

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



Cruzas de prueba en girasol (*Helianthus annuus* L.) para identificar una línea con atributos mantenedores de androesterilidad

Por:

Jesús Orlando Fernández Madrid

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Cruzas de prueba en girasol (*Helianthus annuus* L.) para identificar una línea con atributos mantenedores de androesterilidad

Por:

Jesús Orlando Fernández Madrid

TESIS

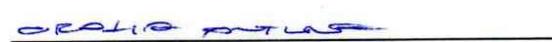
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobado por:



Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente



Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal



Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal



MC. José Jaime Lozano García
Vocal suplente



MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Cruzas de prueba en girasol (*Helianthus annuus* L.) para identificar una línea con atributos mantenedores de androesterilidad

Por:

Jesús Orlando Fernández Madrid

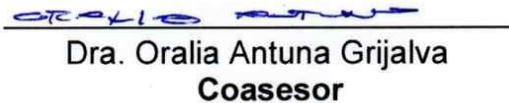
TESIS

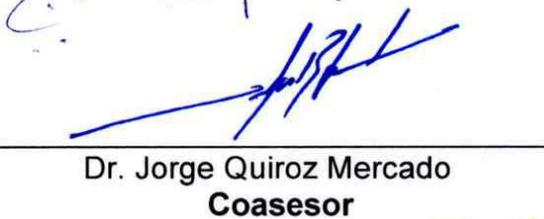
Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

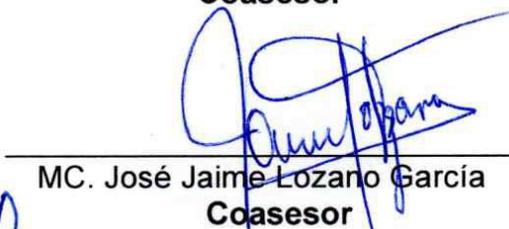
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobado por el Comité de Asesoría:


Dr. Armando Espinoza Banda
Asesor Principal


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Coasesor


MC. José Jaime Lozano García
Coasesor


MC. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2025



AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme salud, fuerza y paz mental cuando lo necesité, por siempre estar conmigo y mi familia, por mostrarme el camino desde mi intuición, por poner en mi destino a personas buenas que me ayudaron y a algunas con solo el propósito aprender y de entender circunstancias.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y al departamento de fitomejoramiento: por haberme recibido y haberme formado académicamente, por darme herramientas e identidad profesional para hacer frente a los desafíos y oportunidades futuras, gracias a los maestros que me compartieron su conocimiento.

A mi asesor de tesis el Dr. Armando Espinosa Banda: por su catedra, por compartir sus conocimientos, disponibilidad, consejos, recomendaciones y por el tiempo invertido en el desarrollo de este trabajo de tesis.

A la Dra. Oralía Antuna Grijalva: por también asesorarme y ayudarme a desarrollar este trabajo de investigación.

A mis familiares y amigos: por sus buenos deseos y ofrecerme su ayuda en este proceso formativo.

DEDICATORIA

A mis abuelos: Ernestina Rodríguez, Luis Fernández, María de la Luz Velázquez y Armando Madrid por siempre haberme consentido.

A mis padres: Ofelia Madrid Velázquez y Gregorio Fernández Rodríguez por darme lo mejor de ustedes, cada esfuerzo, sacrificio, sustento, a ustedes quienes me han sabido guiar con sus consejos y enseñanzas; nunca terminaré de agradecerles.

A mis hermanos: Abril Yuridia, Rossy Edith, Francisco Javier y Juan Agustín por siempre motivarme y ayudarme cuando lo necesité, siempre al pendiente de cómo iban las cosas con la escuela y siempre contar con ustedes.

A mi esposa: Eréndira García Carrasco por siempre estar conmigo, poder contar contigo y animarme en los momentos difíciles en la escuela y la vida.

A mi hija: Samantha Fernández García porque eres lo mejor de mí y el mejor motivo para seguir mejorando en todos los aspectos.

¡Jesús Orlando!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	3
1.2. Objetivo.....	3
1.3. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. El potencial ornamental.....	4
2.2. Centro de origen e historia del girasol	4
2.3. Uso general del girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	5
2.4. Uso ornamental del girasol	5
2.5. Producción de girasol ornamental en México	5
2.6. Variedades ornamentales.....	6
2.7. Época de venta y demanda.....	6
2.8. Aspectos agronómicos del cultivo.....	7
2.8.1. Descripción taxonómica del girasol	7
2.8.2. Requerimiento edafoclimático	7
2.8.3. Siembra y espaciamiento	7
2.8.4. Punto de corte.....	8
2.8.5. Cosecha y poscosecha	8
2.9. Procesos biológicos para producción de semillas híbrida	8
2.9.1. Endogamia.....	8
2.9.2. Esterilidad	9

2.9.3. Androesterilidad	9
2.9.4. Androesterilidad genético-citoplásmica	10
2.9.5. Obtención de línea mantenedora (Línea B).....	10
2.9.6. Obtención de la (Línea A)	11
2.9.7. Producción de semilla híbrida.	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Localización geográfica del experimento	13
3.2. Clima.	13
3.3. Material genético para ciclo 1 (2024)	14
3.4. Preparación edáfica.....	15
3.5. Tamaño de parcela experimental	15
3.6. Siembra y diseño de siembra	15
3.7. Riego.....	16
3.8. Manejo de maleza	16
3.9. Control y manejo de plagas	16
3.10. Aporcado	16
3.11. Fertilización	16
3.12. Cruzas entre líneas S ₅ androfértiles (♂) y el híbrido androestéril (♀) como probador.....	17
3.13. Cosecha	18
3.14. Material genético para ciclo 2 (2025)	18
3.15. Siembra y diseño de siembra	18
3.16. Conteo de fertilidad y androesterilidad.....	18
3.17. Características agronómicas a evaluar (variables de respuesta)	19
3.18. Diseño experimental.	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Análisis de la descendencia de las cruzas de prueba.	21
4.2. Androesterilidad	21
4.3. Características agronómicas evaluadas en las cruzas.	22
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Anuario estadístico de la producción agrícola.....	6
Cuadro 2.2. Época de venta y demanda de la flor de girasol.....	7
Cuadro 2.3. Taxonomía del girasol.....	7
Cuadro 2.4. Efectos que producen los citoplasmas y los genes para los casos de androesterilidad genético-citoplásmica.....	10
Cuadro 3.1. Control y manejo de plagas	16
Cuadro 3.2. Aplicación de fertilización granulada por hectárea para el cultivo de girasol.....	17
Cuadro 3.3. Modelo del análisis de varianza para un experimento bloques al azar	20
Cuadro 4.1. Generación F_1 de la cruce de prueba de un genotipo androestéril y ocho líneas androfértiles.....	21
Cuadro 4.2. Significancia de cuadrados medios del ANOVA de las variables agronómicas evaluadas en ocho cruces de girasol ornamental	23
Cuadro 4.3. Prueba de medias para la generación F_1 de las ocho cruces de prueba.....	24
Cuadro 4.4. Coeficiente de correlación Pearson y significancia entre las variables evaluadas.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Producción de la línea mantenedora B (Vallejo y Estrada, 2013).	11
Figura 2.2. Obtención de la línea A (Vallejo y Estrada, 2013).	11
Figura 2.3. Obtención de un híbrido simple a partir de tres líneas endocriadas. (Girón, 2023).....	12
Figura 3.1. Precipitación mensual máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024)	13
Figura 3.2. Temperatura mensual mínima, máxima y media en la Comarca Lagunera (CONAGUA, 2024).	14
Figura 3.3. Croquis de campo para realizar cruzas (2024).....	15
Figura 3.4. Cruzas de las líneas androfértil ♂ con el híbrido androestéril ♀.....	17
Figura 3.5. Croquis de campo para evaluación de la F ₁ (2025).....	18

RESUMEN

El ensayo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la UAAAN-UL, ubicado en Torreón, Coahuila, a 25°33'26.31" de latitud norte y 103°22'15.23" de longitud oeste, a una altitud de 1,120 msnm. El propósito principal fue identificar al menos una línea mantenedora mediante cruza de prueba con 16 líneas S5 androfértiles y un híbrido comercial androestéril como probador, además de seleccionar progenies con 100 % de androesterilidad. El experimento se estableció durante los ciclos primavera-verano de 2024 y 2025, realizándose las cruza y la evaluación de progenie los días 19 y 15 de abril, respectivamente. En 2024, la parcela experimental consistió en surcos de 2.5 m de longitud y 0.75 m de ancho por cruza, mientras que en 2025 se establecieron dos surcos de 5 m de largo y 0.75 m de ancho, con una distancia de 0.20 m entre plantas para cada cruza y progenie. La polinización en 2024 se llevó a cabo de manera manual, cosechándose únicamente las plantas femeninas al final del ciclo. En 2025 se sembraron las progenies y se evaluó su comportamiento en relación con el carácter androestéril. Adicionalmente, se cuantificaron las siguientes variables: diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de hojas (NH), número de ramificaciones (NR), diámetro de capítulo (DC), ancho de lígula (AL) y largo de lígula (LL). Los resultados demostraron que la cruza de prueba fue eficaz para identificar la androesterilidad, ya que tres de las ocho cruza generaron descendencia completamente androestéril, como corresponde a líneas mantenedoras. Las líneas identificadas como mantenedoras fueron S36B2, S45B2 y S56B1, mientras que S37B4 y S36B5 mostraron características de líneas restauradoras. En cuanto a las variables evaluadas, las ocho cruza presentaron similitud en altura de planta y diámetro de capítulo, pero mostraron diferencias en el resto de los caracteres. Las correlaciones más altas se encontraron entre AP y DC ($r = 0.74$) y entre NH y DC ($r = 0.64$).

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., Cruza de prueba, Progenies, Androestéril, Línea mantenedora

I. INTRODUCCIÓN

México es el centro de origen más antiguo del girasol (*Helianthus annuus* L.), con base en el análisis y sustento de documentos históricos de México y semillas arqueológicas descubiertas contemporáneamente en los estados de Tabasco y Morelos. Su domesticación data de la época precolombina en México, donde se han encontrado semillas fosilizadas que se remontan hace 4 mil años (Ángeles *et al.*, 2021). Por otro lado Girón (2023) acentúa que fue introducido en Europa en el siglo XVI por los españoles con usos ornamentales, ya en el siglo XVIII ingresa a Rusia donde se llevó a cabo una exhaustiva selección para aumentar la producción de aceite, es ahí cuando toma relevancia y se empieza a distribuir por todo el mundo.

El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) define que el girasol es una especie de relevancia a nivel mundial por su alto contenido de aceite, por otra parte, el resto de la planta se puede administrar como forraje o en complemento con otro y se considera que es un cultivo con requerimientos bajos costos para producirlo. El cultivo de girasol se caracteriza por presentar una alta tolerancia al frío y al déficit de humedad del suelo, lo cual hace que se pueda sembrar en zonas propensas a déficit de lluvias como un cultivo alternativo, así como mejor adaptación a los cambios climáticos contemporáneos como déficit de lluvias y sequías prolongadas (SNICS, 2017).

Desde el punto de vista ornamental el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) menciona que el girasol es una especie muy llamativa; sin embargo, sus beneficios agronómicos y ecológicos son igualmente atractivos. Sus flores proveen de néctar a cientos de insectos, sus raíces ayudan a descompactar el suelo y sus semillas sirven para extraer aceite. Como flor de corte, el girasol también brinda oportunidades para los productores. En México esta flor está transformando el panorama de la agricultura y el comercio local (CIMMYT, 2022).

En cuanto a la producción para uso ornamental el Instituto para la Innovación y Tecnológica en Agricultura (INTAGRI) señala que en México se sembraron 652.45 hectáreas por parte de los estados de México, Baja California y Morelos produciendo

263.721 gruesas de flor de girasol; que representó un valor de \$79, 505,610.00 MXN (INTAGRI, 2021).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) describe que el mejoramiento genético de girasol ha despertado interés en las compañías privadas productoras de semillas desde hace relativamente pocos años con el descubrimiento de la androesterilidad genético-citoplasmática que hizo posible la producción a escala comercial de híbridos de girasol y otras especies (INIA, 1991).

De acuerdo con Acevedo (2017) la finalidad del cultivo del girasol como flor de corte u ornamental es buscar un capítulo sin presencia de polen en las flores ya que éste al dispersarse mancha la ropa y puede ser alérgeno, por ello, los principales cultivares ornamentales no tienen polen. Para esto se requiere contar además de la línea androestéril, con la línea mantenedora, lo que facilitará el incremento de la androestéril.

1.1. Justificación

Una técnica practica para excluir los procesos de emasculación es el uso de progenies androestériles a través de la androesterilidad genético-citoplásmica ahorrando financiamiento, trabajo en jornales de campo y facilitando la producción de semilla para posteriormente difundir semillas híbridas que pueden ofrecerse a precios accesibles para el productor. Es aquí donde contar con una línea tipo mantenedora toma relevancia.

1.2. Objetivo

Identificar y seleccionar una línea de girasol de tipo mantenedora utilizando la cruce de prueba de 16 líneas androfértiles S_5 con un híbrido comercial androestéril.

1.3. Hipótesis

H_0 : Al menos una de las líneas androfértiles S_5 cruzadas con el híbrido androestéril tendrá descendencia 100 por ciento androestéril.

H_a : Ninguna de las líneas androfértiles S_5 cruzadas con el híbrido androestéril tendrá descendencia 100 por ciento androestéril.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El potencial ornamental.

En México es enorme pues hasta la fecha aún no se aprovecha a su totalidad. En México, puesto que los cultivos ornamentales no son un producto básico como cereales, frutas, hortalizas y oleaginosas, la producción de plantas ornamentales reviste una gran importancia cultural, ambiental, social y económica. En México se aprovechan más de 1,000 especies y variedades, ocupando aproximadamente una superficie de 20,000 ha, distribuidas en 20 estados de la república y generando de ocho a 12 empleos permanentes por hectárea beneficiando alrededor de 150 mil familias en el año 2013. Para el sector agrícola mexicano tiene gran relevancia debido al alto valor por la diversidad de flores de corte, follaje, plantas y árboles. Para México se presentan retos en el sector ornamental tales como la producción de semillas puesto que la gran mayoría no se produce aquí en el país o son producidas por empresas privadas (Gómez *et al.*, 2016).

El girasol de uso ornamental tiene un lugar importante en la floricultura extensiva porque es una planta no tan sensible al manejo y tiene una diversidad de colores y tamaños además de sus diferentes usos en la alimentación del ganado, uso industrial en la extracción de aceite y producción de biocombustible (SNICS, 2017).

2.2. Centro de origen e historia del girasol

El girasol se considera originario de Norte América, presumiblemente tenga su origen de la parte norte de México y medio oeste de Estados Unidos hasta Canadá, donde abunda en estado silvestre. Sin embargo, en base a los aqenios arqueológicos hallados recientemente en México (Morelos y Tabasco) se concluye que el centro de domesticación del girasol fue en el centro de México. Era utilizado por los aborígenes americanos como alimento, fuente de energía, así como en forma medicinal y religiosa antes de la conquista del nuevo mundo, se dice que también lo utilizaban como un indicador para el inicio de la caza del Búfalo norteamericano. A mediados del siglo XVI fue introducido a España como planta de ornato, cultivándose en el

siglo XVII en los jardines botánicos de Europa, donde se le conocía como “flor peruana del sol”, iniciándose su cultivo en Bavaria y Franconia en el siglo XVIII y a fines de este siglo en Francia. En Rusia se inicia su cultivo más extensamente a diferencia de otros países a partir de 1820, siendo en la actualidad el principal país productor de girasol. En los Estados Unidos la siembra de girasol para aceite cobra importancia a partir de 1966 (Miramontes *et al.*, 2019).

2.3. Uso general del girasol (*Helianthus annuus* L.)

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) menciona que es comestible, medicinal y ornamental. Con él se elaboran aceites, ya que es sumamente rico en ácidos grasos insaturados. También se producen tostadas, panes, ensaladas, barritas de cereal, ensaladas de frutas y yogur (SIAP, 2023).

2.4. Uso ornamental del girasol

La belleza ornamental de la flor de girasol, es debido a sus características morfológicas decorativas que la hacen ver muy elegante, presenta un capítulo floral que superficialmente aparenta ser una flor, pero si analizamos a detalle podremos darnos cuenta que está compuesta por decenas de flores insertadas en una base llamada receptáculo, además su capítulo floral está rodeado por pequeños pétalos conocidos como lígulas que pueden ser de diferentes tonalidades (Esquivel y Andueza, 2020).

2.5. Producción de girasol ornamental en México

En el anuario estadístico de la producción agrícola el SIAP (2024) publicó la producción de girasol de corte para el ciclo otoño - invierno y primavera - verano, de riego y temporal de acuerdo (Cuadro 2.1).

Cuadro II.1. Anuario estadístico de la producción agrícola

Entidad	Superficie (ha)		Valor de producción (millones de pesos)
	Sembrada	Cosechada	
Baja California	218	218	30,593,550
México	394.51	394.51	53,690,350
Morelos	5.80	5.80	1,668,090
Tlaxcala	2	2	1,564,800
Total	620.31	620.31	87,516,780

SIAP (2024).

2.6. Variedades ornamentales

El listado amplio de algunas variedades de girasol para cultivo extensivo de ornato que ofrece la empresa (Floreska, 2025):

- ❖ Sunflower Pro White Nite
- ❖ Sunflower Vincent's Fres
- ❖ Sunflower Vincent's Choice
- ❖ Sunflower Sunbright
- ❖ Sunflower Sunbright Supreme
- ❖ Sunflower Soleado Max
- ❖ Sunflower Sunshine Max
- ❖ Sunflower Pro Cut Red
- ❖ Sunflower Pro Cut Plum
- ❖ Sunflower Pro Cut Orange
- ❖ Sunflower Pro Cut Brilliance
- ❖ Sunflower Pro Cut Bicolor
- ❖ Sunflower Ful Sun Improved
- ❖ Sunflower Aurora Max

2.7. Época de venta y demanda

De acuerdo con García (2014) en México la fecha de siembra o plantación es importante porque es relacionada estrechamente con la época adecuada en la que el cultivo está en flor y épocas en las que su precio aumenta con las festividades (Cuadro 2.2).

Cuadro II.2. Época de venta y demanda de la flor de girasol

Día festivo y venta	Mes del año	Fecha de siembra o plantación (día)
14 de febrero, "día de San Valentín".	Octubre	25-30
Semana Santa (marzo y abril)	Noviembre	25-30
10 de mayo, "día de las madres".	Enero	25-30
Clausuras y ceremonias escolares (junio).	Febrero	25-28
2 de noviembre "día de muertos".	Julio	20-30
12 de diciembre "día de la virgen de Guadalupe".	Agosto	25-30
24 de diciembre "navidad"	Septiembre	10-20

(García, 2014).

2.8. Aspectos agronómicos del cultivo

2.8.1. Descripción taxonómica del girasol

Se muestra en el (Cuadro 2.3) de acuerdo a Tamayo (2023).

Cuadro II.3. Taxonomía del girasol

Categoría	Taxón
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	<i>Asteraceae</i>
Género	<i>Helianthus</i>
Especie	<i>Annuus L.</i>

(Tamayo, 2023).

2.8.2. Requerimiento edafoclimático

El SIAP (2024) señala que el girasol se desarrolla en cualquier tipo de clima y suelos. Tolerancia a sequías y soporta bajas temperaturas (2 a 4 °C) en etapa del primer par de hojas. Se siembra de cero hasta los 2,500 msnm. Requiere suelos con buen drenaje y no tolera suelos salinos con un pH superior a 4.5.

2.8.3. Siembra y espaciamiento

SAKATA (2022) Concluye que una densidad eficiente en un marco de plantación para girasol ornamental es de 18 cm entre plántulas y de 30 cm entre filas puesto

que esto ayuda a reducir las ramificaciones laterales. Mientras que Tenesaca (2015) acentúa que la profundidad de siembra adecuada para el cultivo es de 2 a 3 cm.

2.8.4. Punto de corte

Se recomienda cortar las plantas cuando las flores estén $\frac{1}{4}$ abiertas, con los pétalos de manera perpendicular al centro del disco. Para alargar la vida de florero, cortar los tallos en el momento apropiado. Por el contrario, si se corta con flores más abiertas tendremos una vida de florero más corta (SAKATA, 2024).

2.8.5. Cosecha y poscosecha

Hay distintos métodos usados por los comerciantes de flores pero el que SAKATA (2022) utiliza es, en vasijas colocar los tallos del girasol en agua tibia inmediatamente después del corte para mejorar la vida de anaquel y las flores duren más tiempo. Los vástagos deben de ser sostenidos después del corte en una solución comercial con un biosida o en agua acidificada ya que los girasoles se benefician con una solución de un pH ácido. También hay daños por botrytis por el uso de agua de alto pH o de agua sucia en campo. Ya cortados son muy sensibles a la falta de agua también asegurar un lugar fresco y sin que reciban los rayos del sol directos para mantener la vigorosidad y frescura, almacenar de 2 a 5 °C esto prolifera la vida en florero de 10 a 15 días. El envío de tallos en posición vertical y en agua garantiza la mejor calidad al momento de ser recibidas por el cliente, prolongando la vida de anaquel.

2.9. Procesos biológicos para producción de semillas híbrida

2.9.1. Endogamia

La autofecundación es un proceso para la formación de líneas puras (S_5 a S_7) este método se emplea en especies alógamas para obtener híbridos con homogeneidad en sus características agronómicas y eliminar caracteres de las poblaciones no deseados o sin valor agronómico específico, requiriendo ocho generaciones de autofecundación para alcanzar niveles superiores al 99% en un solo locus. No obstante, la autoincompatibilidad natural de las flores en el capítulo hacen que el girasol sea una planta alógama obligada, esto limita la obtención de líneas con alto grado de endogamia por factores genéticos, especialmente en las poblaciones

silvestres. De igual manera, se aumenta la probabilidad de encuentro de genes incompatibles, lo que mitiga la producción de semilla viable en el capítulo. Esto índice a que los híbridos se obtengan de cruzas utilizando líneas tempranas como S₂ o S₃ (Ángeles *et al*, 2021).

2.9.2. Esterilidad

Para la clasificación de plantas tomando como referencia las causas de falla en la producción de semillas, es de relevancia distinguir entre incompatibilidad y esterilidad. Puesto que la incompatibilidad se define cuando el polen y óvulos son funcionales y la falta de producción de semilla proviene de alguna falla fisiológica en la fecundación. Normalmente se manifiesta porque el polen no germina sobre el estigma, por un crecimiento lento del tubo polínico u otras razones fisiológicas. La esterilidad por otro lado, tiene la peculiaridad de que los gametos no son funcionales debido a ciertas averías cromosómicas, acciones génicas o influencias citoplásmica que producen el aborto o la alteración de flores, estambres, o pistilos, lo que imposibilita el desarrollo del polen, del saco embrionario o del endospermo. El tipo de esterilidad que compete a los fitomejoradores es la androesterilidad que se refiere la causa por la cual los gametos masculinos (♂) no son funcionales debido mutaciones en los genes, de factores citoplasmáticos o por ambos efectos (Vallejo y Estrada, 2013).

2.9.3. Androesterilidad

En girasol el descubrimiento de la androesterilidad genética en 1968 y la androesterilidad citoplásmica en 1970, hacen posible la producción y difusión de los primeros híbridos en escala comercial para los agricultores haciéndolos más accesibles financieramente (Ingaramo y Feoli, 2008).

Vallejo y Estrada (2013) describen que la androesterilidad se clasifica en tres tipos:

1. Citoplasmática: causada por factores genéticos extra nucleares, de transmisión materna, debido a que en la formación del cigoto el gameto femenino le aporta prácticamente la totalidad del citoplasma.

2. Genética: causada por factores genéticos nucleares, por lo general recesivos.

3. Genético - citoplasmática: determinada por la interacción entre factores nucleares y citoplasmáticos, capaces de restaurar la fertilidad cuando se usan ciertas plantas polinizadoras.

2.9.4. Androesterilidad genético-citoplásmica

Vallejo y Estrada (2013) menciona que este tipo de androesterilidad se presenta por la interacción de un gen nuclear recesivo (**ms**) y un gen citoplasmático (**S**) los cuales definen la descendencia de las plantas que no producen polen o son androestériles (Cuadro 2.4).

Cuadro II.4. Efectos que producen los citoplasmas y los genes para los casos de androesterilidad genético-citoplásmica

Citoplasma	Núcleo	Fenotipo
(N)	Ms-Ms	Fértil
(N)	Ms-ms	Fértil
(N)	ms-ms	Fértil
(S)	Ms-Ms	Fértil
(S)	Ms-ms	Fértil
(S)	ms-ms	Androestéril

Vallejo y Estrada (2013).

Vallejo y Estrada (2013) dan un ejemplo para la producción de semillas híbridas e indican que es necesario contar con tres tipos de líneas: **A, B y R**.

- ❖ **Línea A:** androestéril: **S-ms ms**.
- ❖ **Línea B:** mantenedora de la línea A, genéticamente es parecida a la línea A, a excepción que esta produce polen (**N-ms ms**).
- ❖ **Línea R:** esta es diferente a la línea A y asignada para hacer el cruzamiento con la línea A, para la producción de semilla híbrida. Se le denomina línea restauradora (**N-Ms Ms**).

2.9.5. Obtención de línea mantenedora (Línea B)

Vallejo y Estrada (2013) describen que si una línea androestéril es cruzada con la línea de interés androfértil y si la progenie F₁ de esta cruce es 100% estéril, entonces la línea androfértil sería **N-ms ms**. Semillas derivadas por autofecundación a partir de esa línea androfértil formarán la línea **B (N-ms ms)** (Figura 2.1).

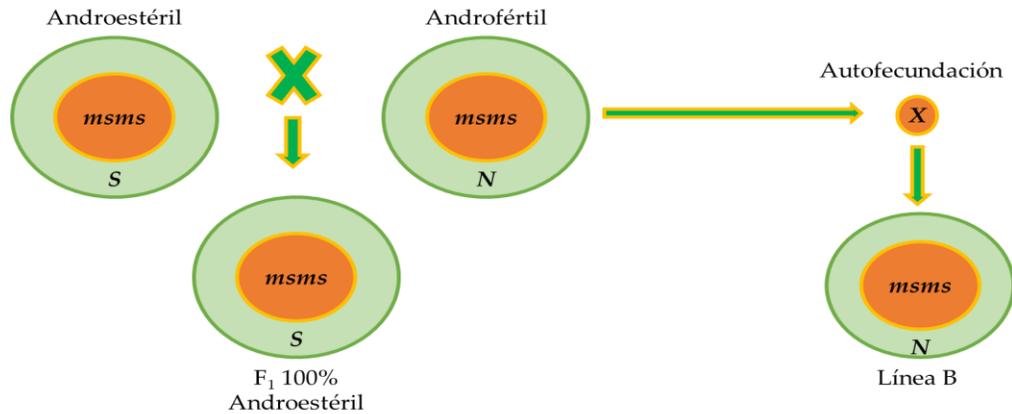


Figura II.1. Producción de la línea mantenedora B (Vallejo y Estrada, 2013).

2.9.6. Obtención de la (Línea A)

Vallejo y Estrada (2013) indican que se usa la progenie F_1 derivada del cruce anterior para producir mediante retrocruzamiento la línea A, que será similar a la línea B, con la excepción que esta tendrá la característica de androesterilidad (Figura 2.2).

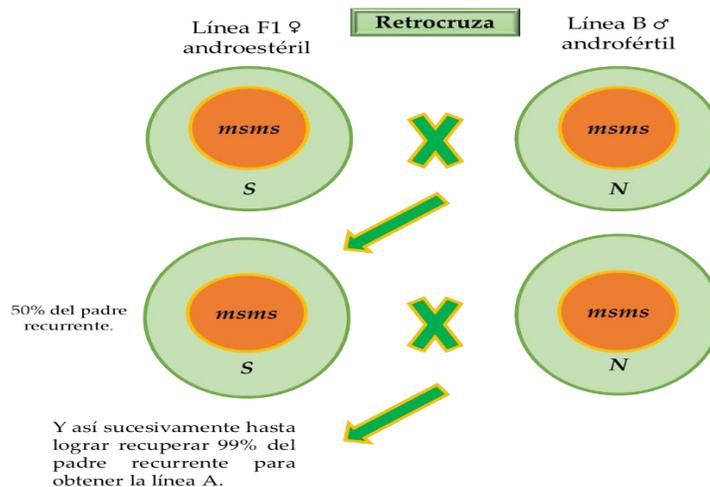


Figura II.2. Obtención de la línea A (Vallejo y Estrada, 2013).

2.9.7. Producción de semilla híbrida.

Vallejo y Estrada (2013), recomiendan una relación de un surco de la línea masculina (línea R: $(N-Ms Ms)$) y cuatro surcos de la línea femenina (línea androestéril A: $(S-ms ms)$). El genotipo del polinizador, deseablemente, debe ser $(N-Ms Ms)$.

Desde el punto de vista de Girón (2023) nos sugiere que para la producción de semilla de híbridos simples se emplean tres líneas llamados A, B y R. La línea A no

puede autopolinizarse entonces se debe mantener su producción cruzándola con la línea B o línea mantenedora que es similar genéticamente a la línea A pero en cambio la línea B produce polen fértil puesto que no posee genes citoplásmicos de androesterilidad. Por último para producción del híbrido, la línea A (androestéril) es cruzada con la línea R o restauradora esta provee de polen a la línea A y aporta los alelos dominantes que restauran la fertilidad en las semillas (F_1) que son cosechadas de las plantas androestériles (Figura 2.3).

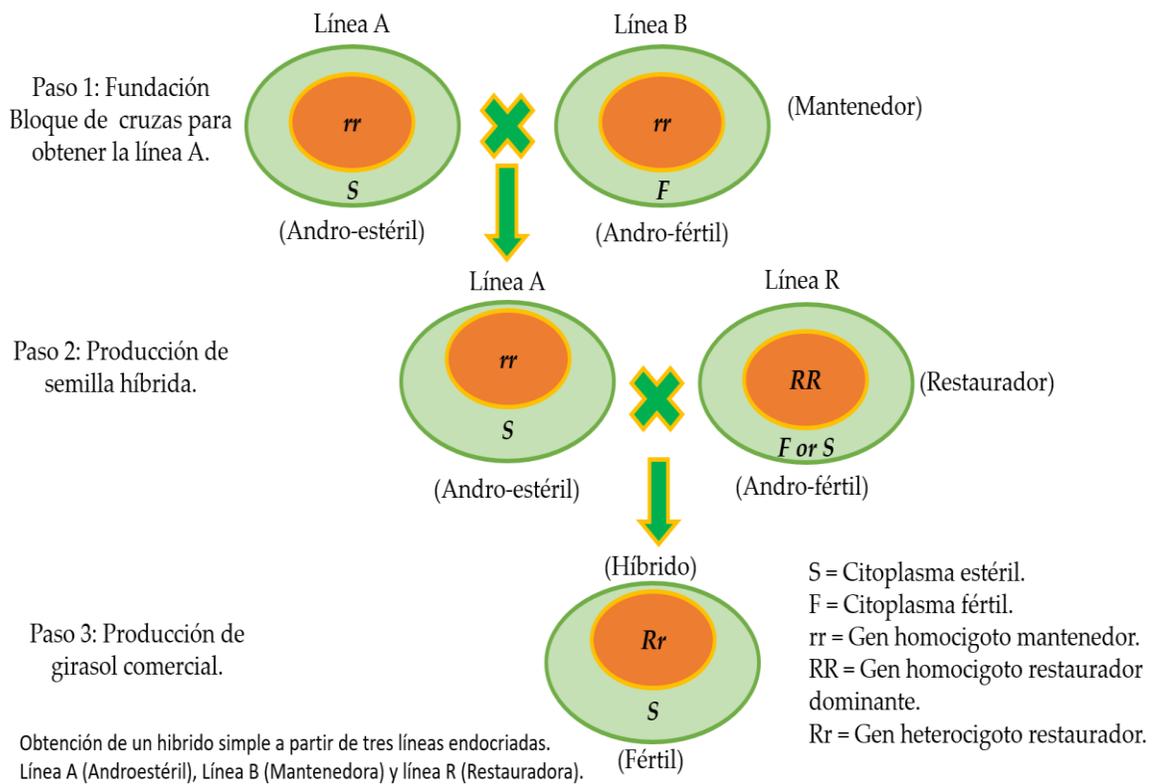


Figura II.3. Obtención de un híbrido simple a partir de tres líneas endocriadas. (Girón, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación consistió en dos etapas: la primera etapa se realizó en el ciclo 2024 donde se realizaron las cruces de prueba y, la segunda etapa se realizó en el ciclo 2025 para evaluar la descendencia (F_1) de las cruces.

3.1. Localización geográfica del experimento

El campo experimental de la UAAAN-UL se encuentra localizado en Torreón; Coahuila, con una latitud de: 25°33'26.31" norte, una longitud de: 103°22'15.23" oeste y una elevación de 1,120 metros sobre el nivel del mar (Google Earth, 2025).

3.2. Clima.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se muestran en las (Figuras 3.1 y 3.2) la precipitación y temperaturas mensual y anual prevalecientes en la Comarca Lagunera (CONAGUA, 2024).

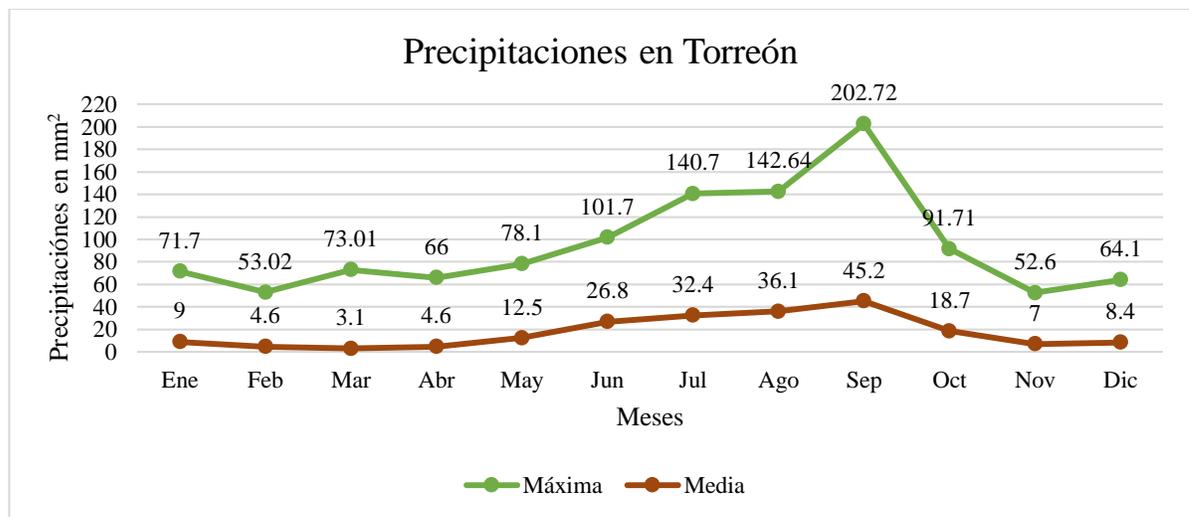


Figura III.1. Precipitación mensual máxima y media en la Comarca Lagunera. (CONAGUA, 2024)

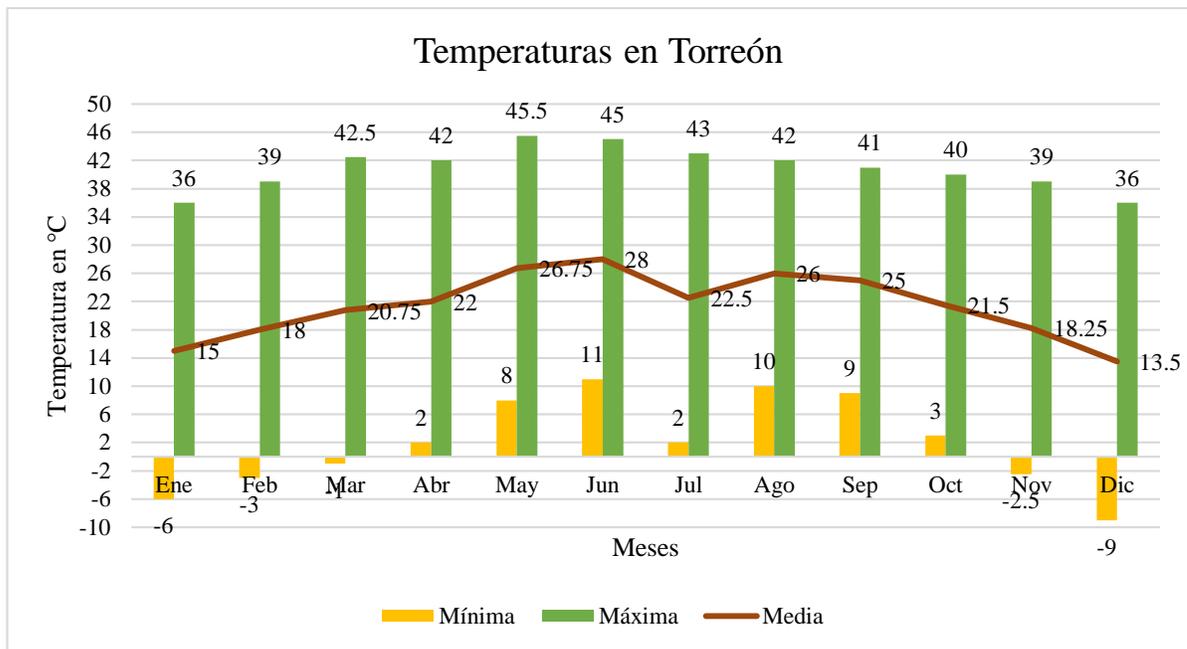


Figura III.2. Temperatura mensual mínima, máxima y media en la Comarca Lagunera (CONAGUA, 2024).

3.3. Material genético para ciclo 1 (2024)

En el año de 2024 se emplearon 16 líneas S₅ androfértiles y un híbrido de origen comercial, el cual fue utilizado como probador.

Cuadro 3.1 Líneas de girasol S₅ androfértiles

Número	Línea
1	S14B1
2	S31B1
3	S31B2
4	S36B1
5	S36B2
6	S36B4
7	S36B5
8	S37B3
9	S37B4
10	S45B2
11	S56B1
12	S3B1
13	S7B1
14	S7B3
15	S10B1
16	S17B1

3.7. Riego

Se irrigó con un sistema de riego por goteo suministrando un volumen de agua constante aproximadamente 1L h por cada gotero distribuido a cada 0.20 m de distancia, regando cada dos o tres días.

3.8. Manejo de maleza

El control de maleza se llevó a cabo de forma manual.

3.9. Control y manejo de plagas

El control químico de plagas se describe en el (Cuadro 3.1).

Cuadro III.1. Control y manejo de plagas

Insectos plaga	Nombre científico	Insecticida	Dosis (L ha⁻¹)	No. de aplicaciones
Palomilla del capítulo.	<i>Homoeosoma spp.</i>	Lambda-Cialotrina.	0.5 - 0.7	1
Chicharrita.	<i>Dalbulos maidis</i>	Deltametrina.	0.5 - 0.7	2
Mosquita blanca.	<i>Bemisia tabaci</i>	Imidacloprid.	0.2 - 0.3	2
Araña roja.	<i>Tetranychus urticae</i>	Abamectina.	1.0	2

3.10. Aporcado

El aporque se realizó de forma manual, cuando la planta tenía 20 cm de altura. El segundo aporque se hizo cuando la planta tenía 30 cm con una reja de arado manual.

3.11. Fertilización

Se empleó la fórmula de 80-40-00 (Cuadro 3.2). También se aplicó fertilizante inorgánico foliar con nombre comercial “Bayfolan” con una dosis recomendada de 5 ml por litro de agua, usado inicialmente durante las primeras etapas de crecimiento.

Cuadro III.2. Aplicación de fertilización granulada por hectárea para el cultivo de girasol.

	N:	P:	K:	Kg de fertilizante a utilizar.
UREA 46-00-00	64.349	---	---	29.600 Kg de UREA
DAP 18-46-00	15.651	40	---	86.956 Kg de DAP
	0	0	0	

3.12. Cruzas entre líneas S₅ androfértiles (♂) y el híbrido androestéril (♀) como probador.

Se realizaron cruzas de prueba de las 16 líneas S₅ androfértiles. El proceso de polinización se hizo por las mañanas y las tardes, cubriendo con bolsas de papel los capítulos de las líneas androfértiles ♂ para evitar la polinización cruzada. Se recolecto el polen sacudiendo los capítulos, para después depositarlo en la línea hembra ♀. También se utilizó el método de unir capítulos (♀ y ♂) para hacerlo más práctico, al término de la polinización se cubrían ambas plantas (♀ y ♂) para evitar la entomopolinización.

Al final solo se realizaron ocho de las 16 cruzas originalmente planeadas, debido a que no se presentó sincronía floral en ocho líneas S₅ y el probador.



Figura III.4. Cruzas de las líneas androfértil ♂ con el híbrido androestéril ♀.

3.13. Cosecha

La cosecha se realizó manual en las siguientes líneas S₅: S56B1, S45B2, S37B4, S37B3, S36B5, S36B4, S36B2 y S36B. La semilla se guardó en sobres de papel en un ambiente fresco y seco alejada de roedores y fuentes de humedad para evitar que las semillas sufran daños físicos o químicos.

3.14. Material genético para ciclo 2 (2025)

En la primavera del 2025, se utilizó la semilla F₁ de la descendencia de ocho líneas S₅ con el probador.

3.15. Siembra y diseño de siembra

La siembra se estableció el día 15 de abril del 2025, ciclo primavera – verano. La parcela experimental para cada progenie F₁ consistió de dos surcos de 5 m de largo y 0.75 m de ancho para cada progenie. La siembra se realizó manualmente depositando 2 semillas por cada 20 cm (Figura 3.5).

Mezcla											
Mezcla		S36B2 x H		S36B5 x H		S37B4 x H		S37B3 x H		S45B2 X H	Mezcla
		1		8		9		16		17	
Mezcla		S36B2 x H		S36B5 x H		S37B4 x H		S37B3 x H		S45B2 X H	Mezcla
		2		7		10		15		18	
Mezcla		S36B1 x H		S45B2 x H		S56B1 x H		S36B4 x H		S36B2 X H	Mezcla
		3		6		11		14		19	
Mezcla		S36B1 x H		S45B2 x H		S56B1 x H		S36B4 x H		S36B5 X H	Mezcla
	Pasillos	4		5		12		13		20	
Mezcla											

Figura III.5. Croquis de campo para evaluación de la F₁ (2025).

3.16. Conteo de fertilidad y androesterilidad

Al momento de la floración se contabilizaron las plantas con flores androestériles y androfértiles para cada una de las ocho progenies.

3.17. Características agronómicas a evaluar (variables de respuesta)

- ❖ **Diámetro del tallo (DT):** Se estimó con un vernier cuando las plantas estaban próximas a la antesis.
- ❖ **Altura de planta (AP):** Se cuantificaron los centímetros que tenía cada planta cuando estaba en la plenitud floral, desde la base de la planta hasta el botón floral con una cinta métrica.
- ❖ **Número de hojas (NH):** Se estimaron por conteo visual cuando la planta estuviera en antesis contando pieza por pieza.
- ❖ **Número de ramificaciones (NR):** Se determinó si las plantas tenían presencia de ramificaciones con inflorescencia, se cuantificaron visualmente.
- ❖ **Diámetro total del capítulo (DC):** Se determinó midiendo la parte exterior del capítulo tomando en cuenta las brácteas.
- ❖ **Ancho de lígula (AL):** Estimadas con un vernier en cm.
- ❖ **Largo de lígula (LL):** Estimadas con un vernier en cm.
- ❖ **Androesterilidad (AS):** Las plantas androestériles se identifican fenotípicamente.

3.18. Diseño experimental.

Para las variables de respuesta se realizó un análisis de varianza, donde se utilizó un diseño en bloques al azar con ocho tratamientos y diez repeticiones. Posteriormente se realizó prueba de medias por el método de Tukey (Cuadro 3.3).

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = variables evaluadas en la unidad experimental, μ = efecto de la media, B_j = efecto de los bloques j , T_i = efecto de los tratamientos i y E_{ij} = efecto del error experimental.

Cuadro III.3. Modelo del análisis de varianza para un experimento bloques al azar

FV	GL	SC	CM	F Cal
Bloques	$(B - 1)$	$\frac{\sum X_j^2}{T} - F.C. = A$	$\frac{A}{B-1}$	$\frac{CMB}{CME}$
Tratamientos	$(T - 1)$	$\frac{\sum Xi^2}{B} - F.C. = B$	$\frac{B}{T-1}$	$\frac{CMT}{CME}$
Error E.	$(T - 1)(B - 1)$	$\sum X_{ij} - \sum X_j - \sum X_i = C$	$\frac{C}{(T - 1)(B - 1)}$	
Total	$TB - 1$	$\sum X_{ij}^2 - F.C.$		

B: bloques. **T:** tratamientos. \sum : sumatoria. **X:** datos. **X_j:** datos de los bloques. **X_i:** datos de los tratamientos. **F.C.**= factor de corrección.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la descendencia de las cruzas de prueba.

De acuerdo a las hipótesis planteadas se observaron los siguientes resultados (Cuadro 4.1).

4.2. Androesterilidad

De las ocho cruzas de girasol androfértil ♂ con androestériles ♀, se detectaron tres cruzas con descendencia 100 porciento androestéril, dos 100 porciento androfértil, tres con aproximadamente 50 porciento fértil y 50 porciento estéril.

Las F₁ androestériles fueron: S36B2, S45B2 y S56B1, son un indicador de que las líneas respectivas son del tipo mantenedora, es decir que llevan el genotipo homocigoto recesivo (ms ms) en el núcleo con un citoplasma estéril (S).

Las cruzas S37B4 y S36B5 resultaron 100 % androfértiles, lo que sugiere que el citoplasma corresponde al tipo F y que el núcleo es homocigoto para MS, característica típica de una línea restauradora (R) de la fertilidad, con gran importancia en la producción de híbridos destinados a la obtención de semilla. En contraste, las cruzas S36B1, S37B3 y S36B4 no son útiles para los objetivos del estudio, ya que generan descendencias tanto androestériles como androfértiles (Cuadro 4.1).

Cuadro IV.1. Generación F₁ de la crusa de prueba de un genotipo androestéril y ocho líneas androfértiles.

Probador androestéril (♀)	Línea androfértil (♂)	F ₁		Total
		Fértil	Estéril	
Hibrido	S36B2	0	15	15
Hibrido	S45B2	0	12	12
Hibrido	S56B1	0	15	15
Hibrido	S37B4	11	0	11
Hibrido	S36B5	15	0	15
Hibrido	S36B1	4	6	10
Hibrido	S37B3	4	6	10
Hibrido	S36B4	6	4	10

Lo anterior coincide con el trabajo de Echeverría *et al.* (2003) quienes obtuvieron plantas androestériles en las cruzas y retrocruzas realizadas, lo anterior concuerda con Girón (2023) quien también encontró plantas androestériles en cruzas de girasol silvestre, el describe que determinadas accesiones androestériles presentaron una menor amplitud y longitud en la lígula en comparación con las restauradoras o fértiles. Las restauradoras presentaron pigmentación diferente al amarillo. Se observa que los resultados presentan una similitud con los obtenidos en el presente trabajo.

4.3. Características agronómicas evaluadas en las cruzas.

Se evaluaron siete variables cuantitativas (DT, AP, NH, NR, DC, AL Y LL) y una cualitativa (AS), en ocho cruzas de girasol.

En el (Cuadro 4.2) se presentan los valores de significancia de los cuadrados medios obtenidos en el ANOVA para las variables analizadas en los ocho tratamientos. El ANOVA mostró diferencias significativas para las variables de DT, NH, NR, AL y LL, el resto fue no presentaron diferencias significativas. Esto implica que los ocho tratamientos difieren biológicamente para DT, NH, NR, AL y LL, pero similares para AP y DC, lo cual se explica porque en generaciones previas estas dos características se han seleccionado como objetivo para uso ornamental, estos resultados concuerdan con los propuestos por Carrillo y Orbes (2022) quienes proponen que el tamaño ideal de capitulo para girasol de ornato es menor que 8.1 cm. Después de los 10 cm es de tamaño extra.

El coeficiente de variación de las variables evaluadas fluctuaron entre 12.73 y 126.41 %. Según Gómez y Gómez (1984) y Patel *et al.* (2001), los coeficientes de variación pueden variar ampliamente dependiendo del tipo de experimento, estableciendo como rangos aceptables: 6 a 8 % en la evaluación de cultivares, 10 a 12 % en ensayos de fertilización y 13 a 15 % en pruebas de plaguicidas. Por su parte, Pimentel (1985) indica que, en estudios agrícolas, los coeficientes de variación se clasifican como bajos cuando son menores al 10 %, medianos entre 10 y 20 %, altos de 20 a 30 % y altos cuando superan el 30 %. Diversos autores (Gómez y Gómez,

1984; Martínez, 1988; Patel *et al.*, 2001) coinciden en que valores superiores al 30 % deben descartarse, debido a la baja precisión de los datos. Con base en estos criterios, cuatro variables (DT, NH, AL y LL) se ubicaron dentro del rango medio (10–20 %), mientras que AP y DC también se encontraron en el rango aceptable; en contraste, la variable NR fue descartada al presentar un coeficiente de variación de 126.41 %.

Cuadro IV.2. Significancia de cuadrados medios del ANOVA de las variables agronómicas evaluadas en ocho cruces de girasol ornamental

FV [†]	gl	Cuadrados medios						
		DT (cm)	AP (cm)	NH	NR	DC (cm)	AL (cm)	LL (cm)
Bloques	9	0.28ns	295.86ns	8.78ns	51.86ns	2.47ns	0.12ns	0.31ns
Tratamientos	7	0.54*	823.19ns	43.70*	349.44*	5.42ns	0.40*	3.85*
EE	63	0.12	367.48	8.19	55.86	2.35	0.07	0.37
Total	79							
CV (%)		16.88	24.22	13.74	126.41	21.45	14.78	12.73

*, **: Significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad respectivamente, ns: no significativo, [†]FV: fuente de variación, gl: grados de libertad, DT: diámetro de tallo, AP: altura de planta, NH: número de hojas, NR: número de ramas, DC: diámetro de capítulo, AL: ancho de lígula, LL: largo de lígula, EE: error experimental, CV (%): Coeficiente de variación.

La prueba de comparación de medias correspondiente a las ocho cruces de prueba y las siete variables evaluadas se presenta en el (Cuadro 4.3). Respecto al diámetro de tallo (DT), la cruz S56B1 registró el valor más alto con 2.48 cm, siendo estadísticamente igual a las cruces S45B2, S37B4, S37B3 y S36B5. Por el contrario, la cruz S36B4 mostró el menor diámetro de tallo. Asimismo, las cruces S56B1 y S45B2 produjeron una descendencia 100 % androestéril. Respecto a la altura de planta (AP), no se detectaron diferencias significativas entre las cruces, con un promedio general de 79.12 cm. En relación con el número de hojas (NH), la media fue de 20.82, alcanzándose un máximo de 23.6 hojas en la cruz S56B1, siendo estadísticamente similar a seis cruces adicionales, pero distinta de S36B1, que presentó el valor más bajo con 17.0 hojas. Por último, para el diámetro de capítulo (DC), las ocho cruces resultaron estadísticamente iguales, con un promedio de 7.14 cm.

Las flores son un elemento importante en la reproducción de muchas plantas, sus patrones formas y colores atraen a polinizadores específicos, pero también pueden ayudar a proteger la planta de depredadores y estreses ambientales. En el presente

trabajo se consideraron las dimensiones de la lígula tanto ancho y longitud. Para ancho de lígula (AL) las cruzas S56B1, S36B4 y S37B3 muestran el mayor ancho de lígula con 2.15, 2.03 y 2.00 cm respectivamente y estadísticamente superiores al resto. Estos valores fueron superiores a los encontrados por López (2025) y Girón (2023). Esto significa que para girasol ornamental se prefiere una lígula lo más ancha posible.

Respecto a largo de lígula (LL) la cruz S36B1 con 5.67 cm fue la que presentó significativamente la mayor dimensión-longitud de lígula seguida de S36B5, S36B4 y S37B3, 5.45, 5.41y 4.84 cm. Girón (2023) describe valores que oscilan de 3.94 a 5.79 cm, los cuales son similares a los obtenidos en el presente trabajo.

Cuadro IV.3. Prueba de medias para la generación F₁ de las ocho cruzas de prueba.

Tratamientos	Promedio de las variables						
	DT (cm)	AP (cm)	NH	NR	DC (cm)	AL (cm)	LL (cm)
S56B1	2.48a*	92.70a	23.60a	0.00b	7.18a	2.15a	4.21c
S45B2	2.31ab	71.00a	22.20ab	0.00b	6.51a	1.63c	4.02c
S37B4	1.86ab	66.40a	22.00ab	9.40ab	6.02a	1.72bc	4.36c
S37B3	2.28ab	82.80a	21.90ab	6.50b	8.03a	2.00abc	4.84abc
S36B5	1.89ab	77.10a	20.90abc	17.00a	6.95a	1.67bc	5.45ab
S36B4	1.86b	78.10a	19.90abc	0.00b	8.11a	2.03ab	5.41ab
S36B2	2.09b	90.30a	19.10ab	7.90ab	7.62a	1.76bc	4.74bc
S36B1	2.13b	74.60a	17.00c	6.50b	6.97a	2.04c	5.67a
*Tukey	0.5	26.9	4.0	10.5	2.1	0.38	0.86
Media	2.11	79.12	20.82	5.91	7.14	1.87	4.83

*Tukey al 0.05 de probabilidad. **DT**: diámetro de tallo. **AP**: altura de planta. **NH**: número de hojas, **NR**: número de ramas, **DC**: diámetro de capítulo, **AL**: ancho de lígula, **LL**: largo de lígula, **: letras iguales presentan igualdad estadística.

En el (Cuadro 4.4) se presentan el coeficiente de correlación de Pearson (r) y su nivel de significancia. De acuerdo con Dagnino (2014), este coeficiente varía desde -1 hasta +1, pasando por 0; cuanto más cercano sea el valor a ± 1 , mayor será la relación entre las variables. En este análisis solo se identificaron dos correlaciones significativas: entre diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP), con un coeficiente de 0.74, y entre número de hojas (NH) y diámetro de capítulo (DC), con un valor de 0.64.

Cuadro IV.4. Coeficiente de correlación Pearson y significancia entre las variables evaluadas.

	DT[†]	AP	NH	NR	DC	AL	LL
DT	-----	0.74*	0.33ns	0	-0.14ns	0.20ns	0.32ns
AP		-----	0.53ns	0	0.01ns	0.01ns	0.35ns
NH			-----	0	0.64*	-0.30ns	-0.04ns
NR				-----	0	0	0
DC					-----	0.07ns	-0.53ns
AL						-----	-0.02ns
LL							-----

[†]DT: diámetro de tallo. AP: altura de planta. NH: número de ramas. NR: número de ramificaciones. DC: diámetro de capitulo. AL: ancho de lígula. LL: largo de lígula. *: Correlación Significativa. ns: correlación no significativa. * significativo al 0.05 de probabilidad..

V. CONCLUSIONES

- ❖ Se acepta la hipótesis nula (H_0) donde tres de las ocho cruzas dieron descendencia (F_1) 100 por ciento androestériles como se esperaría de una línea mantenedora.
- ❖ Las líneas que se expresaron como mantenedora fueron: S36B2, S45B2 y S56B1.
- ❖ Las líneas S37B4 y S36B5 mostraron características tipo restauradoras ya que presentaron ramificaciones y presencia de polen en la F_1 .
- ❖ Las líneas S36B1, S37B3 y S36B4 se caracterizaron por tener un 50 y 50 por ciento de androfértil y androestéril en la generación F_1 .
- ❖ Las ocho cruzas fueron similares en altura de planta (AP) y diámetro de capítulo (DC) y diferentes para el resto de variables.
- ❖ La mayor correlación se observó entre altura de planta AP y diámetro de capítulo DC, y NH y DC con valores de 0.74 y 0.64 respectivamente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo R., M. E. (2017). Diagnóstico del sistema de producción en cultivo de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) en san Bartolo, Amanalco de Becerra. Amanalco de Becerra, México: Universidad Autónoma del Estado de México. 65 p.
- Ángeles E. A., Pimienta B., E., Padilla G., J. M., Arellano R., L. J., & Rodríguez G., E. (2021). *Evaluación del vigor híbrido en cruzas de girasol (Helianthus annuus L.) con líneas tempranas s1 de bajo contenido de aceite*. Artículo científico. (Vol. 31). Guadalajara, México: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 16 p.
- Arévalo, D., Pineda, A., Herrera-Reyes, S., Villaseñor-Ortiz, D., & Jaramillo, E. (2023). Influencia de bioestimulantes y aguas contaminadas en la morfología del girasol ornamental *Helianthus annuus* L. *Manglar*, 20(2), 123-130.
- Arzate F., A. M., Piña E., J. L., Norman M., T. H., Arroyo M, H. A., & . (2019). *Apuntes de genética vegetal* (1 ed.). México: Universidad Autónoma del Estado de México. 262 p.
- Avila M., J., Avila S., J. M., Rivas S., F. J., & Martínez H., D. (2019). *el cultivo de girasol sistemas de producción en el noreste de México*. Sonora, México: Universidad de Sonora. 61 p.
- Bartosik R; Abadía B; Cardoso L; De la Torre D y Gisele Maciel. (2016). *Almacenamiento y acondicionamiento de girasol: un enfoque hacia las buenas prácticas*. Ediciones INTA. Buenos Aires Argentina. 28 p.
- Bayer. (2024). Productos Fitosanitarios Bayfolan Forte. <https://www.quimagro.com.mx/web/content/14639/Bayfolan-Forte-Ficha-tecnica.pdf> (Consultado el 19, 05, 2024).
- Beltrán, J. P., Roque, E., Medina, M., Madueño, F., Gómez, M. D., & Cañas, L. A. (2007). Androesterilidad inducida mediante ingeniería genética en plantas: fundamentos y aplicaciones biotecnológicas. *Real Academia Nacional de Farmacia* (Vol. 73, No. 4).
- Cabrera S, A. (2009). Evaluación de diferentes niveles de vermicompost en el desarrollo de girasol ornamental en maceta (*Helianthus annuus* L.). Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2290/Tesis%20Girasol.pdf?sequence=1> (7, marzo, 2024).
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2022). [cimmyt.org](https://www.cimmyt.org). Consultado el 06 de marzo de 2024, de Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/un-girasol-para-el->

annuus L.) introducido a partir de *H. resinosus* Small. *Fitomejoramiento*, 122 (4), 357-361.

Esquivel M., G. T., & Andueza N, R. H. (2020). *Una mirada al sol: Helianthus annuus y su belleza ornamental*. Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Consultado el (09 de 04 de 2024). 128-132 p.

Eyhérabide , G. H. (2022). *Genética cuantitativa para mejoradores de plantas*. DNA Comunicación Institucional. Ediciones INTA. Buenos Aires Argentina. 484 p. Consultado en <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12529> (8,marzo, 2024).

FAOSTAT. (2025). FAO. Datos sobre la alimentación y agricultura. Obtenido de fao.stat: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> (27, mayo, 2025).

Fernández E, R., Trapero C, A., & Domínguez J, J. (2018). *Experimentación agraria*. https://www.google.com.mx/books/edition/Experimentaci%C3%B3n_agraria/zxOgDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=experimentacion+agricola&printsec=frontcover Consultado el (02 de 06 de 2024).

Fertilab. (2014). *Los Fertilizantes y sus Características*. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Los%20Fertilizantes%20y%20sus%20Caracteristicas.pdf>. 3 p. (27, mayo, 2024).

Fiallos, G. (2021). La correlacion de pearson y el proceso de regresión por método de minimos cuadrados. México: Ciencias Latina Revista Multidisciplinar. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/466/573> (18, agosto, 2024).

Floreska. (2025). Semillas para flor de corte. Obtenido de Floreska.com.mx: <https://www.floreska.com.mx/> (25, octubre, 2024).

Gómez V, A. J., Avila, M. A., de la O O, M., Gómez V, F. P., García R, J. J., Zamora, M.,. Palemón A, F. (2020). *La interacción genotipo ambiente en la investigación agrícola*. (Primera Edición ed., Vol. 1). Celaya, Guanajuato, México: INIFAP. Consultado el (07 de marzo de 2025).

Gómez-Montiel O., E. Villavicencio-Gutiérrez, M. A. Serrato-Cruz, J. M. Mejía-Muñoz, M. G. Treviño-de Castro, H. L. Martínez González, M. Rodríguez-Olvera, L. Granada-Carreto, M. Flores-Cruz, J. Reyes-Santiago, M. Á. Islas-Luna, E. Salomé-Castañeda, R. A. Menchaca-García, C. M. Espadas-Manrique, L. Hernández-Sandoval, L. M. Vázquez-García, M. T. B. Colinas-León, F. Martínez-Martínez, O. Vargas-Ponce & E. Ríos-Santos. 2017. Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. México. 152 pp.

- Gómez-Montiel, O., Villavicencio-Gutiérrez, E., Serrato-Cruz, M. A., Mejía-Muñoz, J. M., Treviño-de Castro, M. G., Martínez-González, H. L., ... & Ríos-Santos, E. (2016). Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. Cd. Mx., México, 14-17.
- García F, A. (2014). *Manual del crisantemo* (1 ed.). Estado de México: ICAMEX. 12 p. Consultado en el sitio web: <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/CRISANTEMO.pdf> (06 de Marzo de 2024).
- Girón, D. J. (2023). *Características morfológicas de una accesión de girasol silvestre (Helianthus annuus L.) con presencia de androesterilidad*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Sur. Consultado el (06 de Marzo de 2024).
- Gómez E, J. A., Rosas Q, R., Salvador F, M., Vázquez O, A., & Gálvez L, D. (2021). *Genética de la arquitectura de plantas: caso mango Ataulfo* (Vol. 4). Tapachula, Chiapas, México: Instituto de Biociencias y Universidad Autónoma de Chiapas. Consultado el (07 de Marzo de 2024).
- Gómez G, O. J., & Minelli, M. (2002). *La producción de semillas*. Universidad de Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/2802/1/nf03g633.pdf>. 207p. (01, junio, 2024).
- Gómez V, A. J., Avila P, M. A., de la O O, M., Gómez V, F. P., García R, J. J., Zamora D, M., Palemón A, F. (2020). *La Interacción Genotipo Ambiente en la Investigación Agrícola* (1 ed., Vol. 1). Celaya, Guenajuato, México: inifap. Consultado el (10 de febrero de 2025).
- Gómez, K.A., y A.A. Gómez 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA.
- Google Earth. (2025). Versión en línea. Obtenido de earth.google.com: <https://earth.google.com/web/> (22, junio, 2025).
- Grandinetti , G. (2022). *Incidencia de las recompensas florales en la producción de semilla híbrida de girasol*. Tesis de maestría. Bahía Blanca, Argentina: Universidad del Sur. 147 p.
- Ingaramo, J., y Feoli, C. (2008). *La importancia del complejo girasol en la Argentina*. Argentina: INTA. Recuperado el 2025, de http://www.lafranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/El_Girasol_en_la_region_semiarida_pampeana.pdf (23, julio, 2025).
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2002). *Glosario de términos útiles para el manejo de los recursos fitogenéticos* (1 ed.). (P.

- Henríquez, Ed.) San Salvador, El Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Consultado el (13 de 04 de 2024). 48p.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) PROCISUR. (1994). *Dialogo XLI mejoramiento genético de girasol*. (D. J. Puignau, Ed.) Montevideo, Montevideo, Uruguay. Consultado el (30 de 03 de 2024). 148 p.
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). (1991). *Curso Producción de Maravilla* (25 ed.). Santiago, Chile: Programa Transferencia de Tecnología. Consultado el (07 de Marzo de 2024). 118 p.
- Instituto para la innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). (2021). Cultivo de Girasol en México (Vol. 49). México: Equipo editorial INTAGRI. Recuperado el 30 de noviembre de 2024, de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/cultivo-de-girasol-en-mexico>
- Ivancovich, A., y Lavilla , M. (2016). *Diagnóstico y manejo de enfermedades en girasol*. Buenos aires: Universidad Nacional del Noreste de Buenos aires INTA Pergamino. 67 p.
- John Deere. (2024). *John Deere Agricultura*. <https://www.deere.com.mx/es/agricultura/>: <https://www.deere.com.mx/es/agricultura/>. Consultado el (21 de 04 de 2024).
- Liotta M; Carrión R; Ciancaglini A y Olgún A (2015). *Manual de capacitación: riego por goteo* (1ed.). UCAR. Unidad para el Cambio Rural. <http://www.prosap.gov.ar/Docs/3-%20Sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf> . (21 de 04 de 2024). 15 p.
- López Rodas, S. A., y Espinoza Banda, A. (2025). Características agronómicas y correlaciones fenotípicas en girasol para flor de corte en líneas S5. Tesis licenciatura sin publicar. UAAAN UL, Torreón Coahuila. México.
- Martínez, A. 1988. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México.
- Massey Ferguson. (2024). *Tractores e Implementos Agrícolas*. www.masseyferguson.mx: <https://www.masseyferguson.mx/implementos/cultivadores>. Consultado el (21 de 04 de 2024).
- Miramontes A. J. A., Ávila S. J. M., Rivas S. F. J., Martínez H. D. (2019). *El cultivo de girasol sistemas de producción en el noreste de México*. Sonora, México: Universidad de Sonora. 61 p.
- Moreno M., M., Peña L., A., Sánchez C., J., Rodríguez P., J., & Mora A. , R. (2002). *Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (physalis ixocarpa Brot)* (3 ed., Vol. 25). Texcoco, México:

Revista Fitotecnia Mexicana. Consultado el (01 de 06 de 2024), de <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/25-3/1a.pdf>. 231-237 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). *Manejo Integrado de Plagas y Plaguicidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>. Consultado el (31 de 03 de 2024).

Palacios E, A., & Murillo A, B. (2010). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias* (1 ed.). Baja California Sur, México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, B.C.S., México. 432 p.

Patel, J.K., N.M. Patel, y R.L. Shiyani. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. *Curr. Sci.* 81(9):1163-1164.

Pimentel, F. 1985. *Curso de estadística experimental*. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.

Polanco P, M. F. (2007). *Maquinaria y Mecanización Agrícola*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado el 21 de 04 de 2024

Reséndez, A. M., de los Santos, A. C., Bernal, F. S., Carrillo, J. L. R., Salazar, R. L., & Grijalva, O. A. (2023). Desarrollo del girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) en mezclas de vermicompost: arena. *Agraria*, 20(3), 11-16.

Reyes Castañeda, P. (1990). *Diseño de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud*. Trillas. (3 ed.). México. 348 p.

Rico, M. E. (2017). *"Diagnostico del sistema de producción de girasol ornamental (Helianthus annuus L) en San Bartolo, Amanalco de Beccerra"*. Toluca, Estado de Mexico, México: Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110635/2016%20Ma%20Elizabeth%20Acevedo%20Rico.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Consultado el (08 de Marzo de 2024) 65 p.

Roland Von Bothmer, Oscar Díaz Carrasco, Torbjörn Fagerström, Stefan Jansson, Fernando Ortega-Klose, Rodomiro Ortiz & Miguel Ángel Sánchez. 2022. Más allá de los OGM, ciencia y fitomejoramiento para una agricultura sostenible. 204 p.

SAKATA. (2024). Vincent's. Consultado el 01 de 04 de 2024, de sakataornamentals.com: <https://sakataornamentals.com/plantname/vincent/>

SAKATA. (2022). *Consejos culturales de girasol Vincent@s*. <https://sakataornamentals.com/wp-content/uploads/sites/13/2022/02/Consejos->

culturales-de-Helianthus-annuus-Vincentis.pdf . Consultado el (30 de 03 de 2024).

Santiago de Gea, G. (1997). Manual de mejoramiento genético básico en caprinos. Universidad Nacional de Rio Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Monografía del girasol*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/838428/girasol_monografia_2023.pdf. Consultado el (31 de 03 de 2024).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2025). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en www.gob.mx/siap:
https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ (26 de 3 de 2025).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Monografía del girasol. Consultado el 31 de 03 de 2024, de SIAP.gob.mx:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/838428/girasol_monografia_2023.pdf

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (01 de Agosto de 2017). www.gob.mx. Recuperado el 05 de Marzo de 2024, de Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas:
<https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/girasol-helianthus-spp>

Silva Garza, M. A., Gámez González, H., Zavala García, F., Cuevas Hernández, B., & Rojas Garcidueñas, M. (2001). Efecto de cuatro fitoreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. *Ciencia UANL*, 4(1), 69-75.

Tamayo M, A. G. (2023). *Proyecto de investigación, Caracterización morfológica, patogénica y molecular del agente causal de la roya blanca en girasol (Helianthus annuus L.)*. Cevallos, Ecuador: Unidad técnica de Ambato facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. Consultado el (27 de 03 de 2024). 67 p.

Tenesaca Q, C. M. (2015). *Fenología y profundidad radical del cultivo de girasol (helianthus annuus) var. sunbright en el sector querochaca, cantón cevallos, provincia de tungurahua*. Tesis. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Consultado el (08 de 04 de 2024).

The SAS system. (2025). For Windows. Version 9.0. En línea: welcome.oda.sas.com:
<https://welcome.oda.sas.com/>

Toro, J. E., Montoya, M. P., Martínez, V., Gutiérrez, D., & Vergara, A. M. (2010). *Consecuencias de la autofecundación sobre la tasa de crecimiento y supervivencia de Argopecten purpuratus* (Vol. 42). Artículo. Chile: Instituto de Biología Marina "Dr. Jürgen Winter", Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile,

- Santiago, Chile e Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt, Chile. <https://www.scielo.cl/pdf/amv/v42n2/art07.pdf>. 63-70 p. Consultado el (01 de 06 de 2024).
- Universidad Autónoma del estado de México (UAEM). (2012). Estadística. https://apps.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w23962w/Correlacion_lineal.pdf . Consultado el (22 de 01 de 2012).
- Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2013). *Mejoramiento genético de plantas* (2 ed.). Universidad Nacional, Sede Palmira., Santiago de Cali, Colombia. 454 p.
- Varela, S. A., & Arana, V. (2011). *Latencia y germinación de semillas; tratamientos pregerminativos*. (Vol. 3). EEA Bariloche, INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11393>. Consultado el (05 de 06 de 2024).
- Villas B, R. M., Magno B, A., y De Castro, C. (2005). *Girassol no Brasil* (1 ed.). Embrapa Soja, Londrina, Brasil. Consultado el (29 de 03 de 2024).
- Vital-Vilchis, Isabel, Quiñones-Aguilar, Evangelina Esmeralda, Hernández-Cuevas, Laura Verónica, & Rincón-Enríquez, Gabriel. (2020). Crecimiento de girasol ornamental en maceta a nivel de campo por efecto de hongos micorrízicos arbusculares. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 679-692. Epub 12 de enero de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.715>.
- Zaragoza, G. d. (2019). La Laguna. Recuperado el 15 de 04 de 2024, de <https://investcoahuila.com/wp-content/uploads/2020/08/SEC-LAGUNA-2019-SEP.pdf>
- Zumbado Arrieta, M., & Azofeifa Jiménez, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. (1 ed.). Heredia, Costa Rica: Programa Nacional de Agricultura Organica (PNAO).