

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Producción de Semilla de Girasol (*Helianthus annuus*) Alto Oleico  
en la Región Sureste de Coahuila

Por:

**LAURA KARINA CORONADO MATA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de Semilla de Girasol (*Helianthus annuus*) Alto Oleico  
en la Región Sureste de Coahuila

Por:

**LAURA KARINA CORONADO MATA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

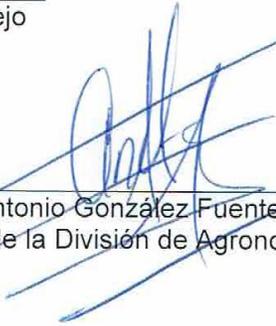
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Antonio Flores Naveda  
Asesor Principal

  
Dr. Neymar Camposeco Montejo  
Coasesor

  
Dr. Arturo Mancera Rico  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2019.

## DEDICATORIA

### A DIOS

*Por bendecirme en todo momento y por acompañarme a lo largo de mi vida, por poner en mi camino a personas buenas con las cuales puedo contar en todo momento.*

### A MIS PADRES

*Gracias por ser los pilares de mi vida, por la educación y los valores que me inculcaron por hacer de mí la mujer que soy hoy en día.*

*Sra. Antonia Mata Martínez, Gracias mamá por tu amor y paciencia, por tu apoyo incondicional y tus consejos en momentos difíciles, por mantener la fe en mí, y sobre todo por ser parte importante en la vida de Valeria, te amo.*

*Sr. Luis Manuel Coronado Gutiérrez, a ti papá gracias por inculcar en mí que con perseverancia y esfuerzo todo es posible, gracias por tu apoyo y por tu confianza depositada a lo largo de este trayecto, te amo.*

### A MI HIJA

*Valeria Danna L. Coronado, mi niña este logro es tanto mío como tuyo, eres mi razón y fuerza para afrontar lo pesado de la vida, eres una niña muy valiente e inteligente, no tengo como agradecer tu paciencia durante este trayecto el cual fue duro para ambas, gracias por creer siempre en tu mamá, te amo infinitamente mi princesa, hoy con mucha felicidad te digo ¡LO LOGRAMOS!*

### A MIS HERMANOS

*Johanna Lizbeth Coronado Mata, mi niña gracias por tu apoyo incondicional, por darme ánimos en mis momentos más vulnerables, te amo Gor.*

*Luis Manuel Coronado Mata, a ti hermano mi futuro colega, por ser mi apoyo incondicional en todo momento y creer en mí, por cuidarme y estar a mi lado desde siempre, te amo.*

## **A MIS ABUELITOS**

*Sra. Juana Ma. Gutiérrez Pérez, por el apoyo, el cariño y los grandes consejos en cada momento, la quiero mucho.*

*Sr. Sabas Mata Gonzales, mi campesino a quien le debo el amor al campo, eres mi ejemplo a seguir te amo y admiro mucho. Hoy con mucho orgullo te digo, lo logre...*

## **A MI NOVIO**

*Ing. Ulises Cortes Castro, con quien comparto la dicha de ser orgullosamente buitres, gracias por estar conmigo a lo largo de este camino, por todos y cada uno de tus consejos, por creer siempre en mí, gracias por ser parte de este logro.*

## **A MI FAMILIA**

*Siempre demostraron su apoyo a pesar de los kilómetros que nos separan. Por sus ánimos y nunca dejar de creer en mí.*

*A mis primas: Jazmín Ledezma, Nohemí Ledezma y Abigail Anguiano quienes siempre tuvieron buenos consejos en momentos cruciales de mi formación.*

*A mi tía Amparo Guadalupe Coronado, gracias por tus consejos y el apoyo brindado en todo momento.*

*A mis amigas Daniela Reséndiz, María Josefina Segura y Edna Estala por su apoyo incondicional.*

*A todos y cada uno de los antes mencionados, gracias por ser parte de este gran logro.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi ALMA TERRA MATER a quien llevaré siempre en mi corazón.*

*Gracias por ser mi hogar a lo largo de estos 4 años y medio, por todos y cada uno de los conocimientos adquiridos, gracias por darme la oportunidad de ser orgullosamente buitre.*

*Al Dr. Antonio Flores Naveda por confiar en mí para ser parte de este proyecto, por todas y cada una de las enseñanzas impartidas durante mi formación. Sin usted este proyecto no sería una realidad, gracias por el apoyo brindado en todo momento.*

*Al Dr. Arturo Mancera Rico por su apoyo brindado en este proyecto por su tiempo, consejos y recomendaciones para lograr este trabajo.*

*Al Dr. Neymar Camposeco Montejo quien fue un gran colaborador en este proyecto, gracias por su paciencia y consejos.*

*Al Ing. Raúl Gándara, gracias por apoyarme en este proyecto, así como todos los conocimientos compartidos durante mi formación profesional.*

### A MIS AMIGOS

*Por todos los momentos compartidos, los cuales se quedan siempre en mi corazón, por sus consejos en los momentos difíciles, su paciencia y su apoyo incondicional. Ing. Luz Ramírez López, Yaneth Pacheco, Misael Martínez, Ronaldo Villasana, Rubén Villasana, Uriel Méndez, Ricky Alfaro, Mario España, Antonio López, Febe Verdugo, Ing. Mirna Sánchez, Lic. Felicito Díaz, Lic. Isai López e Ing. Rubén Lecona.*

## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	X
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
Objetivo general .....	2
Objetivo específico .....	2
HIPÓTESIS .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
1. Generalidades .....	4
2. Producción mundial de girasol .....	5
3. Producción nacional .....	6
4. Red del cultivo de girasol .....	7
5. Clasificación taxonómica .....	9
6. Morfología de la planta .....	9
7. Regla para la certificación de semillas SNICS .....	13
8. Nutrición .....	18
9. Principales plagas .....	21
10. Principales enfermedades .....	22
11. Cosecha .....	23
12. Valor agregado del cultivo .....	23
MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
13. Localización del experimento .....	25
14. Desarrollo del experimento .....	25
15. Preparación del terreno .....	25
16. Riego por goteo .....	25

17. Tratamiento químico a la semilla .....	25
18. Fecha de siembra.....	26
19. Fertilización .....	26
20. Control de plagas y enfermedades.....	26
21. Control de malezas .....	26
22. Diseño experimental.....	27
23. Variables evaluadas .....	28
24. Altura de planta .....	28
25. Diámetro de tallo .....	28
26. Número de hojas totales.....	28
27. Rendimiento de grano por planta .....	28
28. Numero de semillas por capítulo .....	28
29. Análisis estadístico .....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
30. Altura de planta .....	32
31. Diámetro de tallo .....	33
32. Número de hojas totales.....	33
33. Rendimiento de grano por planta .....	35
34. Número de semillas por capítulo .....	36
CONCLUSIONES .....	37
LITERATURA CITADA.....	38

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Estadísticas nacionales de la producción de girasol.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Etapas de crecimiento y desarrollo del girasol. ....	11
<b>Cuadro 3.</b> Descripción de las etapas fenológicas del cultivo de girasol. ....	12
<b>Cuadro 4.</b> Distancia mínima de aislamiento de acuerdo a cada categoría, respecto a tres tipos de <i>Helianthus annuus</i> . ....	13
<b>Cuadro 5.</b> Consideraciones en 2 000 plantas del híbrido y/o variedad. ....	14
<b>Cuadro 6.</b> Tolerancias de plantas de otras especies.....	15
<b>Cuadro 7.</b> Consideraciones en 2 000 plantas del híbrido y/o variedad. ....	15
<b>Cuadro 8.</b> Estándares para las diferentes categorías. ....	16
<b>Cuadro 9.</b> Tratamientos utilizados en la investigación. ....	27
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza de variables agronómicas en selecciones de plantas de girasol evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en Campo Experimental, Buenavista UAAAN. ....	30
<b>Cuadro 11.</b> Comparación de medias para variables agronómicas en selecciones de plantas de girasol evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en Campo Experimental, Buenavista UAAAN. ....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principales países productores de semilla de girasol 2018-2019.....	6
<b>Figura 2.</b> Comparación de medias, para la variable altura de planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 .....	32
<b>Figura 3.</b> Comparación de medias, para la variable diámetro de tallo en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019. ....	33
<b>Figura 4.</b> Comparación de medias, para la variable número de hojas por planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 .....	34
<b>Figura 5.</b> Comparación de medias, para la variable rendimiento de grano por planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019. ....	35
<b>Figura 6.</b> Comparación de medias, para la variable número de semillas por capítulo en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 .....	36

## RESUMEN

### Producción de Semilla de Girasol (*Helianthus annuus*) Alto Oleico en la Región Sureste de Coahuila

El girasol (*Helianthus annuus* L.) pertenece a la familia de las asteráceas, es una planta anual originaria del continente americano, específicamente de la parte centro y norte de México, parte sur y oeste de los Estados Unidos de América. El girasol es un cultivo con un importante contenido de aceite en la semilla (entre 35 y 45%) aproximadamente. Además, posee una alta calidad nutricional por su contenido rico en ácidos grasos no saturados (85-90%). El objetivo de este proyecto fue la caracterización de 10 selecciones de un genotipo 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. Las variables evaluadas fueron, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas totales, rendimiento de grano por planta y número de semillas por planta. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 30 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza, para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos en las variables evaluadas. Posteriormente, se realizó un análisis de comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los resultados de este estudio, no mostraron diferencia significativa entre tratamientos para las variables diámetro de tallo, rendimiento de grano por planta y número de semillas por planta, en contraste con las variables altura de planta y número de hojas, en las cuales se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Las selecciones que presentaron mejor adaptabilidad y alto potencial de rendimiento, serán utilizadas para futuras investigaciones, encaminadas a la producción de semilla de girasol alto oleico.

**Palabras claves:** Girasol, genotipo, alto oleico, rendimiento de grano.

## INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) forma parte de la familia de las Asteráceas. Andrew *et al.*, (2013) mencionan que el género *Helianthus* está conformado por 65 especies diferentes. Su nombre *Helianthus* es derivado de *helios* (sol) y *anthos* (flor), es una planta anual originaria del continente americano, específicamente de la parte centro y norte de México, parte sur y oeste de los Estados Unidos de América, aunque también se encuentra en Canadá, Ecuador, Colombia y Perú, donde aún es posible encontrarlo en forma silvestre.

Se cree que los españoles conocieron el girasol en México y Perú, durante la época de la conquista. Los ingleses y franceses, por su parte, lo recolectaron en América del Norte, donde lo llevaron a sus respectivos países. Inicialmente, el girasol fue cultivado en Europa como flor ornamental y, en 1812 se reportaron sus primeros usos con fines industriales en la producción de aceite.

En la actualidad el girasol se cultiva en casi todo el mundo, principalmente en países de clima templado como Argentina, Rumania y Rusia; aunque también es un cultivo importante en los Estados Unidos de América y Francia, donde se ha reportado la mayor producción y los mayores rendimientos, producto del desarrollo alcanzado en la tecnología para su cultivo. En las estadísticas mundiales, el girasol se encuentra entre el grupo de las oleaginosas de ciclo corto, así como, en segundo lugar, como fuente de materia prima para la producción de aceites vegetales comestibles, después de la soya, superando así al cacahuate, algodón, colza, olivo y el ajonjolí (Voinea, 1976).

El girasol es un cultivo con un importante contenido de aceite en la semilla (entre 35 y 45%) aproximadamente; además, posee una calidad nutricional alta por su contenido en ácidos grasos no saturados (85-90%). Debido a estas características, el girasol es muy apreciado por la industria aceitera y tiene buena aceptación en el mercado (García, 1977; Garza y Azpiroz, 1990).

El girasol es usado como fuente de proteína, el cual cuenta con un contenido proteínico entre el 10 y 27%; no obstante, es fuente de energía útil para la alimentación humana y animal (Salgado, 2009), también se utiliza como planta de ornato y recientemente en la industria de los biocombustibles a nivel mundial.

Además, las semillas de girasol aportan nutrientes esenciales para cubrir las necesidades del organismo del ganado bovino, ya que hace aportaciones interesantes de potasio que regula el equilibrio y la distribución del agua; calcio y fósforo que intervienen en la formación del tejido óseo; su aceite contiene grasas de buena calidad las cuales se deben a su origen vegetal (ASAGIR, 2002).

En base a los contenidos de proteína, aceite y fibra, este cultivo es considerado como una excelente fuente de nutrientes para diferentes especies de ganado. El maíz y el girasol, son una fuente de mayor importancia en la alimentación del ganado tanto en verde como ensilado (Gómez *et al.*, 2011).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Caracterizar selecciones de un genotipo de girasol alto oleico, en la región sureste de Coahuila.

### **Objetivo específico**

Evaluar el comportamiento agronómico y el potencial de rendimiento de selecciones de girasol alto oleico en la región sureste de Coahuila.

## **HIPÓTESIS**

H1. Al menos una de las selecciones 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 selecciones de girasol, presentará capacidad de adaptación al medio ambiente evaluado y un potencial de rendimiento de grano, para la región sureste de Coahuila.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

Desde el punto de vista general, el girasol es una planta anual que posee una gran inflorescencia y su nombre viene de la imagen y forma de la flor, tiene un tallo áspero y vellosos, hojas anchas y cabeza circular (Khaleghizadeh, 2011). Las inflorescencias están formadas por pequeñas flores individuales, las cuales al madurar forman las semillas en una base de receptáculo llamado capitulo (Seghatoleslami *et al.*, 2012).

La semilla de girasol contiene nutrientes de gran importancia, los cuales ayudan a cubrir las necesidades del organismo tales como: calcio y fósforo que participan en la formación del tejido óseo; potasio encargado de regular el equilibrio y distribución del agua y el aceite está compuesto por grasas buenas, debido a su origen vegetal (Castillo, 2015).

### Parámetros clave para la producción de girasol

Según la FAO (2010), existen algunos parámetros clave para una producción óptima del girasol, a continuación, se mencionan:

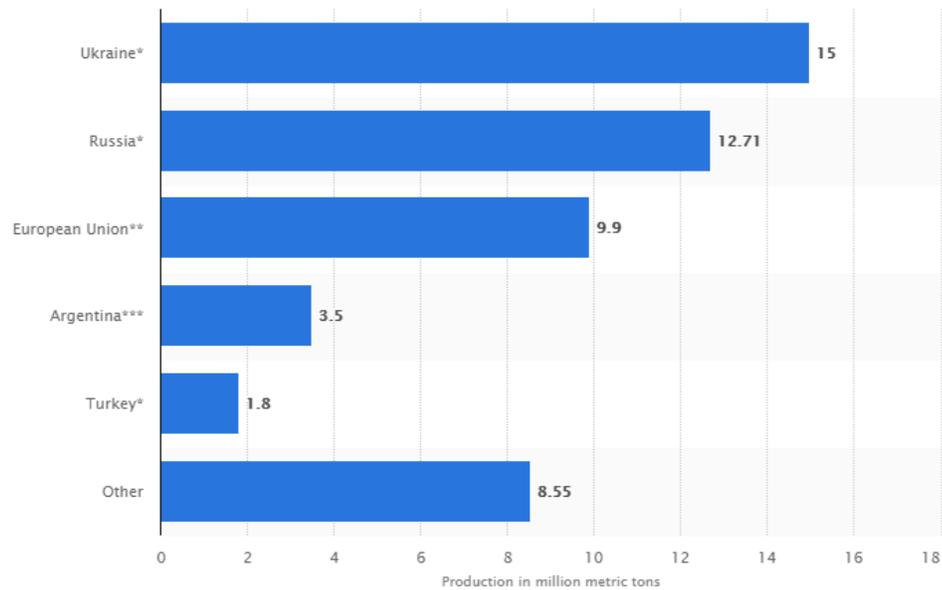
- Este cultivo generalmente se produce en regiones climáticas que van desde semiáridas a cálidas hasta moderadas.
- La planta crece en un rango de temperatura aproximado que va desde los 20-25° C, si la temperatura rebasa este rango se reduce los rendimientos.
- El girasol es una planta resistente a la sequía, pero en sus primeras etapas (crecimiento y floración), requiere suministro de riegos para no afectar su potencial de rendimiento. Este cultivo requiere de aproximadamente 500-750 mm de lluvia para aumentar su rendimiento.

- La densidad de plantas óptima, según la FAO es de 5-8 plantas por m<sup>2</sup>, para tener un área óptima y no se vea afectado el proceso fotosintético del cultivo. Bajo estas recomendaciones el peso aproximado del grano puede ser de 40 a 80 g, por cada 1000 semillas aproximadamente. El número esperado de granos por capítulo puede ser de 1,200 a 1,500.
- Los ácidos grasos presentes en el aceite de girasol se encuentran en un promedio de 55-75% de ácido linoleico y 15-25% de ácido oleico. El contenido estimado de proteínas es de 15-20%.
- El girasol se distingue por ser uno de los cultivos de periodo corto, en comparación a otros cultivos comerciales, con una duración de ciclo de 90 a 120 días.
- En base a las condiciones climáticas y de cultivo, los rendimientos obtenidos pueden ser de 600 a 300 kg/Ha. es importante tener en cuenta que el riego es un factor clave.

### **Producción mundial de girasol**

Se considera al girasol como el cuarto cultivo de semillas oleaginosas más grande del mundo, sus semillas se utilizan como alimento y de sus tallos se extrae combustible (Harter *et al.*, 2004; Muller *et al.*, 2011).

**Figura 1.** Principales países productores de semilla de girasol 2018-2019.



Fuente: (STATISTA, 2019).

### **Producción nacional**

En México el Sistema Producto Oleaginosas, inició un programa de fomento al cultivo de girasol, proyectando sembrar en el año 2012 una superficie de 12,500 hectáreas (Navarro *et al.*, 2012). Sin embargo, el SIAP (2012), registró solamente 1,344 hectáreas sembradas con girasol en todo el país.

Durante el periodo 2003-2016 se registró un incremento en cuanto a superficie sembrada el cual fue de 1.48 mil a 9.35 mil hectáreas, lo que permitió alcanzar una producción de 8.97 mil toneladas en el año 2016 (SIAP, 2017).

En base a los datos obtenidos del año 2018 por parte del SIACON-SIAP, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, las estadísticas de producción del girasol son las siguientes:

**Cuadro 1.** Estadísticas nacionales de la producción de girasol.

Cultivo	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Producción	Rendimiento	Valor de la producción	
Girasol flor	756.82	756.82	384,495.53	508.04	114,363.38	
Girasol	6,694.45	6,629.45	9,239.37	1.39	61,833.42	
Total	<b>7,451.27</b>	<b>7,386.27</b>	<b>451.277</b>	<b>393,734.90</b>	<b>0.00</b>	<b>176,196.79</b>

Fuente: SIACON-SIAP, 2018.

### **Red del cultivo de girasol**

#### **Girasol (*Helianthus spp.*)**

El género *Helianthus* pertenece a la tribu *Heliantheae* dentro de la familia *Asteraceae* y consta de 49 especies aproximadamente, de las cuales 13 son anuales y 36 perennes. Su centro de origen se encuentra en América del Norte, donde crecen plantas adaptadas a diversos ambientes y con características morfológicas distintas de cada uno de los diversos genotipos (Poverene, 2002).

El girasol (*Helianthus annuus*) es una especie de mayor importancia a nivel mundial por su alto contenido de aceite (Luévanos *et al.*, 2010), el cual es de alta calidad y alto contenido proteico; además, el resto de la planta puede utilizarse como forraje (Olalde *et al.*, 2000).

El girasol se caracteriza por ser un cultivo que presenta una alta tolerancia al frío y al déficit de humedad edáfica, así como también de tener un ciclo de cultivo corto en comparación a otros cultivos importantes en la alimentación como el maíz, trigo etc., lo cual hace que se pueda sembrar en zonas propensas a escasez de lluvias como un cultivo alternativo, a su vez, muestra una buena adaptación a los cambios climáticos adversos, como lluvias intermitentes y sequias prolongadas (Aragadvay *et al.*, 2015).

### **Especies reportadas**

En México se reportan diez especies del género (Gómez y González, 1995).

### **Especies atendidas por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)**

Se atienden algunas especies entre las que destacan las siguientes:

- *Helianthus annuus*
- *Helianthus debilis*
- *Helianthus arizonensis*
- *Helianthus tuberosus*

### **Usos y producción nacional**

La flor de girasol es utilizada de manera ornamental o como forraje, mientras que de la semilla se extraen la harina y el aceite que son muy benéficos, debido a su gran cantidad de grasas poliinsaturadas. Además, la semilla es utilizada para la elaboración de confitería, jabones, cosméticos, detergentes e incluso, en algunos países, como combustible (Luévanos *et al.*, 2010).

### **Antecedentes de la red de girasol**

La Red Girasol, inicio actividades en el año 2008, con la misión de promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento del género *Helianthus*, su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad (SNICS, 2017).

## **Clasificación taxonómica**

La clasificación taxonómica permanece vigente desde 1753.

**Reino:** *Plantae*

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Subclase:** *Asteridae*

**Orden:** *Asterales*

**Familia:** *Asteraceae*

**Género:** *Helianthus*

**Especie:** *annuus*

## **Morfología de la planta**

### **Raíz**

Su raíz está formada por un eje principal y una gran cantidad de raíces secundarias, lo que se conoce como raíz pivotante. La raíz crece abundantemente en comparación con el área foliar, cuando comienza la etapa de desarrollo de la planta. En esta fase donde aparecen los primeros pares de hojas la raíz alcanza una profundidad considerable, su rango es de 50 a 70 cm aproximadamente (Ortegón, 1993).

### **Hojas**

Según Ortegón, 2013 menciona que el girasol se caracteriza por tener hojas alternas, grandes, pecioladas, dentadas con velloso áspera en el haz y el envés. Este cultivo maneja una característica muy peculiar ya que la posición de las hojas se encuentra distribuida en el tallo de la siguiente manera: los primeros dos o tres pares son opuestas y los demás alternas. El número de hojas que posee la planta aproximadamente se encuentra de entre los seis a veinte pares, los cuales dependen del manejo agronómico que se realice al cultivo.

## **Tallo**

Su interior es fuerte, suele ser vigoroso y cilíndrico. Cuando llega a la madurez la parte terminal se inclina esto a consecuencia del peso de capítulo. Su superficie es vellosa y rugosa. Para las variedades ricas en aceite, la altura comprende de los 60 a 220 cm. Su diámetro, varía entre 2 y 6 cm, con un aumento en la parte basal del tallo (Ortegón, 1993).

## **Inflorescencia**

Se le conoce como capítulo o cabeza, la cual se encuentra formada por pequeñas flores aproximadamente de entre 500 y 1500 por inflorescencia, en el borde se encuentra una barrera protectora formada por las brácteas. En conjunto debido a la forma de disco dan lugar al receptáculo. Dicho nombre se le da al disco plano, cóncavo en donde se encuentran insertadas las flores, las cuales son de dos tipos: liguladas y tubulosas. Durante la floración es succulento y semicarnoso.

- Las flores liguladas son estériles, se constituyen de un ovario y un cáliz rudimentarios, una corola transformada, la cual asemeja a un pétalo.
- Las flores tubulosas so fértiles, en estas se encuentra los órganos de reproducción, dentro de su composición está el cáliz, corola, androceo y gineceo (Ortegón, 1993).

## **Fruto**

De acuerdo con Ortegón (1993), menciona que, ya fecundada la flor, el ovario se transforma en fruto y ovulo en semilla. Su fruto es conocido botánicamente como aquenio, este nombre es dado por que es seco, indehiscente compuesto por pericarpio y la semilla.

**Cuadro 2.** Etapas de crecimiento y desarrollo del girasol.

<b>Etapas fenológica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Días</b>
<b>VE</b>	emergencia	10
<b>V4</b>	Hojas verdaderas	20
<b>V8</b>	Hojas verdaderas	28
<b>V12</b>	Hojas verdaderas	34
<b>V16</b>	Hojas verdaderas	38
<b>V20</b>	Hojas verdaderas	44
<b>R1</b>	Terminal Miniatura	46
<b>R2</b>	<1 " de la hoja	61
<b>R3</b>	> 1" de la hoja	67
<b>R4</b>	Brote abierto- flor temprana	71
<b>R5.1</b>	Flor temprana	73
<b>R5.5</b>	50% florecido	77
<b>R6</b>	Floración completa	84
<b>R7</b>	Parte posterior de la cabeza - amarillo pálido	86
<b>R8</b>	Brácteas verdes - cabeza hacia atrás amarilla	104
<b>R9</b>	Brácteas amarillas - cabeza hacia atrás marrón	119

Fuente: NDSU Carrington Research Extension Center, 2007.

**Cuadro 3.** Descripción de las etapas fenológicas del cultivo de girasol.

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Etapas vegetativas (V-1.....V-20)</b>	Estos se determinan contando el número de hojas verdaderas al menos de 4 cm de longitud.
<b>Etapas reproductivas R-1</b>	El brote terminal forma una cabeza floral miniatura en lugar de un grupo de hojas. Cuando se ve directamente desde arriba, las brácteas inmaduras tienen una apariencia estelar de muchos puntos.
<b>R-2</b>	El brote inmaduro se alarga 0.5 a 2.0 cm por encima de la hoja más cercana, unido al tallo.
<b>R-3</b>	El brote inmaduro se alarga más de 2 cm por encima de la hoja más cercana.
<b>R-4</b>	La inflorescencia comienza a abrirse. Cuando se ve directamente desde arriba, los rayos inmaduros son visibles.
<b>R-5 (R-5.1, R-5.2, R-5.3, R-5.4, R-5.5)</b>	Esta etapa es el comienzo de la floración. La etapa se puede dividir en subetapas que dependen del porcentaje del área de la cabeza (flotadores de disco) que se ha completado o está en floración.
<b>R-6</b>	La floración está completa y las flores se están marchitando.
<b>R-7</b>	La parte posterior de la cabeza comienza a ponerse de color amarillo pálido.
<b>R-8</b>	La parte posterior de la cabeza es amarilla pero las brácteas permanecen verdes.
<b>R-9</b>	Las brácteas se vuelven amarillas y marrones. Esta etapa se considera como madurez fisiológica.

Fuente: Schneiter, A.A. y J.F. Miller, 1981.

## Regla para la certificación de semillas SNICS

### Unidad de inscripción

Es la superficie o área seleccionada para la producción o incremento de semilla, de acuerdo a la categoría que se desea producir. Para ello es primordial el aislamiento en tiempo o espacio con respecto a campos cultivados con otras variedades de la misma especie o parientes silvestres con los que podría haber cruzamiento. Se aceptan superficies que no hayan sido sembradas el ciclo agrícola anterior con una categoría o variedad diferente a la que se pretende producir.

### Aislamiento

Dado que el girasol es una especie alógama, el lote destinado para la producción de semilla de cualquiera de las categorías contempladas debe ubicarse a una distancia mínima de aislamiento de 1 000 m, con respecto a otras variedades, híbridos, plantas de girasol voluntarias y cultivos no calificados de la misma variedad. En el Cuadro 4 se presenta la distancia mínima de aislamiento de variedades calificadas respecto a otros tipos de *Helianthus annuus*.

**Cuadro 4.-** Distancia mínima de aislamiento de acuerdo a cada categoría, respecto a tres tipos de *Helianthus annuus*.

Tipo de <i>Helianthus annuus</i>	Distancia mínima (m)	
	Básica y registrada	Certificada
Productor de aceite	1400	1200
No productor de aceite	1400	1200
Silvestre anual	1400	1200

En un lote destinado a la producción de girasol híbrido calificado, al menos el 50 % de las plantas del progenitor masculino deben encontrarse floreando y produciendo polen cuando el progenitor femenino alcanza la plena floración. Deben

eliminarse las plantas del progenitor femenino que se encuentren floreando y liberando polen antes que el progenitor masculino.

### Número de inspecciones

En lo relativo a variedades de girasol de polinización libre, se debe realizar una inspección de campo después de que al menos el 50 % de las plantas están en floración; pero antes de que estas alcancen la madurez completa. En el caso de los lotes establecidos para producir semilla híbrida de girasol, se tienen que realizar dos inspecciones de campo, la primera al inicio de la floración y la segunda cuando se encuentra en plena floración. El inspector de campo puede llevar a cabo otra inspección, si así lo requieren las condiciones del cultivo.

### Tolerancias de campo

En el Cuadro 5 se especifica el número de plantas fuera de tipo que se permiten para las categorías de semilla consideradas en la Regla para la Calificación de Semillas de Girasol.

**Cuadro 5.** Consideraciones en 2 000 plantas del híbrido y/o variedad.

Planta fuera de tipo	Girasol de polinización libre	Girasol híbrido	
		Progenitor femenino	Progenitor masculino
Ramificación tipo silvestre	No aplica	1 por cada 1000	1 por cada 1000
Plantas púrpuras	No aplica	1 por cada 1000	1 por cada 1000
Despepitado blanco	No aplica	1 por cada 1000	1 por cada 1000
Total (incluyendo los tipos anteriores)	1 por cada 200	1 por cada 250	1 por cada 250

En el Cuadro 6 se presentan las tolerancias de plantas de otras especies de acuerdo a cada categoría, en cuanto a la producción de semilla calificada de girasol híbrido y de polinización libre.

**Cuadro 6.** Tolerancias de plantas de otras especies.

Factor	Categoría de semilla			
	Básica	Registrada	certificada	Habilitada
Plantas de cultivos inseparables por hectárea	0	10	20	25
Plantas de maleza por hectárea	0	5	10	15

Cabe destacar que la certificación puede estar sujeta a una evaluación posterior de campo (grow-out) cuando ocurra cualquiera de los siguientes casos:

- a) Se observa un aislamiento inadecuado.
- b) Se presentan muy pocas plantas del progenitor masculino liberando polen, cuando las plantas del progenitor femenino están receptivas.
- c) Se advierte un exceso de plantas fuera de tipo, sin incluir los tipos silvestres.

En estas situaciones se deben observar al menos 2 000 plantas, procedentes de la semilla producida, las cuales tienen que reunir los estándares presentados en el Cuadro 7, para que el lote de semillas reciba la certificación definitiva.

**Cuadro 7.** Consideraciones en 2 000 plantas del híbrido y/o variedad.

Factor	Máximo permitido	
	Hibrido	Líneas
Plantas estériles	5 por cada 100	No aplica
Plantas estériles o fértiles	No aplica	5 por cada 100
Variantes morfológicas	1 por cada 200	1 por cada 200

Tipos silvestres	1 por cada 500	1 por cada 500
Total (incluyendo los factores anteriores)	5 por cada 100	5 por cada 100

En el caso de los tipos no productores de aceite, se podrá certificar la semilla que no exceda el 15 % de plantas estériles. Si, estos tipos contienen entre el 85 y el 95 % de plantas híbridas, dicho porcentaje deberá indicarse en la etiqueta de certificación.

### **Criterios y especificaciones de laboratorio**

A partir de la muestra de trabajo se determinan el porcentaje de semilla pura y de semillas, no pertenecientes a la variedad, así como los estándares de germinación y humedad.

**Cuadro 8.** Estándares para las diferentes categorías.

Factor	Categoría de semilla			
	Básica	registrada	certificada	Habilitada
Semilla pura <sup>a</sup> (mínimo) (%)	99	99	98	95
Materia inerte <sup>b</sup> (máximo) (%)	1	1	1	1
Semillas de otras variedades (máximo)	0	1 en 5000	1 en 1000	1 en 1000
Semillas de cultivos (máximo)	0	1 en 2000	1 en 1000	1 en 1000
Semillas de maleza	0	0	0	0
Germinación (mínimo) (%)	85	85	85	80
Humedad (máximo) (%)	8	8	8	8

<sup>a</sup> En la categoría Certificada no debe encontrarse más de una semilla púrpura o blanca en 2 500 semillas de girasol.

<sup>b</sup> Número máximo de semillas.

En el caso de la categoría Declarada es obligatorio anexar a la etiqueta la cantidad de semillas que contiene el saco, expresada en número o en unidades de masa. Los estándares correspondientes a la semilla de la categoría Declarada deben ser equivalentes a los establecidos en cuanto a la categoría Certificada, tanto en factores de campo como de laboratorio. Se tiene que considerar que no es posible comprobar la calidad genética con ningún tipo de certificado.

En el caso de la semilla calificada, la fecha del último análisis de germinación equivale a la fecha de certificación. En relación con la etiqueta de semilla de la categoría Declarada, se debe indicar la fecha del último análisis de germinación.

### **Generalidades del cultivo**

El girasol es un cultivo con un alto contenido de aceite en sus semillas (35 y 45%); sin mencionar su calidad nutricional que destaca por ser muy alta y estar compuesto por un alto nivel de ácidos grasos no saturados (85-90%) Dichas características, hacen del girasol un cultivo de gran interés para la industria aceitera, además de su gran aceptación en el mercado (Castillo, 2015).

Gómez *et al.*, 2011 mencionan que el girasol se caracteriza por los siguientes usos, los cuales toman interés por su importancia: alimento animal, fuente de proteínas, pectina, colorantes naturales y para la producción de biodiesel.

## **Nutrición**

El abastecimiento apropiado de nutrientes en el cultivo de girasol, permite mejorar la intercepción de la radiación, a través de la modificación en el tamaño de las hojas, y en la cantidad de hojas con potencial capacidad fotosintética en post-floración.

Por lo tanto, la fertilización es clave para lograr altos rendimientos y para obtener elevados contenidos de materia grasa. A su vez, Cetiom (1993), hace referencia que para tener un desarrollo y producción normal de aceite y grano, el girasol requiere el abastecimiento de un buen nivel de agua y de nutrientes (45 kg de N, 30 kg de K y 5 kg de P, por cada 1000 kg/ha de grano).

## **Nitrógeno**

Vigil (2011), menciona que el nitrógeno (N) es el nutriente con mayor acumulación en el suelo. Las recomendaciones para la aplicación de este nutriente están asociadas al tipo de suelo, clima, humedad y particularmente al nitrógeno residual, el cual se encuentra disponible en el suelo.

La semilla de girasol es susceptible a fertilizantes con alto contenido de sal, como el potasio y el nitrógeno, los cuales de no ser aplicados en dosis adecuadas pueden afectar su germinación. Se recomienda aplicar el nitrógeno, previo a la siembra para asegurar la disponibilidad de este nutriente.

Este elemento tiene un rol fundamental al regular el desarrollo del área foliar y su duración verde durante todo el ciclo del cultivo, en necesario asegurar una adecuada provisión de nitrógeno, antes de la iniciación floral (cuando las hojas pasan de posiciones opuestas a alternas). Esto afecta mayormente al número de granos mientras que las aplicaciones posteriores, sólo modificarían parcialmente el peso de los mismos, afectando principalmente su contenido de proteína y disminuyendo su concentración de aceite (Valentinuz *et al.*, 2006).

El déficit de nitrógeno es una de las causas del descenso de los rendimientos en el cultivo del girasol, ya que es un elemento necesario para el crecimiento, diferenciación y desarrollo de sus órganos. El exceso de nitrógeno reduce de forma sustancial el aceite de la semilla, pero sin embargo, incrementa el contenido en proteínas.

## **Fósforo**

En base a Vigil (2011), para un mejor empleo de este nutriente es recomendable basarse en un análisis previo de suelo. El girasol tiene una respuesta rápida a la aplicación de dicho nutriente.

El fósforo (P), promueve el desarrollo de raíces, mejora la tasa de implantación y brinda una mayor tolerancia a sequía. La respuesta del cultivo a la aplicación de fósforo depende no sólo del nivel disponible en el suelo, sino también de las propiedades físicas y químicas del suelo y del manejo del fertilizante.

Durante la etapa de floración las necesidades de fósforo son máximas, además su aporte no disminuye el contenido de aceite de las semillas.

El déficit de fósforo repercute directamente tanto en las primeras fases de desarrollo del cultivo como en la formación y llenado de los achenios. Los síntomas más comunes de deficiencia se manifiestan por una reducción del crecimiento y necrosis en las hojas más bajas (Duarte, 1998).

## **Potasio**

El girasol es una planta que consume elevadas cantidades de potasio, sobre todo antes de la floración. El potasio actúa como regulador en la asimilación,

transformación y equilibrio interno de la planta, contribuyendo de forma activa a su resistencia frente a la sequía.

Los síntomas de carencia se presentan a en las hojas más bajas, mostrando un color amarillo con manchas necróticas (Vigil, 2011).

## **Boro**

El girasol es una planta particularmente sensible a las deficiencias de boro. Recientemente y en sistemas intensivos de producción, se ha reconocido el significativo impacto económico de esta deficiencia.

Los síntomas se manifiestan al emerger las plántulas (fallas en el desarrollo y expansión de cotiledones), al aparecer las hojas (pequeñas y deformadas, manchas pardo-rojizas) y durante el desarrollo del cultivo (rotura del tallo y caída de los capítulos, mal llenado de los capítulos, adelantamiento de la madurez, etc.). Este micronutriente es esencial para la división celular de los ápices radiculares, por tanto, su deficiencia afecta al desarrollo de las raíces.

Los síntomas de deficiencia aparecen en la época de floración, ya que el capítulo se deforma y las hojas superiores se vuelven quebradizas, malformadas y necróticas con un color bronceado. La fertilización a base de boro en el cultivo de girasol ha mostrado una tendencia de aumento en el rendimiento de hasta el 30%, sobre los rendimientos sin su aplicación.

## **Principales plagas**

### **Gusanos grises** (*Agrotis segetum*, *A. exclamationis* y *A. ypsilon*)

Las orugas tienen el cuerpo verdoso y la cabeza negra con una longitud entre 10-50mm, situándose al pie de las plantas atacadas. Las larvas atacan al girasol desde la germinación de las semillas hasta que las plantas tienen unos 15 cm de altura. Producen daños en la raíz y en la base del tallo, pudiendo llegar a cortar la planta, éstas se marchitan y el crecimiento se detiene.

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

La oruga es de color gris con tres rayas moradas en el dorso y la cabeza de color amarillento con una longitud aproximada de un centímetro. Esta plaga, destruye el capítulo, alimentándose del polen, las flores y las semillas de girasol. El estado adulto es una mariposa con las alas amarillo-grisáceas; si el vuelo de éstas coincide con la época de floración, la puesta de los huevos la realizan en las inflorescencias del girasol.

### **Gusano** (*Heliothis* sp.)

La larva es de color amarillento, verdoso o negruzco y su cabeza es de color pardo, presentando unas estrías longitudinales alrededor del cuerpo. Se alimentan de las hojas, del capítulo y de los achenios.

### **Aves**

El girasol suele ser un cultivo que genera sabor agradable para las aves, sus características nutricionales, proteínas y ácidos son esenciales para el crecimiento y reproducción de estos (Besser,1978). Por ello, la ocurrencia de daño por aves es

un problema en cada una de las regiones del mundo, donde se produce este cultivo en donde los daños pueden variar dependiendo de las especies predominantes en cada región (Linz *et al.*, 1997).

## **Principales enfermedades**

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

En condiciones de humedad relativa es elevada (90-100%) y la temperatura está entre 12 y 22°C, en la superficie de la planta se producen los órganos reproductores del hongo, que se esparcen llevando la infección a través del aire y del suelo a otras plantas. Los síntomas se manifiestan por un enanismo en el girasol, las hojas se tornan de un verde pálido desde la base hasta el ápice de las hojas.

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

Es un hongo polífago y termófilo, para su desarrollo es necesario que el girasol padezca estrés hídrico. Generalmente son las plantas adultas y en estado de maduración las que resultan atacadas, produciéndoles la muerte prematura y el ennegrecimiento de sus órganos.

### **Verticilosis (*Verticilium dahliae*)**

Es un hongo que vive en el suelo o sobre los residuos de plantas atacadas, donde resiste de cuatro a nueve años. Desde el suelo penetran por la raíz en el tallo ocasionando el marchitamiento de toda la planta. La reacción al ataque de este hongo depende del tipo de variedad de girasol.

## **Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)**

Este hongo constituye una amenaza permanente en el cultivo del girasol, debido a la existencia de su forma conídica. Su ciclo de vida comienza a principios de la primavera en los residuos vegetales existentes en el suelo. El ataque se manifiesta desde las plántulas, éstas se decoloran, las hojas pierden su turgencia y se retuercen, ablandan y pudren. Si, las condiciones climáticas favorecen el desarrollo del hongo, las plantas se cubren de un polvo gris, formado por los conidióforos y conidios del hongo.

### **Cosecha**

Castillo (2015), menciona que el cultivo de girasol alcanza su madurez entre 120 a 150 días después de la siembra, tomando en cuenta el tipo de suelo y el manejo aplicado al cultivo. Para la cosecha es pertinente utilizar un cabezal o banco de trilla de acuerdo al porte de la planta, tomando en cuenta el contenido de humedad de la semilla, la cual debe estar en el rango de 9 a 11 %, durante esta etapa los capítulos pasan a ser de color café y en consecuencia, los granos se desprenden con mucha facilidad del capítulo.

### **Valor agregado del cultivo**

#### **Aceite de girasol**

El girasol es una planta oleaginosa, es utilizada principalmente para la alimentación humana, como forraje para alimentación pecuaria y para la extracción de aceite. La calidad de dicho aceite está fuertemente determinada por su composición acídica (cantidad de cada ácido graso contenido) y con ello las propiedades fisicoquímicas que el aceite aporta y los diferentes usos que se le da (Gonzales, 2015).

## **Ensilaje**

El contenido de grasa encontrado en el ensilaje de girasol es tres veces mayor que el de maíz, además presenta un alto contenido de fibra, un poco más de proteína y contenido de energía. Existen diversos factores durante la etapa de desarrollo, los cuales no permiten que el cultivo llegue a su madurez, tales como daños por plagas, enfermedades, sequías o heladas, en donde el cultivo puede ser cosechado como ensilaje para alimentación de ganado lechero (Gómez *et al.*, 2011).

## **Harina**

Desde el punto de vista pecuario, la harina tiene una concentración proteica que varía entre un 30 y 40%, de materia seca, y como consecuencia una gran degradabilidad a nivel ruminal, que lo hace adecuado para algunas condiciones de manejo nutricional, especialmente cuando suplementa a dietas con altos niveles de silaje de maíz o con bajo contenido proteico de la dieta base (ASAGIR, 2002).

## **Pasta**

Otro de los usos más comunes de este cultivo es la pasta, la cual queda después del proceso de extracción del aceite, su contenido es de aproximadamente 260 a 500 g de proteína cruda/kg posteriormente de 120 a 350g de fibra cruda/kg y por último 10 a 90 g de grasa cruda/kg. Esta pasta también tiene como componente principal caroteno o provitamina A, así como también vitaminas de complejo B (Gómez *et al.*, 2011).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del experimento**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental situado en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la ex-Hacienda de Buenavista, Municipio de Saltillo a 7 km, al sur de esta ciudad, sobre la carretera 54 (Saltillo - Zacatecas), se localiza entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.

### **Desarrollo del experimento**

#### **Preparación del terreno**

Se realizaron las labores que tradicionalmente se utilizan para la siembra del cultivo de girasol. La preparación del terreno consistió en barbecho, rastra y surcado con el propósito de acondicionar el suelo para una buena emergencia de la semilla.

#### **Riego por goteo**

Para el suministro de riegos en las diversas etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de girasol, se instaló un sistema de riego por goteo.

#### **Tratamiento químico a la semilla**

Se realizó un tratamiento previo a la siembra, en donde se aplicó un fungicida sistémico y de contacto, con los siguientes ingredientes activos:

- Carboxin + Thiram (suspensión acuosa)
- Dosis 2 - 2.5 ml en 1 kg semilla

Se aplicó tratamiento insecticida:

- Bifentrina + Imidacloprid

- Dosis: 7.5 a 10 ml en 1 kg de semilla

Asimismo, se aplicó un tratamiento promotor de la germinación a base de:

- Ácidos húmicos, fulvicos, aminoácidos, auxinas y giberelinas. A una dosis de 25 ml del producto en 50 ml de agua, para un kg de semilla.

### **Fecha de siembra**

La siembra se realizó el día 4 de julio de 2019 en donde se depositó una semilla en el surco de siembra a una distancia entre plantas de 15 centímetros.

### **Fertilización**

Se aplicó fertilizante en banda a base de la fórmula 18-46-00 y 46-00-00 en etapa vegetativa y posteriormente se realizaron aplicaciones foliares 20-20-20 en las diversas etapas fenológicas del cultivo a base de macronutrientes, micronutrientes, ácidos húmicos y fúlvicos, vía foliar y radicular.

### **Control de plagas y enfermedades**

Para el control de plagas en las diversas etapas fenológicas del cultivo de girasol, se aplicó el ingrediente activo a base de clorpirifos etil + permetrina. Para el control de enfermedades se realizaron aplicaciones foliares a base de hidróxido cúprico y clorotalonil.

### **Control de malezas**

Se realizó un control manual de malezas, en las diversas etapas fenológicas del cultivo, principalmente se presentaron malezas de hoja ancha.

## Cosecha

La cosecha de las plantas seleccionadas se realizó el día 14 de noviembre del 2019, en donde se consideraron plantas en competencia completa con adecuadas características agronómicas, porte de la planta, sanidad de la planta, incidencia de ataque de daño por aves, precocidad y madurez fisiológica final de la semilla.

## Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en el presente trabajo de investigación, fue de bloques completos al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 30 unidades experimentales.

**Cuadro 9.** Tratamientos utilizados en la investigación.

<b>Tratamientos</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Repetición</b>
T1	Selección 1	I, II, III
T2	Selección 2	I, II, III
T3	Selección 3	I, II, III
T4	Selección 4	I, II, III
T5	Selección 5	I, II, III
T6	Selección 6	I, II, III
T7	Selección 7	I, II, III
T8	Selección 8	I, II, III
T9	Selección 9	I, II, III
T10	Selección 10	I, II, III

## **Variables evaluadas**

Durante la toma de datos en campo se registraron las siguientes variables:

### **Altura de planta**

Para la estimación de esta variable, se utilizó una cinta métrica en donde se inició desde la base de la planta, hasta la parte basal del capítulo.

### **Diámetro de tallo**

Para la evaluación del diámetro de tallo, se consideró a la parte intermedia de la planta, en donde se utilizó un vernier con las siguientes características: Carbon Fiber Composites Digital Caliper; resolución 0.1mm/0.01", accuracy:  $\pm$  0.2mm/0.01", battery: SR44/LR44 1.55v.

### **Número de hojas totales**

Para la determinación de esta variable se realizó el conteo de hojas, desde la parte basal de la planta, hasta la base del capítulo de la planta de girasol.

### **Rendimiento de grano por planta**

Posteriormente, a la cosecha de los capítulos, se procedió a la trilla con el objetivo de obtener todas las semillas totales de cada uno de ellos, para esta variable se tomó el peso total de las semillas las cuales se pesaron en una báscula digital modelo: L-EQ 5/10.

### **Numero de semillas por capítulo**

Para la toma de esta variable se realizó un conteo de semilla de cada una de las repeticiones, para un conteo rápido y más dinámico se separaron en secciones de 100 semillas hasta obtener el número total por capítulo.

## Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos y las variables evaluadas. Posteriormente, se realizó un análisis de comparación de medias con la prueba de Tukey (0.05). Los datos de las variables evaluadas se procesaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1 Institute (2004), bajo el siguiente modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \sigma_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado de i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

$\mu$  = Efecto de la media general

$\beta_i$  = Efecto la j-ésima bloque

$\sigma_i$  = Efecto de i-ésimo genotipo

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental de la j-ésima bloque del i-ésimo genotipo.

$i = 1, 2, 3 \dots b$

$j = 1, 2, 3 \dots t$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis estadístico en cada una de las variables evaluadas, se presentan en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza de variables agronómicas en selecciones de plantas de girasol evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en Campo Experimental, Buenavista UAAAN.

F.V.	G.L.	AP (cm)	DT (mm)	NH	RGP (g)	NSPC
Bloques	2	86.80 NS	1.76 NS	8.40 NS	997.84 NS	213451.03 NS
Selecciones	9	1285.87 *	47.61 NS	31.64 **	540.91 NS	61166.84 NS
Error	18	402.02	31.82	8.84	1129.80	174076.2
Total	29					
C.V.		14.66	24.72	8.64	41.04	38.24

F. V= Fuentes de variación; G.L.= Grados de libertad; CV%= Coeficiente de variación en porcentaje; AP= Altura de planta; DT= Diámetro de tallo; DT= Diámetro de Tallo; NH=Numero de hojas; RGP= Rendimiento de grano en gramos por planta; NSPC= Numero de semillas por capitulo; \*, \*\* = Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Posterior al cuadro 10 de análisis de varianza, se realizó un cuadro de comparación de medias, el cual nos presenta con mayor claridad los resultados obtenidos.

**Cuadro 11.** Comparación de medias para variables agronómicas en selecciones de plantas de girasol evaluadas en el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019 en Campo Experimental, Buenavista UAAAN.

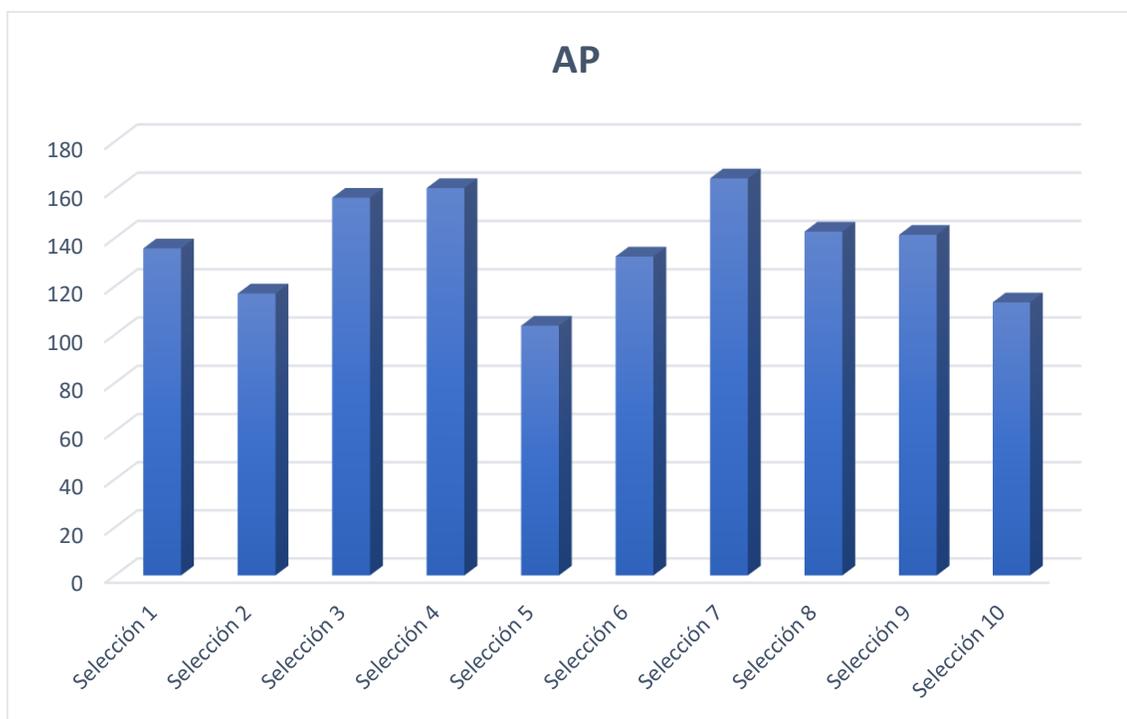
Selecciones	AP (cm)	DT (mm)	NH	RGPP (g)	NSPC
1	135.67 ab	21.70 a	31.00 b	72.00 a	1188.7 a
2	117.00 ab	20.43 a	36.33 ab	73.33 a	1143.3 a
3	156.67 ab	28.83 a	36.66 ab	71.00 a	935.3 a
4	160.67 ab	27.26 a	40.00 a	108.00 a	1322.3 a
5	103.67 b	18.10 a	31.00 b	74.33 a	1106.3 a
6	132.33 ab	18.73 a	33.66 ab	81.33 a	1043.0 a
7	164.67 a	23.50 a	31.33 ab	74.33 a	853.7 a
8	142.67 ab	25.90 a	36.66 ab	100.00 a	1248.0 a
9	141.33 ab	25.67 a	35.00 ab	92.33 a	992.3 a
10	113.33 ab	18.03 a	30.33 b	71.00 a	1076.3 a
Tukey (0.05)	58.69	16.51	8.70	98.4	1221.4

Valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente (Tukey, 0.05). AP= altura de planta; DT= Diámetro de tallo; NH= Numero de hojas; RGPP= rendimiento en gramos por planta; NSPC= Numero de semillas por capitulo.

## Altura de planta

El análisis de varianza para la variable altura de planta, no encontró diferencias significativas a nivel de bloques. Sin embargo, en el caso de tratamientos si se presentaron diferencias significativas.

La figura 2, muestra con mayor precisión la diferencia que hubo entre selecciones en donde la selección 7 fue la que presentó mayor altura con 160 cm y la selección 5 con 100 cm, fue la que presento menor altura.

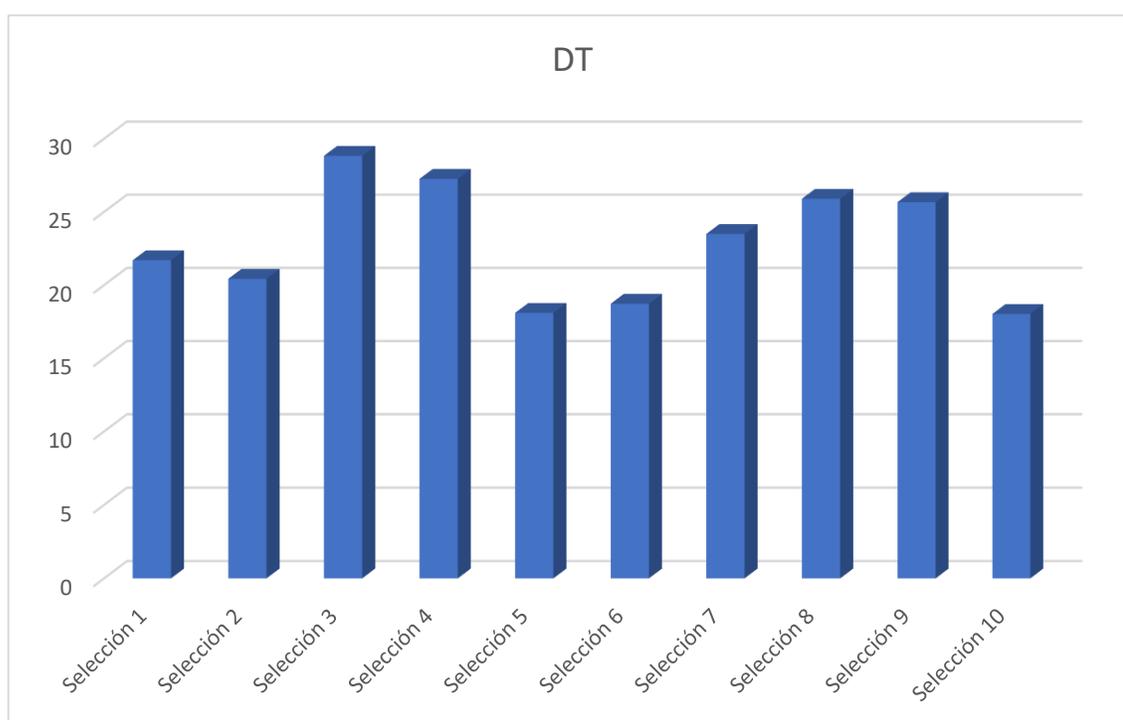


**Figura 2.** Comparación de medias, para la variable altura de planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019

### Diámetro de tallo

Para la variable diámetro de tallo (DT), el análisis estadístico indica que no hay diferencia significativa tanto en bloques como en tratamientos.

En la figura 3, se muestran los resultados para la variable diámetro de tallo en donde la selección 3, destaca como el tratamiento con mayor diámetro de tallo con 28.83 mm comparado con la selección 10 con 18.03 mm.



**Figura 3.** Comparación de medias, para la variable diámetro de tallo en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019.

### Número de hojas totales

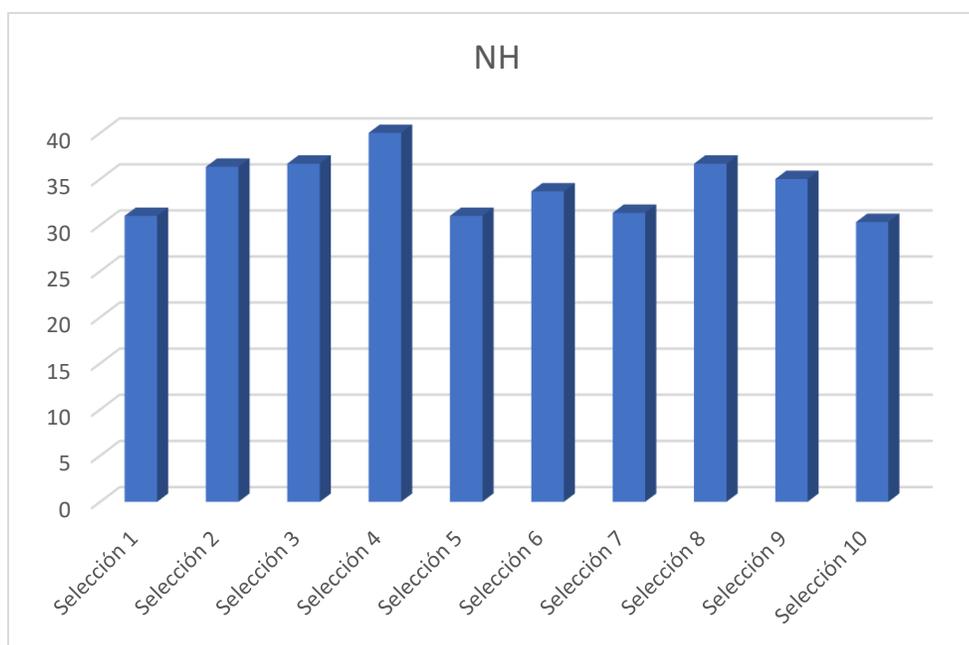
La densidad de población es un factor determinante para la cantidad de biomasa y área foliar de un cultivo, a su vez, la densidad depende de las condiciones ambientales (disponibilidad hídrica), manejo agronómico, fecha de siembra y de las particularidades fisiológicas del genotipo, tal como lo reporta Andrade y Sadras (2000). Asimismo, los rendimientos de grano, no presentaron variación entre 35,000

y 100,000 plantas por hectárea, por lo tanto, con densidades de 30.000 plantas por hectárea se alcanzaron índices de área foliar que permiten obtener los máximos rendimientos (Aguirrezábal *et al.*,1996).

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se consideró la variable número de hojas y altura de la planta, como un factor determinante de índice de área foliar, el cual muestra una relación directamente con el rendimiento de grano.

Para la variable de numero de hojas el análisis de varianza nos muestra que no hubo diferencia significativa para bloques, en cambio en las selecciones encontramos diferencia altamente significativa.

En la figura 4, como resultado de la prueba de comparación de medias, se observa que la mejor selección fue la número 4, mostrando un mayor número de hojas totales, contrario para las selecciones 1, 5 y 10, que presentaron menor número de hojas.

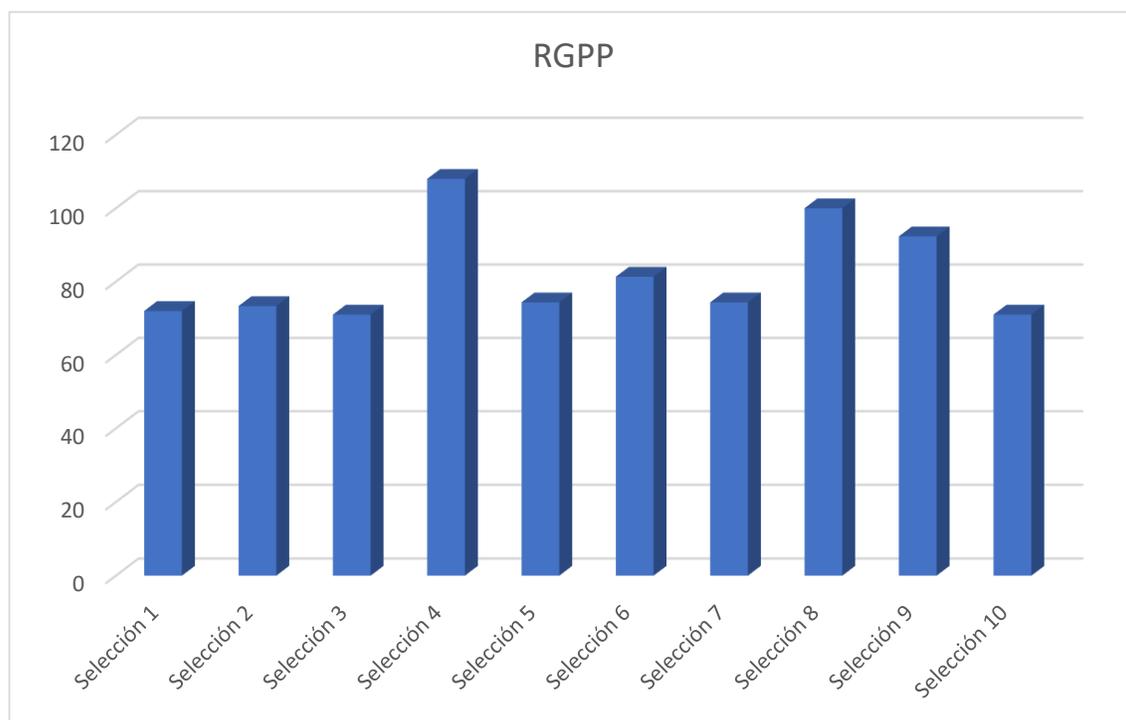


**Figura 4.** Comparación de medias, para la variable número de hojas por planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019

## Rendimiento de grano por planta

En el caso del cultivo de girasol, las temperaturas por encima de 35° C, durante la etapa de diferenciación floral, la cual es una etapa crítica del cultivo, como consecuencia disminuye el número de granos e impacta en el potencial de rendimiento del cultivo (Chimenti y Hall, 2001).

En el presente trabajo de investigación, los resultados para la variable rendimiento de grano por planta, se observa que la selección 4, fue la que presentó mayor rendimiento con 102 g, seguido de la selección 8 y 9 respectivamente.

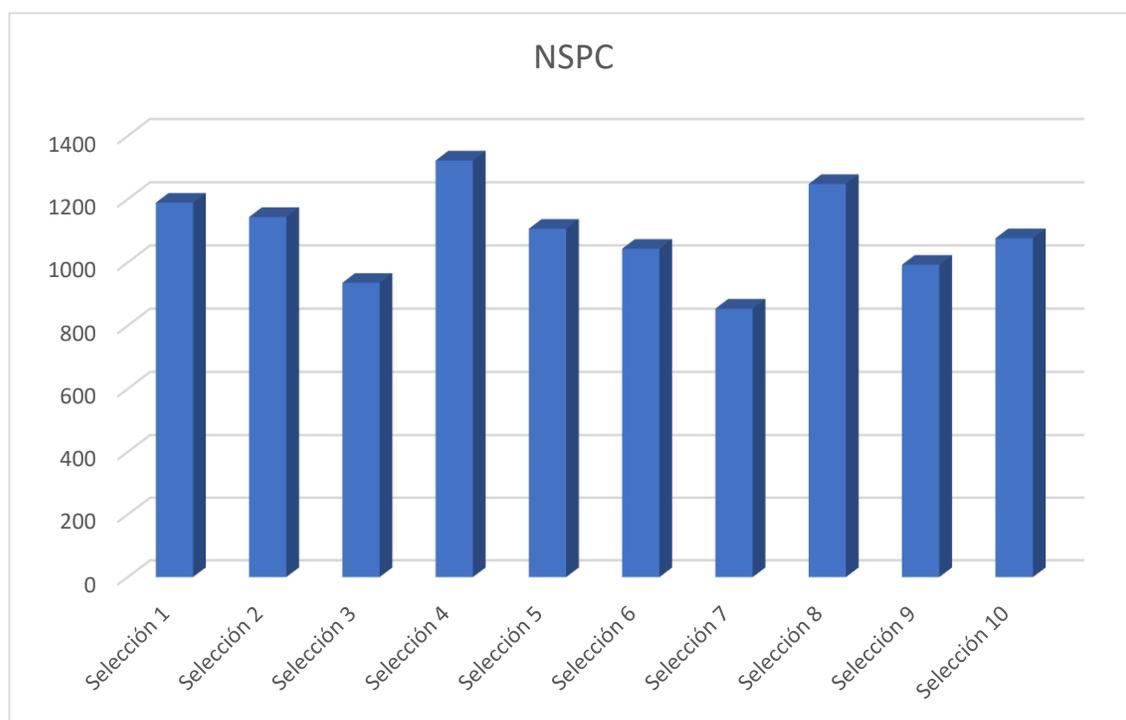


**Figura 5.** Comparación de medias, para la variable rendimiento de grano por planta en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019.

### Número de semillas por capítulo

En altas densidades de población el porcentaje de aceite se incrementa (Hernández y Orioli, 1992), a su vez, cuando se utilizan bajas densidades, cada planta aumenta el número de granos y el peso de los mismos, y por lo tanto, permite compensar el rendimiento por unidad de superficie dentro de un rango (Andrade y Sadras, 2000).

Para la variable número de semillas por capítulo, la selección 4 fue la que presentó 1,322.3 semillas y por lo tanto, el mayor rendimiento de grano, por lo tanto esta selección presenta un gran potencial para próximas evaluaciones en campo y avance generacional en el ambiente evaluado.



**Figura 6.** Comparación de medias, para la variable número de semillas por capítulo en cultivo de girasol evaluadas en el Campo Experimental, Buenavista Saltillo, durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2019.

## **CONCLUSIONES**

En general las selecciones evaluadas, presentaron un comportamiento agronómico aceptable en el ambiente evaluado, ya que mostraron características agronómicas aceptables, como precocidad y sanidad y un porte adecuado de la planta.

La selección de girasol alto oleico número 4, presentó el mayor potencial de rendimiento, por lo tanto, puede considerarse para su siembra experimental en próximos ciclos agrícolas en la región sureste de Coahuila.

## LITERATURA CITADA

- Aguirrezábal, L.A.N., Orioli, G.A, Hernández, L.F., Miravé, J.P., Pereyra, V.R. 1996. Girasol: Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Balcarce E.E.A.- Facultad de Ciencias Agrarias - UNMdP, ISBN 950-985371-2. 127 p.
- ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. 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. pp. 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* 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 Pecuarias*. 6: 315-327.
- ASAGIR (Asociación Argentina de Girasol). 2002. Simposio Argentino de Girasol, C. Casares, 29 de agosto de 2002, Gacetilla De Prensa N° 8.
- Besser, J. 1978. Birds and Sunflower. Pp. 263- 278. en J.F. Carter (ed.) "Sunflower Science and Technology". *Agronomy* 19.
- Castillo, T. 2015. Girasol: alternativa viable para el mayo. *Agenda Técnica Agrícola Sonora*. 8 p.
- Cetiom 1983. Fisiología de la formación del rendimiento del girasol. *Informaciones Técnicas Cetiom* N° 83 II.
- Chimenti, C.A., A.J. Hall. 2001. Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. *Field Crop Research*. 72: 177-184p

- Duarte, G. 1998. Soil fertility distribution in livestock production systems with pastures directly grazed. In Precision Agriculture Conference, Proceedings. Minnesota, USA.
- FAO (2010). Sunflower crude and refined oils. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- García, P. R. 1977. Colza y girasol, su cultivo en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas en la Mesa Central. Circular CIAMEC No. 50. Chapingo, México. 12 p.
- Garza, G. D. y Azpiroz, R. S. 1990. Guía para cultivar girasol de temporal en el Estado de México. Folleto para productores S/N. INIFAP. Chapingo, Edo. México., México. 8 p.
- Gómez S.D. & S. González E. 1995. Distribution of *Helianthus*, *Viguiera* and *Tithonia* genera in Mexico. *Helia*. 18 (23). 27 – 40.
- Gómez, S. N. D.; Espinoza, Z. C.; López, H. J.; Castro, R. V. y Álvarez, A. S. 2011.
- Gonzales, L. 2015. Protocolo de calidad para aceite de girasol. MAGP. 3p
- Harter, A. V., Gardner, K. A., Falush, D., Lentz, D. L., Bye, R. A. & Rieseberg, L. H. (2004). Origin of extant domesticated sunflower in eastern North America. *Nature* 430(6996): 201-205.
- Hernández, L.F. and G.A. Orioli, 1994. The ideotype in sunflower (*Helianthus annuus* L). *Agriscientia* XI: 87-98.p
- Khaleghizadeh, Abolghasem. (2011). Effect of morphological traits of plant, head and seed of sunflower hybrids on house sparrow damage rate. *Crop Protection*. 30. 360-367. 10.1016/j.cropro.2010.12.023.
- Linz, G.M. and J.J. Hanzel. 1997. Birds and Sunflower. Pp.381-394 en A.A.Schneider (ed.), *Sunflower Technology and Production*. Agronomy

Monograph no. 35. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of American. Madison, Wisconsin.

Luévanos-Escareño, Miriam Paulina, Reyes-Valdés, M. Humberto, Villarreal-Quintanilla, José Ángel, & Rodríguez-Herrera, Raúl. (2010). Obtención de híbridos intergenéricos *Helianthus annuus* x *Tithonia rotundifolia* y su análisis morfológico y molecular. *Acta botánica mexicana*, (90), 105-118.

Navarro, A. J. A.; Osuna, A. J. D.; Avalos, C. R.; Sánchez, H. M.; Gutiérrez, P. E. y Meza, S. R. 2012. Manejo de la fertilización en la producción de girasol.

Olalde G. V. M., J. A. Escalante E., P. Sánchez G., L. Tijerina C., A. A. Mastache L. & E. Carreño R. 2000. Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Tierra Latinoamericana*. 18: 313-323

Ortegón M. A 1993. El girasol. Editorial Trillas. México. 82-145 p.

Poverene M. M., A. Cantamutto M., D. Carrera A., S. Ureta M., T. Salaberry M., M. Echeverría M. & H. Rodríguez R. 2002. El girasol silvestre (*Helianthus* spp.) en la Argentina: caracterización para la liberación de cultivares. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. 31: 97-116.

Producción de girasol de temporal para grano y combinado con maíz para ensilaje en Durango. Folleto para productores No. 11. INIFAP. Campo experimental Valle de Guadiana. Durango, México. 20 p.

Salgado, P. 2009. Proteínas de girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de ciencias exactas. Argentina. 234 p.

SIAP (Servicio de Información, Agroalimentaria y Pesquera) 2017. Consultado noviembre 2019. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb)

- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. Red del cultivo de Girasol. Fecha de consulta, diciembre 2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/girasol-helianthus-spp>
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2014. Regla para la Calificación de Semillas de Girasol (*Helianthus annuus* L).
- STATISTA (Statistics and facts on Agriculture). 2019. Principales países productores de semilla de girasol 2018-2019. Fecha de consulta, diciembre 2019. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/263928/production-of-sunflower-seed-since-2000-by-major-countries>
- Valentinuz, O.R. and M. Tollenaar. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-Leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98(1): 94-99.
- Vigil, M. 2011. Nutrient management for sunflower production. *High Plains Sunflower Production Handbook*.
- Voinea, S., I 976. Cuatro años de investigación en girasol, 1973-1976, Araure. Centro Nacional de Investigaciones de la Región Occidental. 25 pp.
- VRÂNCEANU, A. V. 1977. El girasol. Traducido por A. Guerrero, M. León, L. López y J. Fernández. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 379 p.