A. (2012). Historia del girasol. Fecha de consulta, noviembre 2023. Obtenido de: <https://www.sunflowernsa.com/spanish/historia-del-girasol/>
- Schneiter, A.A., y J.F. Miller. (1981). Description of Sunflower Growth Stages. *Crop Sci*, 21, 901-903.
- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera). (2022). Producción agrícola de cultivos cíclicos y perennes. Fecha de consulta, noviembre 2023. Obtenido de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Soldatov K. I. . (1976). Mutagénesis química en el mejoramiento del girasol. Proc 7.º Conf. Girasol Internacional, 352–357.

- STATISTA (Statistics and facts on Agriculture). (Octubre de 2023). Volumen de producción de semilla de girasol, principales países productores en 2021/2022. Fecha de consulta, septiembre 2023. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/263928/production-of-sunflower-seed-since-2000-by-major-countries/>
- USDA (United States Department of Agriculture). (2023). Oilseeds: World market and trade. Fecha de consulta, noviembre 2023. Obtenido de : <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>
- Vasquez B. (2021). Evaluación del comportamiento fenotípico y agronómico de ocho variedades de girasol. (Trabajo de titulación), Universidad Técnica de Machala (Ecuador). Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec>
- Zoumpoulakis P., Sinanoglou V.J., 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. doi: 10.3390/antiox6030046.

## VII. APENDICE

**Cuadro 1.** Datos obtenidos de las variables evaluadas de la primera fecha de siembra de girasol alto oleico en el Campo Experimental UAAAN Ciclo P-V, 2022.

No. G.	DF <sub>1</sub>	AP <sub>1</sub>	DT <sub>1</sub>	NH <sub>1</sub>	NS <sub>1</sub>	REN <sub>1</sub>
1	62	164.50	29.41	29	1241	130.28
2	73	148.20	27.12	27	1497	111.83
3	73	166.30	21.30	25	1373	107.47
4	62	135.30	22.61	24	1571	111.69
5	62	129.60	21.78	24	1220	90.49
6	62	168.10	29.64	27	989	58.99
7	64	141.70	22.32	22	1743	121.14
8	62	101.50	19.60	21	1024	76.70
9	62	128.80	21.22	24	1218	91.48
10	62	139.00	22.23	22	912	70.80
11	73	158.10	21.77	29	900	60.04
12	73	175.20	30.04	29	1442	116.75
13	62	155.40	26.79	25	1380	110.72
14	73	135.00	18.26	24	617	29.34
15	62	120.90	21.59	22	1195	73.09
16	64	121.70	24.18	23	1399	51.10
17	62	126.30	23.32	24	1554	105.04
18	64	119.90	22.78	24	1579	114.28
19	62	116.00	22.31	24	1047	88.37
20	73	101.00	13.45	22	717	45.95
21	56	128.80	21.61	22	1601	110.15
22	57	147.20	33.39	29	1454	129.52
23	62	172.30	31.62	30	1358	136.43
24	62	147.70	27.49	27	1147	118.25
25	73	149.60	29.51	24	867	60.35
26	62	127.50	26.29	24	1426	108.21
27	62	145.70	21.80	28	1097	90.04
28	69	155.70	27.55	24	1819	145.73
29	69	173.40	22.79	28	1271	94.88
30	69	149.00	25.62	25	1529	92.30
31	69	153.50	32.00	24	942	70.91
32	69	161.20	25.22	23	1468	86.89
33	71	179.70	23.61	26	1265	111.67
34	73	145.50	33.63	26	1916	134.18
35	73	153.90	29.41	30	1948	183.60
36	73	164.20	22.20	24	1476	108.30

37	69	169.20	31.92	30	1409	128.01
38	69	129.70	23.01	24	552	39.98
39	73	178.30	31.95	31	1879	146.18
40	73	155.50	24.33	22	1247	83.34
Promedio	66.63	146.00	25.17	25.30	1307.23	98.61

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 primera fecha de siembra.

**Cuadro 2.** Datos obtenidos de las variables evaluadas de la segunda fecha de siembra de girasol alto oleico en el Campo Experimental UAAAN Ciclo P-V, 2022.

No. G.	DF <sub>2</sub>	AP <sub>2</sub>	DT <sub>2</sub>	NH <sub>2</sub>	NS <sub>2</sub>	REN <sub>2</sub>
1	68	184.00	25.98	27	1247	95.07
2	68	197.00	29.57	30	1766	131.26
3	70	157.50	24.06	28	1196	79.31
4	70	165.30	28.26	28	1435	104.94
5	70	134.40	23.95	26	1271	109.55
6	68	169.30	29.84	28	1398	118.04
7	94	153.60	21.52	27	845	77.08
8	72	175.80	30.33	30	1403	131.81
9	68	150.90	21.44	28	1092	99.69
10	63	168.70	23.73	28	1594	119.15
11	70	162.70	23.81	28	1117	106.39
12	70	190.50	28.16	30	1263	105.47
13	68	165.90	22.90	26	1285	90.77
14	68	208.50	28.71	30	1202	120.64
15	68	200.70	25.75	28	942	88.58
16	68	199.50	20.91	26	1007	90.45
17	73	78.30	28.61	26	1513	116.26
18	70	202.60	22.60	26	2327	130.61
19	68	182.40	28.78	30	1567	112.62
20	68	181.80	24.21	30	1359	77.07
21	72	195.60	33.27	32	1174	125.66
22	63	177.10	33.87	30	2259	195.43
23	72	188.20	29.90	26	723	66.52
24	73	188.90	33.63	30	1041	87.77
25	68	169.50	28.27	27	823	70.93
26	63	153.50	22.69	28	908	84.48
27	73	190.60	27.53	28	1847	184.48
28	63	170.20	25.28	28	768	51.07
29	68	181.30	32.34	30	1570	120.61
30	73	188.80	24.88	29	1850	105.61
31	70	197.00	29.54	28	1242	133.85

32	78	197.90	25.96	26	1926	155.06
33	68	163.20	21.95	26	759	60.78
34	73	155.40	25.36	28	1438	125.05
35	70	210.30	21.76	32	1393	131.76
36	68	177.50	26.50	32	585	35.20
37	68	183.30	28.85	30	1594	161.15
38	72	173.80	25.67	29	1818	151.97
39	72	179.70	31.08	30	1594	140.54
40	72	189.70	29.35	28	1724	117.85
41	68	132.50	27.88	32	1301	113.55
42	68	172.70	31.75	31	1174	93.57
43	68	152.40	26.50	30	1115	103.14
44	68	189.60	29.20	30	1159	82.95
45	70	150.50	24.21	30	1327	123.26
46	63	158.50	28.16	25	1248	84.93
47	68	169.80	21.37	28	1384	117.54
48	70	151.80	22.22	26	803	61.88
49	70	174.30	26.76	24	668	65.35
50	70	171.30	24.63	30	1207	104.78
51	68	187.40	21.46	32	632	63.16
Promedio	69.65	173.95	26.57	28.53	1291.82	106.37

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= 2 segunda fecha de siembra.