



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**Respuesta del cultivo de girasol bajo
diferentes fuentes nutrimentales y fechas
de siembra, en el Estado de México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A N:

GRANADOS MAYORGA ANA KAREN

VIZCARRA HERNÁNDEZ IGNACIO FERNANDO

ASESOR: Dr. GUSTAVO MERCADO MANCERA

**COASESORA: M.I. MARTHA ELENA DOMÍNGUEZ
HERNÁNDEZ**

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Respuesta del cultivo de girasol bajo diferentes fuentes nutrimentales y fechas de siembra en el Estado de México

Que presenta la pasante: ANA KAREN GRANADOS MAYORGA

Con número de cuenta: 31011157-7 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 03 de noviembre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Margarita Tadeo Robledo	
VOCAL	Ing. Arturo Leodegario Ortiz Comejo	
SECRETARIO	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
1er. SUPLENTE	Dra. Gloria Herrera Vazquez	
2do. SUPLENTE	M.C. Juan Roberto Guerrero Agama	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE**

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES
Cuautilán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Respuesta del cultivo de girasol bajo diferentes fuentes nutrimentales y fechas de siembra en el Estado de México

Que presenta el pasante: IGNACIO FERNANDO VIZCARRA HERNANDEZ
Con número de cuenta: 30928883-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautilán Izcalli, Méx. a 03 de noviembre de 2017.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Margarita Tadeo Robledo	
VOCAL	Ing. Arturo Leodegario Ortiz Comejo	
SECRETARIO	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
1er. SUPLENTE	Dra. Gloria Herrera Vazquez	
2do. SUPLENTE	M.C. Juan Roberto Guerrero Agama	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm*

A G R A D E C I M I E N T O S

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirnos las puertas, guiarnos y permitirnos crecer como hasta ahora.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, específicamente a la Licenciatura de Ingeniería Agrícola por la oportunidad de formarnos académicamente y como profesionales.

A nuestros padres Leticia Mayorga Urbina-Cesar Granados Cruz y Virginia Hernández Felipe-Ignacio Vizcarra González, por el apoyo incondicional durante todo este tiempo y por el compromiso que asumieron cuando comenzamos esta aventura.

Al Sr. Víctor Mazutti Soto, por permitirnos conocer a detalle la problemática que surgió alrededor de la producción del girasol, por el apoyo brindado y por su ayuda para encaminar este trabajo de investigación.

A cada una de las personas que apoyaron en el desarrollo de este trabajo, Yedid Escalante, Amanda Gutiérrez, Kevin Osnaya, Román Álvarez, Patricia Sevilla, Valentín de Paz, Maximiliano Arana, Pamela Santiago y Jesús Severiano.

Al Ing. Amilkar Isidro González Valladares por su disposición a colaborar con este proyecto de forma incondicional.

Al Centro de Enseñanza Agropecuaria y a los laboratorios de Técnicas de Mejoramiento Genético y de Semillas, por brindarnos el espacio y los instrumentos necesarios para que este trabajo se llevara a cabo.

A la Dra. Gloria Solares y la Dra. Margarita Tadeo por el apoyo logístico para este trabajo.

Al programa de becas para titulación del COMECYT, que nos brindó un apoyo significativo para finalizar este trabajo.

A los profesores que nos guiaron durante todo este tiempo, y nos brindaron su conocimiento.

Al comité evaluador, integrado por los profesores: Dra. Margarita Tadeo Robledo, I.B. Arturo L. Ortiz Cornejo, Dr. Gustavo Mercado Mancera, Dra. Gloria Herrera Vázquez, M.C. Juan Roberto Guerrero Agama, por sus valiosas aportaciones que permitieron que este trabajo se concretara de la mejor forma posible.

A nuestra coasesora M.I. Martha Elena Domínguez Hernández, por su amistad, participación y por el apoyo y voluntad que tuvo para desarrollar el presente trabajo. Por darnos su confianza y creer en este proyecto.

Y en especial nuestro más profundo agradecimiento al Dr. Gustavo Mercado Mancera, que desde el comienzo ha estado ahí para ayudarnos, por siempre guiarnos en este camino y nunca dejarnos vencer, porque en ningún momento nos dejó solos; simplemente porque sin su asesoría esto no sería lo mismo. Gracias por nunca flaquear en todas las horas de trabajo que representó este proyecto y sobre todo por siempre confiar en nosotros. Porque más que ser el asesor de este trabajo, es la persona que nos ha brindado su amistad incondicional, su fuerza y voluntad para apoyarnos en todos los aspectos, sin esperar algo a cambio. Gracias por ayudarnos a crecer.

Sinceramente

Ana Karen Granados Mayorga

Ignacio Fernando Vizcarra Hernández

DEDICATORIA

A mis padres:

Leticia y Cesar, por ser el mejor ejemplo de esfuerzo y perseverancia que pude tener; por nunca dejarme sola y por permitirme volar y encontrar mi camino.

A mi hermano:

Cesar Eduardo a quien espero poder dejar un claro ejemplo de que con constancia y responsabilidad, alcanzaras tus objetivos.

A mi abuelita y tíos:

Por estar siempre conmigo en todo momento.

A Ignacio Vizcarra:

Por atreverte a ser participe de esta experiencia. ¡Lo logramos!

A Martha Domínguez:

Por brindarme apoyo incondicional, por tu confianza y sobre todo por tu sincera amistad en este camino. Simplemente por creer en mí.

A Gustavo Mercado:

Por guiar mi camino, por abrirme tantas puertas, por ayudarme a despegar académicamente, por hacerme sentir que puedo realizar todo lo que me proponga y por brindarme la confianza que me hizo ser quien soy en este momento.

A mi país:

De quien estoy muy orgullosa de ser parte y a quien espero ayudar con esta pequeña muestra de trabajo.

A todos los amantes del girasol:

Deseo de todo corazón que sea un documento que sirva de referencia.

Ana Karen

DEDICATORIA

A mis padres Ignacio y Virginia que me han enseñado tanto, que me cuidan y se preocupan por mi bienestar, y que piensan en lo mejor para mí. Que gracias a ellos, logré terminar varias cosas en la vida y que han influido en lo que es mi vida. Los amo.

A mis hermanos Isaac y Zaira, con los que sé que puedo contar. Que me dan más seguridad, como también su cariño a su manera. Gracias por apoyarme indirectamente. Sé que lograrán alcanzar las metas que se propongan realmente.

A Yedid una persona muy especial que me ha acompañado en este caminar; que ha influido en mí, además, darme lecciones importantes, que me han hecho conocer y disfrutar lo bonito de la vida, y, quién es parte de mi vida. Gracias por tanto apoyo, por creer en mí, también por tanto amor y amistad.

A Gustavo Mercado mi profesor y asesor de tesis que lo conocí en mi primer año y fue uno de los que me mostró la carrera tal cual es, grandiosa. Quien me ha guiado y ayudado, como también brindado consejos e historias. Gracias por ayudarme a acabar mi carrera y darme ánimos.

A Martha Domínguez coasesora de tesis y profesora en la carrera que me brindó conocimiento, así como su paciencia a lo largo de sus clases y en este proyecto.

A cada profesor que he tenido en mi vida, desde pequeño y que cuidaron de mí, que me enseñaron, que influenciaron en sus puntos de vista

A Karen Granados mi compañera de tesis que me brindó la oportunidad de unirme a este proyecto que nunca imaginé, que me ha ayudado y apoyado, gracias porque eres una

buena amiga; como también una excelente alumna y persona que admiro mucho.

A mis amigos que me ayudaron a crecer y pasar momentos inolvidables, que me hicieron tener más confianza, y creyeron en mí.

A todos con los que me he cruzado en el camino y me han dejado su granito de arena.

Ignacio Fernando

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>i</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>iii</i>
RESUMEN	<i>iv</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	3
1.1.1. Objetivo particulares	3
1.2. Hipótesis	3
II. ANTECEDENTES	4
2.1. Origen y evolución del girasol	4
2.1.1. El girasol en México	9
2.2. Importancia económica	11
2.2.1. Importancia a nivel nacional	12
2.2.2. Importancia a nivel internacional	14
2.3. Características generales de <i>Heliantus annuus</i> L.	15
2.3.1. Clasificación taxonómica	16
2.3.2. Descripción botánica	18
2.4. Fenología del cultivo de girasol	20
2.4.1. Estados vegetativos	22
2.4.2. Estados reproductivos	23
2.5. Descripción de la variedad SYN 3950	25
2.6. Requerimientos agroclimáticos	26
2.7. Proceso de producción del cultivo	28
2.8. Componentes de rendimiento	34
2.8.1. Calidad comercial de la semilla	37
2.9. Investigaciones previas sobre el tema de investigación	40
2.9.1. Influencia de la fecha de siembra y su importancia	40
2.9.2. Influencia de la fuente nutrimental orgánica	43
III. METODOLOGÍA	59
3.1. Descripción de la región de estudio	59
3.1.1. Localización del área experimental	59

	Página
3.2. Metodología	60
3.2.1. Variables a evaluar	62
3.2.2. Análisis estadístico	63
3.3. Materiales	64
IV. RESULTADOS	65
4.1. Parámetro climático	65
4.2. Fenología del cultivo	68
4.3. Componentes de rendimiento	75
4.4. Relación costo-beneficio	88
V. DISCUSIÓN	91
5.1. Parámetro climático	91
5.2. Fenología del cultivo	91
5.3. Componentes de rendimiento	92
5.4. Relación costo-beneficio	94
5.5. Interacción con el tipo de suelo	94
5.6. Adaptabilidad de la variedad en esta región	95
VI. CONCLUSIONES	98
VII. RECOMENDACIONES	100
VIII. LITERATURA CITADA	101
ANEXOS	114

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Centro de origen del girasol según (Vavilov, 1951).	4
Figura 2. Girasol policefálico.	6
Figura 3. Girasol monocefálico.	7
Figura 4. Comparación de aquenios de una planta domesticada de girasol (a: “Mammoth russian”; b: Maíz de Teja; c: <i>H. annuus</i> silvestre con aquenios que presentan alas) (Bye <i>et al.</i> , 2009).	7
Figura 5. Producción de girasol en México 2005-2014 (SINAREFI, 2015).	13
Figura 6. Características morfológicas de la planta de girasol: 1) Raíz, 2) Tallo, 3) Hoja, 4) Inflorescencia, 5) Flores liguladas o radiadas, 6) Flores tubulares o de disco, 7) Fruto y semillas (Vásquez, 2001).	19
Figura 7. Corte transversal del aquenio (ASAGIR, 2003).	20
Figura 8. Etapas del desarrollo fenológico del girasol (Vranceanu, 1977).	22
Figura 9. Fenología del cultivo de girasol (Agroestrategias, s/f).	25
Figura 10. Ciclo ontogénico y componentes del rendimiento del girasol (Centro de corredores y agentes de la bolsa de cereales, 2013).	36
Figura 11. Localización del área de estudio.	59
Figura 12. Parcela 23 del Centro de Enseñanza Agropecuaria (Google Earth, 2017).	60
Figura 13. Distribución de tratamientos y subtratamientos en campo.	60
Figura 14. Tendencia de la temperatura ambiental. Ciclo P-V 2016.	65
Figura 15. Tendencia de la precipitación mensual. Ciclo P-V 2016.	66
Figura 16. Balance hídrico en la zona de estudio. Ciclo P-V 2016.	67
Figura 17. Humedad ambiental mínima, media y máxima. Ciclo P-V 2016.	68
Figura 18. Medición de altura de planta cada quince días.	69
Figura 19. Altura de la planta promedio en cada tratamiento evaluado.	69
Figura 20. Altura de la planta promedio en cada subtratamiento evaluado.	70
Figura 21a. Características fenológicas registradas del cultivo de girasol: etapa vegetativa e inicio de abotonamiento.	72
Figura 21b. Características fenológicas registradas del cultivo de girasol: etapa de floración y maduración.	73
Figura 22. Diámetro de capítulo de girasol, obtenido en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.	76

	Página
Figura 23. Medición del diámetro de capítulo de girasol.	76
Figura 24. Número de semillas por capítulo de girasol, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales evaluadas.	77
Figura 25. Conteo del número de semillas por capítulo de girasol.	77
Figura 26. Peso de 100 semillas, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.	78
Figura 27. Determinación del peso de 100 semillas de girasol.	78
Figura 28. Determinación del peso de 100 semillas de girasol.	79
Figura 29. Determinación del peso de 100 semillas de girasol.	79
Figura 30. Porcentaje de semillas vanas por capítulo, en el cultivo de girasol.	80
Figura 31. Peso hectolítrico de semilla, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.	81
Figura 32. Peso hectolítrico de semilla de girasol.	81
Figura 33. Rendimiento de grano de girasol, bajo las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.	82
Figura 34. Rendimiento de semilla de girasol.	82
Figura 35. Porcentaje de aceite en el grano de girasol, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.	83

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Usos del girasol en los últimos años (Arribas, 2014).	12
Tabla 2.	Producción de girasol en el año 2014 (SIAP, 2016).	14
Tabla 3.	Los 12 mayores productores de semilla de girasol en el mundo durante 2011 (Arribas, 2014).	15
Tabla 4.	Fenología del girasol de acuerdo a Siddiqui <i>et al.</i> (1975).	24
Tabla 5.	Malezas que afectan el desarrollo del girasol (Martínez, 1973).	31
Tabla 6.	Plagas que atacan el cultivo de girasol (Robles, 1982; Ortegón <i>et al.</i> , 1993; INIFAP, 2003).	32
Tabla 7.	Composición química de la semilla de girasol (Arija <i>et al.</i> , 1999).	38
Tabla 8.	Contenido de ácidos grasos en aceite de girasol (ASAGIR, 2008).	39
Tabla 9.	Composición de ácidos grasos en aceite de girasol (Martínez <i>et al.</i> , 2007).	39
Tabla 10.	ANOVA, altura de plantas de girasol a los 105 DDE.	71
Tabla 11.	Medias de altura de planta, de la interacción Fecha*Fuente, en el cultivo de girasol, en Cuautitlán Izcalli, México.	71
Tabla 12.	Duración de las etapas fenológicas del cultivo de girasol, de acuerdo a las fecha de siembra evaluadas, ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.	74
Tabla 13.	Días a la aparición y acumulación de calor (UC) para cada fase fenológica del cultivo de girasol, de acuerdo a las fechas de siembra evaluadas, ciclo P-V 2016.	75
Tabla 14.	ANOVA, diámetro de capítulo del cultivo de girasol.	83
Tabla 15.	ANOVA, número de semillas por capítulo de girasol.	84
Tabla 16.	ANOVA, peso de 100 semillas de girasol.	84
Tabla 17.	ANOVA, peso total de la muestra de girasol.	85
Tabla 18.	ANOVA, peso hectolítrico de semilla de girasol.	85
Tabla 19.	ANOVA, rendimiento de grano de girasol.	86
Tabla 20.	Prueba de medias por el método de Tukey de las variables de estudio.	87
Tabla 21.	Matriz de correlación de Pearson, para los componentes de rendimiento del cultivo de girasol.	88
Tabla 22.	Cantidad y costo total por hectárea, de cada fuente nutrimental empleada en el cultivo de girasol. Ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.	89
Tabla 23.	Ingreso y costo total por hectárea, y relación C/B, de cada fuente nutrimental empleada en el cultivo de girasol. Ciclo P-V, 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.	89

RESUMEN

El incremento de la demanda de aceite de girasol para la industria alimentaria en México, ha impulsado la creación del programa High Oleic Sunflower Oil, con el cual se busca satisfacerla, a través de la promoción de este cultivo, sin embargo, los productores de la zona nororiente del Estado de México, desconocen su manejo agronómico y comportamiento en campo, por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de girasol bajo diferentes fuentes nutrimentales y fechas de siembra, y su efecto en el rendimiento de grano, en el Estado de México. En la FES-Cuautitlán se estableció el cultivo en condiciones de temporal, en dos fechas de siembra, el 10 y el 25 de junio del 2016; se aplicaron cinco fuentes nutrimentales (químico, lixiviados, lombricomposta, biofertilizante y composta). Los parámetros evaluados fueron: climáticos, fenológicos, componentes de rendimiento y relación Costo/Beneficio (C/B). El análisis estadístico reportó que no existió diferencia estadística significativa en fechas de siembra, aunque el mayor rendimiento se obtuvo en la fecha del 10 de junio, con 3.51 t ha^{-1} . Mientras que las fuentes nutrimentales que tuvieron una respuesta estadística significativa fueron el biofertilizante y la fertilización química, con 3.75 y 3.66 t ha^{-1} , respectivamente. La interacción de las fechas de siembra y las fuentes nutrimentales, mostraron una respuesta significativa, la cual está relacionada con el desarrollo y el rendimiento del girasol. El uso de fuentes nutricionales orgánicas reduce los costos de producción, además de mejorar las características del suelo. El porcentaje de aceite obtenido se mantuvo en niveles favorables, entre 34-39 %, lo que evidencia que la aplicación de fuentes nutrimentales orgánicas no disminuye este porcentaje con respecto al uso de fertilizantes inorgánicos.

I. INTRODUCCIÓN

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta oleaginosa originaria de Norteamérica, y aun cuando México es centro de origen, como cultivo comercial prácticamente había desaparecido para producción de grano (González *et al.*, 2014). Cuenta con una enorme diversidad en germoplasma de variedades silvestres y domesticadas, y su cultivo se conoce desde hace muchos años (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2012).

H. annuus es un cultivo muy importante en la economía mundial. Su principal producto es el aceite para consumo humano, que se utiliza en la cocina, en la producción de margarina y en otros usos industriales (Morales *et al.*, 2007). Es un cultivo con alto contenido de aceite en la semilla (45 %), por tal motivo su principal uso es en elaboración de aceites y grasas vegetales para la alimentación humana (Osuna, 2012). Otro producto importante del girasol, es la pasta, la cual contiene de 40-50 % de proteínas con aminoácidos favorables para la alimentación del ganado y aves. La pasta también es rica en caroteno, niacina, tiamina y baja en lisina (Escalante *et al.*, 2007).

El aceite de girasol contiene alrededor de 110 g kg⁻¹ de ácidos grasos saturados. En variedades típicas, los mejores ácidos grasos son el oleico y linoleico, dependiendo de la duración de altas temperaturas durante el crecimiento y las etapas de desarrollo de la semilla. Aunque el aceite de la semilla de las variedades de girasol es considerado de buena calidad para propósitos comestibles, el desarrollo de variedades con alto contenido de ácido oleico es actualmente, un mejoramiento importante (Martínez *et al.*, 1993).

La producción de girasol en México ha sido muy intermitente, pues en algunos periodos se sembró en un alto porcentaje de superficie, tal es así que por única vez se llegaron a producir 24,000 toneladas en 1971; en los siguientes años la producción disminuyó sustancialmente; en 2008 sólo se produjeron 5.33 toneladas de este grano en el país (SAGARPA, 2011).

México importa aproximadamente el 85 % de semillas oleaginosas para la extracción de aceite comestible. La calidad del aceite y su composición de ácidos grasos dependen de la especie y las condiciones climáticas del área de producción, por ello, este cultivo es una opción para producir en las zonas áridas y semiáridas (Jasso *et al.*, 2003).

El resurgimiento en los últimos años del cultivo de girasol, en gran medida se debe a la demanda de la empresa internacional PEPSICO, quien ha impulsado dicho cultivo en su programa denominado High Oleic Sunflower Oil (Aceite de Girasol Alto Oleico), para abastecer un consumo de aceite de más de 80 mil toneladas por año para la elaboración de botanas (González *et al.*, 2014).

En el periodo entre 2012 al 2014 la superficie cosechada de girasol en el país no rebasó las 200 ha, esto en buena medida se debió a la falta de una estrategia de fomento a su producción (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2015). En el 2016 en el Estado de México se promovieron apoyos para la siembra de 5,000 ha, como una alternativa para hacer rotación de cultivos e incrementar la oferta de aceite.

Sin embargo, el productor de la zona desconoce el manejo agronómico de este cultivo, fechas de siembra, fertilización, entre otros; lo que generó la inquietud de desarrollar la presente investigación.

El fomento a la producción de esta oleaginosa debe considerar el manejo nutricional del cultivo, el cual debe dirigirse al empleo de fuentes orgánicas, que permitan disminuir los costos de producción y el impacto negativo de los fertilizantes inorgánicos al medio ambiente.

Asimismo, es necesario determinar la fuente, dosis del abono orgánico y/o biofertilizante, por lo que en esta investigación se establecieron dichos valores en un modelo experimental, asociado con el establecimiento de dos fechas de siembra, en condiciones de temporal; por lo tanto, se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

1.1. Objetivo general

- Evaluar la respuesta del cultivo de girasol bajo diferentes fuentes nutrimentales y fechas de siembra, y su efecto en el rendimiento de grano, en el Estado de México.

1.1.1. Objetivos particulares

- ◆ Determinar la respuesta del cultivo de girasol a la aplicación de diversas fuentes nutrimentales durante el ciclo P-V 2016, bajo condiciones de temporal.
- ◆ Establecer la fecha óptima para la siembra de girasol en Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- ◆ Analizar los componentes de rendimiento del cultivo de girasol y su respuesta a la fuente nutrimental y fecha de siembra, en las condiciones climáticas de la zona de estudio.

1.2. Hipótesis

- H_0 : El desarrollo y rendimiento del cultivo de girasol está relacionado con la fecha de siembra y las fuentes nutricionales, por lo que, se espera una respuesta diferencial en función de estos factores.

II. ANTECEDENTES

2.1. Origen y evolución del girasol

Tradicionalmente se había pensado que la domesticación del girasol o mirasol se originó en el territorio que hoy se conoce como Estados Unidos de América (EUA) y en el norte de México (Figura 1). Esto ha sido discutido por muchos investigadores; el girasol, es el producto de la hibridación entre distintas poblaciones de *Helianthus annuus* L., perteneciente a la familia Asteraceae, llevada a cabo en épocas prehistóricas en las grandes planicies de EUA, lo que dio lugar a “un cultivo nativo de Norteamérica”. Existen evidencias arqueológicas sobre la forma del aquenio de los girasoles (o las semillas o pepitas, como se conocen popularmente) que documentan su aparición en lo que ahora es el sur-centro y este de EUA desde 1,200 a.c. (Bye *et al.*, 2009).



Figura 1. Centro de origen del girasol según (Vavilov, 1951).

En la lengua de los aztecas, el Náhuatl, el vocablo *ACAHUAL* se utiliza para nombrar al girasol y otras plantas similares. Se podría decir entonces, que ese es el primer nombre registrado para el girasol. También en la zona peruana se han encontrado evidencias que

indican que el girasol fue conocido por sus antiguos habitantes, probablemente traído desde el norte (ASAGIR, 2003).

Los indígenas lo cultivaban usando su semilla para comerla tostada y obtenían aceite para engrasarse el pelo, la cara y el cuerpo en general (Bye *et al.*, 2009). Se presume que fueron ellos quienes domesticaron la especie, reservando semillas de mutantes que aparecieron espontáneamente, claramente diferenciadas por poseer un capítulo único.

La planta fue llevada al continente Europeo por los exploradores españoles hacia 1,500 d.c., donde llegó a ser un cultivo extenso en Europa occidental para usarse principalmente como elemento ornamental, no obstante, algunas aplicaciones medicinales y alimentarias fueron también desarrolladas (Hernández y Ponce, 2011).

La flor del girasol se expande por otros países del viejo continente y es immortalizada por Van Gogh en sus magníficas pinturas de jarrones con girasoles.

La primera patente sobre extracción de aceite a partir de semillas de girasol es otorgada a Arthur Bunyan, en Inglaterra, con el N° 408 el 12 de septiembre de 1716, para usos industriales en pinturas y barnices (ASAGIR, 2003).

En 1753, Linneo aplicó al girasol el primer nombre binomial de *Helianthus annuus* y citó como su lugar de origen a Perú y a México. Luego como consecuencia de la Real Expedición Científica a Nueva España entre 1787 y 1803, Sessé y Mociño registraron a *H. annuus* como centro origen en México y lo relacionaron con los reportes del siglo XVI (Bye *et al.*, 2009).

En Francia aparecen algunos cultivos de girasol como planta oleaginosa en 1787 (ASAGIR, 2003). En el año 1835, un campesino ruso, D. I. Bokariov, de la provincia de Voroniedj, ensaya el cultivo del girasol como planta industrial, obteniendo el primer aceite vegetal, por medio de una prensa manual (García, 1971).

Es así, que el girasol es una planta originaria de México, cuenta con una enorme diversidad en germoplasma de variedades silvestres y domesticadas, y su cultivo se conoce desde hace muchos años (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2008a).

Las plantas se utilizan como: a) fuente de semillas comestibles o para obtención de aceite; en general, estas plantas son monocefálicas (con un solo tallo y una cabezuela principal) y b) para fines ornamentales, las que pueden ser policefálicas (con varias cabezuelas) con una “flor” apical dominante y pocas pequeñas “flores” laterales dispuestas en racimos cerca del ápice.

El género *Helianthus*, se presentaba con distintas características: plantas con varios capítulos y plantas con un solo capítulo. Una característica notable de los primeros girasoles fue la variedad de colores, además del amarillo tradicional la presencia de antocianos le confería tonalidades violáceas y rojizas no sólo a las flores sino también a los tallos y al reverso de las hojas.

La altura de las plantas también era variable. Hay evidencias que el hombre americano domesticó la planta de girasol, al igual que lo hizo con otros vegetales como el maíz, la papa y el tomate destinados a su alimentación (ASAGIR, 2003).

El síndrome de domesticación de los girasoles incluye (pero no se limita a) los cambios de una planta anual, como:

1. Desde un sistema de ramificación difuso con muchas cabezuelas florales pequeñas (policefalismo) (Figura 2), que florecen asincrónicamente en las ramas laterales secundarias o terciarias hasta un tallo grueso único con una cabezuela floral terminal grande ubicada en el ápice del tallo (monocefalismo) (Figura 3).



Figura 2. Girasol policefálico.



Figura 3. Girasol monocefálico.

2. Con una cabezuela pequeña con un receptáculo compuesto de menos de 5 cm de diámetro y generalmente menos de 100 aquenios, hasta un receptáculo compuesto mayor a 8 cm de diámetro y con más de 120 aquenios.
3. Desde un aquenio delgado con un papus de dos alas hasta un aquenio grande y grueso sin alas (Figura 4).



Figura 4. Comparación de aquenios de una planta domesticada de girasol (a: “Mammoth russian”; b: Maíz de Teja; c: *H. annuus* silvestre con aquenios que presentan alas) (Bye *et al.*, 2009).

4. Con muchas hojas pequeñas dispersas en las múltiples ramas hasta pocas hojas grandes insertas a lo largo de un solo tallo central (Bye *et al.*, 2009).

El girasol llegó a Argentina a mediados del Siglo XIX en manos de los inmigrantes rusos. Su uso inicial fue el consumo para aves de corral. Las colonias israelitas instaladas en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos son las impulsoras del cultivo de las semillas para uso humano. Se estima que las localidades de Carlos Casares, Santa Clara y Basavilbaso fueron las primeras. De Carlos Casares partió el pionero en llevar bolsas con semillas de girasol a Buenos Aires para molerlas y extraer aceites. En 1920 ya se extrae aceite y se exporta una pequeña cantidad. Recién en 1930 el cultivo se afianza y comienza la industria oleaginosa como consecuencia de la guerra civil española (1936-1939) y la segunda guerra mundial (1939-1945) que provoca el desabastecimiento de aceite de oliva de los países exportadores, España, Italia y Grecia. La población argentina aumenta favoreciendo el consumo local. En 1940 ya se exporta una cantidad apreciable de aceite de girasol (ASAGIR, 2003).

A partir de 1930, en Argentina la evolución del cultivo de girasol pasó por distintas etapas que pueden agruparse de acuerdo a los hechos que las caracterizan:

1. Expansión del cultivo (1930-1950). Se produce una definitiva expansión. Los agricultores y los consumidores aceptan plenamente el aceite que produce una industria oleaginosa en crecimiento.
2. Disminución del área sembrada (1950-1960). Se produce una caída de precio hasta 1955, donde éste se recupera pero aparecen enfermedades que merman las cosechas.
3. Recuperación del cultivo (1960-1972). Los investigadores públicos y privados trabajan activamente y desarrollan variedades resistentes a enfermedades, hay nuevas tecnologías y el rendimiento se incrementa.
4. Aparición de los híbridos. (Desde 1972 en adelante). Este hecho es fundamental para la expansión del cultivo y de los mayores rendimientos en cantidad de semillas y de aceite. Es un desafío permanente de los genetistas de empresas privadas y de las estaciones experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el país argentino (*Ídem*).

2.1.1. El girasol en México

Por las enormes cualidades del aceite de girasol para la elaboración de frituras, este cultivo se incorpora al programa de fomento al cultivo de oleaginosas que lleva a cabo el Sistema-Producto Oleaginosas en varios estados de la República Mexicana.

Las ventajas de contar con aceite de girasol mexicano son muchas; entre las que destaca, la calidad de la semilla, rica en ácidos grasos monoinsaturados (oleico) y polinsaturados (linolénico) y la preferencia del consumidor. Existen además otros argumentos que justifican la promoción de la siembra de esta oleaginosa. En principio, no hay que olvidar que el girasol es una planta originaria de México y el cultivo se conoce desde hace por lo menos unos mil años, lo cual significa que, entre variedades silvestres y domesticadas, el girasol mexicano cuenta con una enorme diversidad en germoplasma, necesario para mejorar la semillas con suficiente protección contra plagas y enfermedades.

En el país se tiene suelo, clima y condiciones agroecológicas adecuadas para este cultivo, así como una amplia demanda y mercado asegurado, lo que evidentemente es también un atractivo económico para el agricultor. Por estas y otras razones, el Sistema Producto Oleaginosas dio la bienvenida al girasol que se incorpora al cártamo, soya y canola, las cuatro plantas con buenas posibilidades de éxito, una garantía más para disminuir la dependencia del extranjero en importación de estos insumos y un elemento más para reforzar la seguridad alimentaria en el país (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2008).

En lo que respecta a México, el girasol ocupa el sexto lugar, después de los cultivos de cártamo, soya, cacahuate, ajonjolí y canola. La producción de girasol para semilla enfrenta un serio problema de competencia con la producción de este cultivo con fines ornamentales y para forraje, de tal manera que la cantidad que se siembra para semilla tiene altibajos muy notables (*Ídem*).

La superficie cosechada ha mostrado variaciones en la cantidad de hectáreas cosechadas por año, que no muestran una tendencia clara, por la presencia de años atípicos de baja superficie. Por esta razón, la producción de girasol mexicano no figura en el comercio mundial de oleaginosas.

En los años 2012 al 2014 la superficie cosechada de girasol en el país no rebasó las 200 ha, esto en gran medida se debió a la falta de una estrategia de fomento a su producción (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2015).

El girasol además de ser una opción productiva para los agricultores, genera otros beneficios por tratarse de un cultivo prácticamente nuevo en todas las zonas, ya que contribuye de manera favorable y natural a romper el ciclo de las plagas de cultivos tradicionales, así como, de tener una incorporación de residuos de cosecha, con lo cual se mejoran las propiedades del suelo (González *et al.*, 20014).

SAGARPA incluyó los cultivos de girasol y ajonjolí como alternativas de oleaginosas para el ciclo primavera-verano 2014. El apoyo consistió en 1,500 pesos por tonelada; hasta dos toneladas por hectárea para girasol, y una tonelada por hectárea para ajonjolí. Esto generó alternativas para la reconversión de cultivos, y privilegiar la siembra de productos con mayor rentabilidad y menores complicaciones sanitarias (SAGARPA, 2014).

La Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO) en coordinación con la delegación federal de la SAGARPA, promovió el cultivo de girasol en 5,000 hectáreas en el año de 2016, entre productores de la región oriente de la entidad, ya que en dicha zona, el monocultivo de maíz y cebada ya no tienen el mismo rendimiento, además que se trabaja bajo el esquema de agricultura por contrato con la industria aceitera, informó el titular de la SEDAGRO, Heriberto Ortega Ramírez (2000 Agro, 2016).

Explicó que el girasol se ha convertido en una excelente opción para los productores, debido a la demanda que se tiene en el país, pues México no figura en el comercio mundial de oleaginosas y existe un déficit de 95 % en su producción para la elaboración de aceite. Subrayó que en este proyecto de agricultura por contrato, la industria establece un esquema de paquete tecnológico y comercialización de la cosecha; los productores se comprometen a cumplir la entrega del grano de acuerdo con el contrato de compra-venta y la SEDAGRO otorga los incentivos para la adquisición del fertilizante y el pago del seguro agrícola; mientras que la SAGARPA los apoyó con incentivos para maquinaria, como sembradoras de precisión, cabezales para girasol o apoyos de agroproducción y reconversión productiva (*Ídem*).

Heriberto Ortega recordó que en el año 2015, en el cultivo de girasol bajo el esquema de agricultura por contrato, participaron 62 productores con 430 hectáreas, en los municipios de Zumpango y Tequixquiac, y quienes vieron en la oleaginosa una alternativa viable para evitar el monocultivo, y la garantía de su comercialización inmediata. Agregó que por ser un cultivo de amplio rango de adaptación, es resistente a la sequía y a las bajas temperaturas y con bajo requerimiento de agua, por lo que en el ciclo agrícola primavera-verano 2016, se sembrarán 5 mil hectáreas en Zumpango, Hueyoxtla, Nextlalpan, Jaltenco y Tecámac (*Op cit.*).

El resurgimiento en los últimos años del cultivo de girasol, en gran medida se debe a la demanda de la empresa internacional PEPSICO, quien ha impulsado dicho cultivo en su programa denominado High Oleic Sunflower Oil (Aceite de Girasol Alto Oleico), para abastecer un consumo de aceite de más de 80 mil toneladas por año para la elaboración de botanas (González *et al.*, 20014).

2.2. Importancia económica

El aceite de girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. Además, contiene ácidos grasos esenciales y una considerable cantidad de tocoferoles que le confiere estabilidad. La composición acídica del girasol depende del genotipo (cultivar) y del ambiente. Actualmente existen tres grupos de genotipos: los tradicionales, los medio oleico y los alto oleico (Díaz *et al.*, 2003).

Del girasol se obtienen dos principales productos, la harina y el aceite, la primera es utilizada en la industria de alimentos ya que su contenido de proteína oscila entre el 40 y 50 %, lo que la hace atractiva para la alimentación del ganado. Por otro lado, el aceite de girasol es uno de los aceites con mayores beneficios a la salud, por su alto contenido de grasas poliinsaturadas. Los tres productos que se obtienen de la semilla industrializada son los siguientes:

a) Aceite crudo: es el aceite obtenido por prensado y extracción por solvente de la materia grasa contenida en la semilla.

b) Aceite refinado: es el aceite que se ha sometido a procesos químicos y/o físicos para dotarlo de sabor, aroma y color adecuados para su consumo.

c) Harinas proteicas: es la parte de la semilla que queda después de extraerle el aceite. Este producto está compuesto principalmente por proteínas, materia grasa, fibras, minerales y celulosa. Se le comercializa compactado (ASAGIR, 2003).

Otros usos de la semilla de girasol son la elaboración de jabones, cosméticos, detergentes y hasta combustibles en algunos países (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2008), entre otros, como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Usos del girasol en los últimos años (Arribas, 2014).

Área	Descripción
Comida	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor mezcla de aceite de girasol linoleico con selección de aceites extraídos en frío. • Producción de floretes de girasol. • Tocoferoles y fitoesteroles para el mercado de la comida humana. • Harina de girasol con una gran calidad de proteínas. • Hidrólisis de proteína usando proteasas.
Comida animal	<ul style="list-style-type: none"> • Productos de girasol para alimentos para puerco. • Conducta digestiva y psicológica responde en la comida de caprinos con la torta de girasol. • Gran valor nutricional de girasol en comida de pollo. • Potencialmente con valor nutritivo como fuente de comida para rumiantes en Kenia.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de metano. • Producción de biodiesel. • Bioenergía: Progresos en la biotecnología y emergencia de posibilidades. • Digestión anaeróbica de aceite de girasol en el pastel. • Producción de aceite.

2.2.1. Importancia a nivel nacional

La producción de girasol mexicano no figura en el comercio mundial de oleaginosas, aunque dentro del paquete de granos que se siembran para la producción de aceite, se sabe del déficit del 95 % que se tienen de este tipo de granos (González *et al.*, 2014).

México importa aproximadamente el 85 % de semillas oleaginosas para la extracción de aceite comestible. El girasol es una opción para la producción del aceite, particularmente en las zonas áridas y semiáridas debido a la calidad del aceite y a su

composición de ácidos grasos los cuales dependen de las condiciones climáticas (Jasso *et al.*, 2003).

El cultivo de girasol representa una alternativa de siembra viable para el noroeste del país por sus características que lo hacen tolerante a bajas temperaturas, la utilización de menos agua y su alta demanda en la industria nacional, señalan especialistas del Instituto Nacional de Investigación Agrícolas y Pecuarias -INIFAP- (SAGARPA, 2016). Dentro del país se reporta su siembra en los estados de Guanajuato, Jalisco, Puebla, Tlaxcala, Zacatecas, Durango, Estado de México, Aguascalientes y Morelos. En la Figura 5 se presentan las estadísticas de producción de girasol en México durante un periodo de 10 años (SINAREFI, 2015).

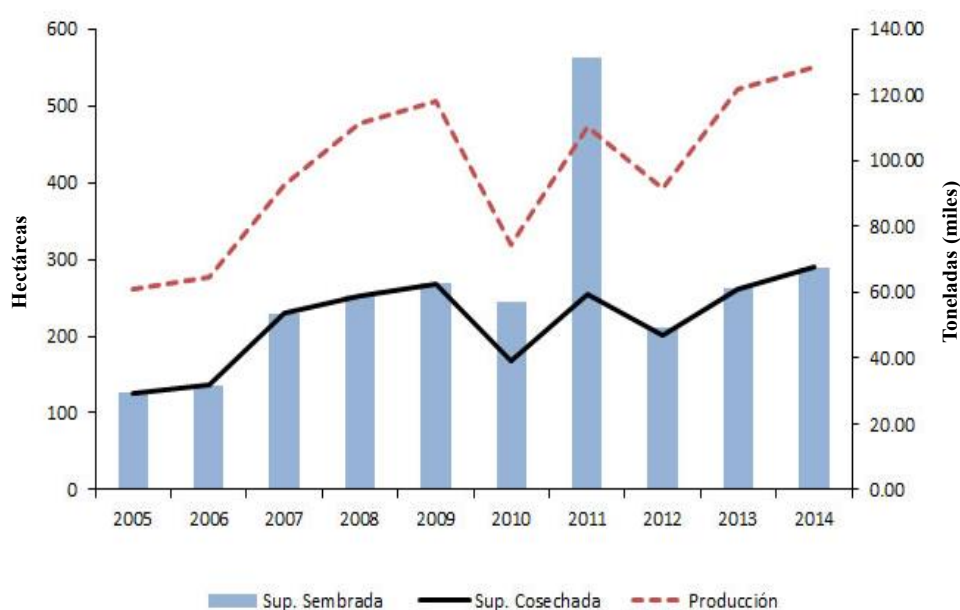


Figura 5. Producción de girasol en México 2005-2014 (SINAREFI, 2015).

El investigador Nemecio Castillo Torres del INIFAP señaló que su costo de producción es similar al cártamo, es decir, oscila entre los \$11,000 y 12,500 pesos por hectárea (*Ídem*).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en México se producen 16,558 toneladas de girasol para la industria, con un valor comercial de 98.7 millones de pesos (SAGARPA, 2016). Asimismo, el cultivo de girasol se establece en varios estados del país, y es el estado de Tamaulipas con 6,869 ha el que tuvo mayor superficie sembrada en el año 2014 (Tabla 2) (SIAP, 2016).

Tabla 2. Producción de girasol en el año 2014 (SIAP, 2016).

Ubicación	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
BCS	1,506.00	1,506.00	2,810.30	1.87	5,497.88	15,450.68
Durango	1,418.50	1,418.50	1,475.53	1.04	6,483.59	9,566.73
Guanajuato	70.00	70.00	77.00	1.10	6,220.00	478.94
Jalisco	1,458.51	1,413.31	2,509.49	1.78	4,516.72	11,334.67
S. L. P.	1,085.66	1,085.66	795.04	0.73	5,976.38	4,751.46
Tamaulipas	6,869.40	6,517.40	5,862.22	0.90	6,345.31	37,197.63
Veracruz	382.00	347.00	381.70	1.10	6,200.00	2,366.54
Zacatecas	2,834.00	2,371.00	2,647.65	1.12	6,630.97	17,556.48
Total	15,624.07	14,728.87	16,558.93	1.12	5,960.72	98,703.13

2.2.2. Importancia a nivel internacional

El cultivo del girasol se produce en cantidades considerables en pocos países. Argentina, un conjunto de países de la Unión Europea, de Europa central y del este, y los Estados Unidos de América, son los principales productores de semilla de girasol, junto a China, Turquía, India y Sudáfrica, quienes, entre otros, y en menor proporción, aportaron una producción mundial estimada en 25 millones de toneladas para el 2002-2003. Unos 2.5 millones de toneladas de aceite son comercializadas entre países, donde las exportaciones argentinas equivalen al 50 % del total (ASAGIR, 2003).

La producción global ha crecido constantemente en los últimos 25 años, y expertos de la FAO esperan una producción total de 60 millones de toneladas hacia el año 2050. Los cuatro grandes productores (Rusia, Ucrania, Unión Europea y Argentina) cuentan con el 70 % del volumen global, con un crecimiento exponencial de producción en los últimos diez años en la región del Mar Negro, con un aumento de la superficie, mayores rendimientos obtenidos por las variedades antiguas por sustitución de semillas híbridas (Tabla 3) (Arribas, 2014).

Tabla 3. Los 12 mayores productores de semilla de girasol en el mundo durante 2011 (Arribas, 2014).

Lugar	Países	Producción (toneladas)
1	Federación Rusa	9,696,450
2	Ucrania	8,670,500
3	Argentina	3,671,750
4	Francia	1,882,450
5	Romania	1,789,330
6	China	1,700,000
7	Bulgaria	1,439,700
8	Hungría	1,374,780
9	Turquía	1,335,000
10	España	1,084,300
11	Estados Unidos de América	924,550
12	Sudáfrica	860,000

2.3. Características generales de *Heliantus annuus* L.

El girasol pertenece a la familia de las Asteraceas, la mayor de las plantas vasculares. Pertenecen a esta familia, los ásteres, crisantemos, dalias, caléndulas y zinias. El nombre común -girasol- y el botánico -Heli- del griego helios, sol, y -anthos- flor, se deben a la propiedad que tiene la planta de volverse hacia el sol durante el día. El movimiento heliotrópico de la cabeza se produce por la torsión del tallo y se denomina nutación. Al atardecer el tallo retorna lentamente a su posición erguida y el amanecer encuentra la cabeza mirando otra vez al este. Cuando la cabeza llega a la antesis, es el momento en que las flores se abren, la nutación cesa y los capítulos permanecen mirando al sol (ASAGIR, 2003).

El girasol es una planta anual, de gran desarrollo en todos sus órganos. Perteneció al género *Helianthus*, el cual comprende aproximadamente 68 especies entre las que hay anuales y perennes. En Norteamérica existen cerca de 50 especies, de las cuales la más importante es *Helianthus annuus*.

Es una planta herbácea de gran porte, que puede alcanzar los dos metros de altura y tiene una vida de un año durante el cual crece, florece y da semillas, que germinarán al año siguiente. Para su óptimo desarrollo necesita de una gran cantidad de horas de insolación. Posee hojas de forma triangular, ásperas al tacto. Los frutos, que popularmente se denominan "pepitas", son grandes, de unos dos centímetros de largo y de color blanco, gris o negro, según la variedad de que se trate.

La floración se produce en los meses de verano. Esta planta mueve su gran inflorescencia siguiendo el movimiento solar, de forma que al amanecer la orienta hacia el este y continúa girando a medida que avanza el día, hasta quedar orientada hacia el poniente; así, los rayos solares inciden perpendicularmente sobre ella. Las inflorescencias son muy grandes, lo que en ciertas ocasiones hace que el tallo se incline por su propio peso; a su alrededor se encuentran unas lígulas alargadas de color amarillo. La recolección se efectúa cuando las semillas están maduras.

Algunas de las bondades del cultivo del girasol son la resistencia a la sequía y a las bajas temperaturas, el alto porcentaje de aceite, su facilidad de adaptación incluso a áreas rústicas y la aceptación de su aceite por su sabor y calidad (Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas, 2008).

2.3.1. Clasificación taxonómica por Robles (1982).

Reino Vegetal

División Tracheophyta

Sub-división Pteropsida

Clase Angiosperma

Sub-clase Dicotiledoneas

Orden Synandreae

Familia Compositae

Sub-familia Tubiflorae

Tribu Heliantheae

Género *Helianthus*

Especie *annuus*

Nombre científico *Helianthus annuus* L.

Aun cuando no se tiene la completa seguridad, se cree que *H. annuus* procede de la cruce de *H. debilis* por *H. lenticularis*, de donde se origina la variedad botánica macrocarpus de donde se han formado las variedades e híbridos que actualmente se siembran comercialmente. En las colecciones botánicas para estudios taxonómicos y en los bancos de germoplasma de girasol de diversos países, se ha llegado a la conclusión de que del género *Helianthus* existen alrededor de 67 especies silvestres, la mayor parte de ellas de comportamiento perenne y en muy pocas de comportamiento anual. Se ha encontrado gran variabilidad en la respuesta al fotoperiodo según la procedencia geográfica de esas especies. A continuación se menciona una lista de algunas especies con su número cromosómico diploide y algunas otras especies a las que no se les ha determinado el número cromosómico correspondiente: *annuus* 34, *decapetalus* 68, *californicus* 34, *latiflorus* 34, *grosseserratus* 34, *argiophyllus* 34, *maximiliani* 34, *scaberrimus* 64 ó 102, *rigidus* 102, *tuberosus* 102, *angustifolius*, *mollis*, *atrorubens*, *oryalis* y otras. En cruces interespecíficas se puede tener o no tener compatibilidad y en algunos casos se requiere del cultivo de embriones o de técnicas sofisticadas (Robles, 1982).

Según Cronquist (1981) el sistema tradicional de la clasificación taxonómica del girasol es:

Reino Metaphyta
División Magnoliophyta
Clase Magnoliopsida
Orden Asteracea
Familia Asteraceae
Tribu Heliantheae
Género *Helianthus*
Especie *annuus*

Villarreal (2000) mencionó que la clasificación taxonómica del girasol citada por Cronquist es la que actualmente se utiliza, que es la tradicional ya que forma un sistema filogenético apegado a la normatividad de la taxonomía vegetal. La clasificación citada por Robles es la más antigua, y es menos utilizada por algunos autores.

2.3.2. Descripción botánica

Es una hierba robusta, pero anual, de más de 1 m de alto, con flores en cabezuelas grandes; las exteriores son amarillas y las interiores son café. Los frutos tienen la forma típica del girasol. Las hojas y el tallo son muy ásperos al tacto (CONABIO, s/f).

A continuación se hace una descripción general de la planta de girasol (Figura 6).

a) Raíz: La raíz del girasol es pivotante; se forma por un eje principal dominante, y abundantes raíces secundarias. El conjunto forma un fuerte sistema radical que puede alcanzar hasta 4 m de profundidad.

La raíz principal crece con mayor rapidez que la parte aérea al iniciarse el desarrollo de la planta. Durante esta fase, de cuatro a cinco pares de hojas alcanzan una profundidad de 50 a 70 cm, y llegan al crecimiento máximo en floración. Normalmente, la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo. La profundidad a la cual se desarrolla la red de raicillas depende de las condiciones climáticas: si hay sequía, llegan a la mayor profundidad; si hay humedad, se acercan a la superficie del suelo.

b) Tallo: El tallo es erecto, vigoroso y cilíndrico. Tiene el interior macizo. Al llegar a la madurez, se inclina en la parte terminal a consecuencia del peso de la inflorescencia. La superficie exterior es rugosa, surcada y vellosa. La altura de las variedades aceiteras es entre 60 y 220 cm. El diámetro varía entre 2 y 6 cm, con mayor grosor en la parte inferior del tallo. En las variedades mejoradas los tallos no exhiben ramificación debido a que esta característica es nociva en los tipos de girasol para aceite.

c) Hojas: Son alternas, grandes, trinervadas, muy pecioladas, de formas variables, acuminadas, dentadas, con vellosidades, áspera en el haz y envés. La posición de las hojas en el tallo es la siguiente: en los primeros dos o tres pares son opuestas y las demás son alternas. El número de hojas por planta varía entre 12 y 40, según las condiciones del cultivo y las peculiaridades individuales de la variedad.

En función de la fertilidad del suelo, la superficie foliar de una planta madura comprende de 3,000 a 6,000 cm², y el contenido de clorofila es de aproximadamente 16.5 mg 10 g⁻¹ de hojas frescas.

d) Inflorescencia: La inflorescencia (llamada capítulo o cabeza) está formada por un número de flores que fluctúa entre 500 y 1,500. Su borde se compone de brácteas protectoras que forman el involucre. El conjunto toma forma de un disco que constituye el receptáculo.

El receptáculo es un disco plano, cóncavo o convexo, el cual tiene insertadas las flores en la cara superior y las brácteas en el borde. En plena floración es semicarnoso y succulento. En el receptáculo hay dos tipos de flores: liguladas y tubulosas. Las flores liguladas son estériles y se componen de un ovario rudimentario, un cáliz también rudimentario y una corola transformada, semejante a un pétalo; suman de 30 a 70; están dispuestas radialmente en una o dos filas; tienen una longitud de 6 a 10 cm y una anchura de 2 a 3 cm; son de color amarillo-dorado, amarillo-claro y amarillo-anaranjado. Las flores tubulosas son fértiles, pues llevan órganos de reproducción; cada una se compone de cáliz, corola, androceo y gineceo; están dispuestas en arcos espirales que parten del exterior hacia el centro de los discos (Ortegón *et al.*, 1993).

En la Figura 6 se presenta la planta de girasol.

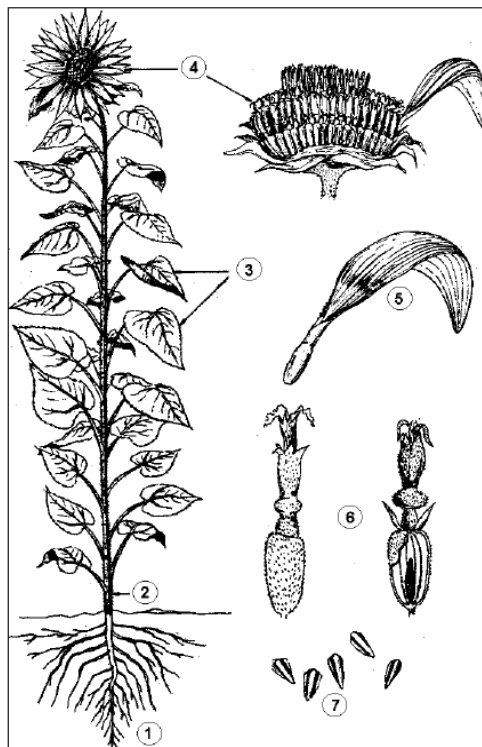


Figura 6. Características morfológicas de la planta de girasol: 1) Raíz, 2) Tallo, 3) Hoja, 4) Inflorescencia, 5) Flores liguladas o radiadas, 6) Flores tubulares o de disco, 7) Fruto y semillas (Vásquez, 2001).

Las flores fecundadas desarrollan un fruto, llamado aquenio o cipsela, que contienen en su interior la semilla o pepa. En general, en forma cotidiana se utiliza el vocablo semilla para referirse al aquenio. Un capítulo contiene al madurar entre 250 y 1,500 aquenios. La mayor cantidad de semillas se da en las plantas de un sólo capítulo. En las plantas multifloras hay pocas semillas.

Un aquenio de girasol, visto en un corte transversal mostrando sus constituyentes principales, pericarpio o “cáscara” y semilla o “pepa”, se puede apreciar en la Figura 7 (ASAGIR, 2003).

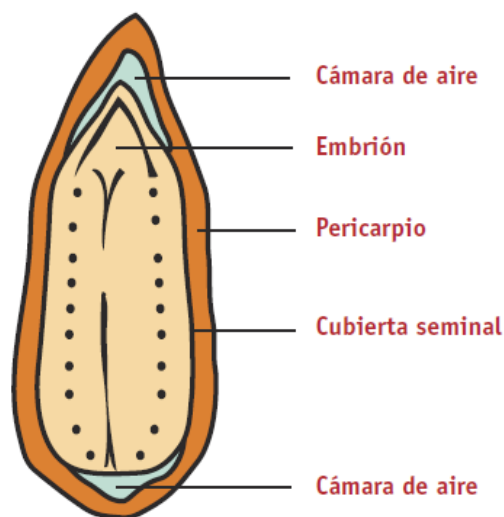


Figura 7. Corte transversal del aquenio (ASAGIR, 2003).

2.4. Fenología del cultivo de girasol

El ciclo promedio del girasol comprende entre 100 y 150 días, según genotipos, fechas de siembra, latitud y disponibilidad de agua y nutrimentos. El desarrollo está controlado genéticamente en interacción con factores del ambiente: la temperatura afecta la duración de todas las fases de desarrollo y el fotoperiodo sólo modifica algunas de ellas (Díaz *et al.*, 2003).

Las etapas fenológicas según Vranceanu (1977) (Figura 8), son:

1. Germinación y emergencia: Este período se caracteriza por unas necesidades especiales en cuanto a la temperatura. En función de la temperatura del suelo,

profundidad de siembra, humedad y el oxígeno necesario, la duración de la fase se puede prologar de 5-15 días. Las variedades precoces germinan más rápido que las variedades tardías.

2. Formación de las hojas: Esta fase depende de la variedad, de las condiciones de nutrición, iluminación, temperatura y del abastecimiento de agua. Durante esta fase tiene lugar la diferenciación de los principales órganos vegetativos. Del meristemo terminal se forma el tallo con los primordios foliares, después del cual el cono de desarrollo aumenta de diámetro, resultando, tras su segmentación, el receptáculo de la inflorescencia.

3. Diferenciación de los primordios del receptáculo: En este período las plantas necesitan un buen abastecimiento de agua y luz. La formación de receptáculos grandes, origina un gran número de emergencias florales.

4. Crecimiento activo: Se caracteriza por idénticas necesidades con respecto a los factores de desarrollo, temperatura, luz y agua. En esta época, la dinámica del crecimiento en altura del tallo y desarrollo de la superficie foliar tiene el más intenso ritmo, alcanzando el máximo en las últimas dos semanas de la floración.

5. Floración: Se lleva a cabo por la apertura del involucro de hojas del capítulo, después de la cual aparece la primera fila de flores liguladas. Unos días después comienza la aparición de las flores tubulosas, después del borde hacia el centro del capítulo. En las formas cultivadas un capítulo florece durante 6-11 días. Durante la fase de floración, el girasol necesita humedad relativa alta, y temperaturas moderadas.

6. Formación de la semilla y acumulación del aceite: Está constituida por dos fases distintas, cuya duración depende en gran medida de las condiciones de temperatura y de abastecimiento de agua. En la primera fase, paralelamente con la formación y desarrollo de las semillas, tiene lugar la acumulación intensa del aceite y la estabilización del mismo, hasta el final de la fase.

7. Llenado del grano y conservación de su tamaño definitivo: En la segunda fase de esta etapa se intensifica el proceso del llenado, aumentando el peso y el tamaño de las semillas, mientras el contenido relativo de aceite permanece aproximadamente al mismo nivel.

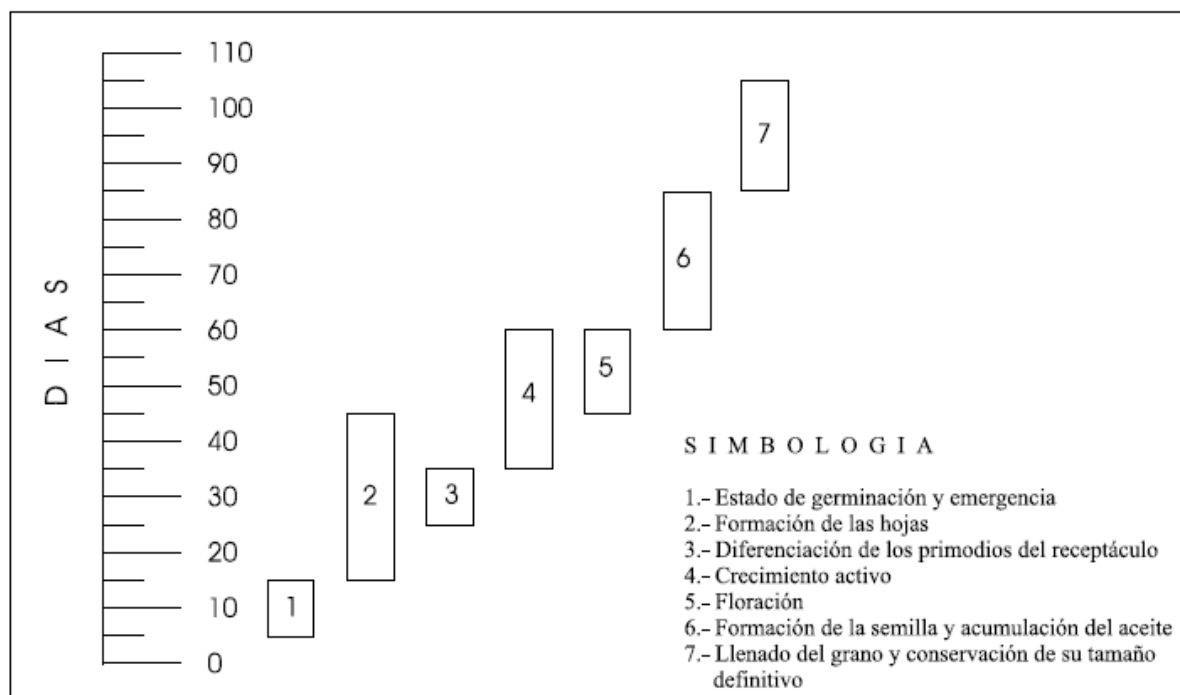


Figura 8. Etapas del desarrollo fenológico del girasol (Vranceanu, 1977).

2.4.1. Estados vegetativos

De acuerdo con Zuil (s/f), se subdivide en lo siguiente

VE La plántula ha emergido y la primera hoja verdadera tiene una longitud menor a cuatro cm.

V (número) Se determina contando el número de hojas verdaderas de longitud superior a cuatro cm, por ejemplo: V1, V2, V3, y así sucesivamente.

La etapa de formación de hojas finaliza cuando son visibles entre cuatro y cinco pares de hojas, aproximadamente entre 20 y 24 días. El ritmo de acumulación de materia seca es todavía bajo ($10 \text{ kg ha día}^{-1}$), por el contrario la materia seca radicular representa un 15 % de la materia seca total.

En esta fase se está instalando el sistema radicular, compuesto por raíces ramificadas, de forma pivotante. El libre desarrollo de esta última permite el óptimo desarrollo de planta y exploración del perfil.

Las temperaturas bajas retardan el desarrollo radicular y la exploración del perfil del suelo, disminuye la tasa de absorción de nutrimentos y aumenta la resistencia de la raíz al flujo de agua, lo que reduce significativamente la síntesis de citoquininas y giberelinas en las raíces y su posterior transporte a los ápices.

2.4.2. Estados reproductivos

La formación de los órganos potenciales de cosecha se inicia con el proceso de diferenciación de los primordios del receptáculo, cuando la planta tiene aproximadamente entre 8 y 12 hojas y finaliza 5 a 7 días antes que el botón floral sea visible en el extremo superior de la planta. Los procesos que conducen a la diferenciación de las piezas florales son afectados principalmente por temperaturas bajas.

En esta etapa, la disponibilidad de fósforo y nitrógeno definen el número de flores.

Comenzada la etapa de crecimiento activo, el ritmo de acumulación de materia seca puede llegar a 200 kg ha día⁻¹.

R1: El botón floral comienza a diferenciarse. Visto desde arriba las brácteas inmaduras tienen la apariencia de una estrella de numerosas puntas.

R2: El botón floral se encuentra entre 0.5 y 2.0 cm de la hoja más cercana inserta en el tallo.

R3: El botón floral se encuentra a más de 2 cm de la hoja más cercana.

R4: La inflorescencia comienza a abrirse. Vista desde arriba, las flores liguladas aún inmaduras son visibles.

R5: (Decimal) Este estado corresponde al inicio de floración. Se divide en subestados dependiendo del porcentaje del área del capítulo que ha completado su floración. Por ejemplo, R5.2: el 20 % de las flores se encuentra en antesis o post antesis; R5.7: *ídem* al 70 %.

R6: La floración es completa y las flores liguladas comienzan a marchitarse.

R7: El envés del capítulo se torna al amarillo pálido.

R8: El envés del capítulo es amarillo pero las brácteas permanecen verdes.

R9 Las brácteas se tornan amarillas y marrones. La mayor parte del envés del capítulo se ha tornado marrón. Este estado corresponde a madurez fisiológica.

Con base a Siddiqui *et al.* (1975), la fenología del girasol también puede ser descrita de la siguiente manera (Tabla 4).

Tabla 4. Fenología del girasol de acuerdo a Siddiqui *et al.* (1975).

Etapa	Descripción
1	Establecimiento. Desde la emergencia de los cotiledones a la formación del último par de hojas mostrando filotaxia opuesta.
1.1	Emergencia de cotiledones
1.2	Primer par de hojas opuestas*
1.3	Segundo par de hojas opuestas formadas
1.4*	
2	Vegetativa. Desde la formación de la primera hoja que muestra filotaxia espiral a la aparición del capullo.
2.1	Primera hoja alternada
2.2	Segunda hoja alternada formada
2.3	Tercera hoja alternada formada
2.4**	
3	Abotonamiento. Desde la emergencia del capítulo a la emergencia de la primera antera.
3.1	Capítulo visible pero en apariencia cerrado por hojas jóvenes.
3.2	Capítulo empujado sobre la corona o plato de hojas. Un poco de hojas jóvenes indistinguibles desde las brácteas.
3.3	Capítulo completamente separado de las hojas. Última hoja vegetativa distinguible desde las brácteas.
3.4	Inflorescencia empezando a abrir. Se hacen visibles las hileras de flores.
4***	Antesis. Desde la emergencia de la primera a la última antera.
4.1	Principio de antesis.
4.2	Antesis en el cuarto exterior del capítulo completo en forma radial
4.3	Antesis en la mitad del capítulo. Llenado de grano en la parte exterior de la inflorescencia.
4.4	Antesis en tres cuartas partes de la inflorescencia.
4.5	Antesis completa. Continúa llenado del grano.
5	Desarrollo de semilla. Desde la emergencia de la última antera a madurez comercial de la planta.
5.1	Cabezuela invertida. Obvia senescencia de las hojas inferiores, continúa el llenado de grano. Semillas externas tiernas.
5.2	Cabezuela y brácteas amarillas. Hojas jóvenes empiezan a fenecer.
5.3	Semilla madura. Tallo y hojas secas y madurez comercial completa.

*Hoja formada se refiere al estado de hoja desarrollada cuando el peciolo de la hoja es apenas visible a través de la corona.

**Hoja externa o pares de la hoja pueden ser agregadas si es necesario.

***Aparición del capítulo. Se refiere a cuando examinan sin disección y se observa que la yema terminal aparenta más bien una cabeza que un racimo de hojas.

El tiempo necesario para el desarrollo de la planta de girasol, al igual que el tiempo entre los estados fenológicos, es afectado por los antecedentes genéticos del cultivar (Figura 9), fotoperíodo, temperatura, humedad de suelo y fertilidad (ASAGIR, 2008).

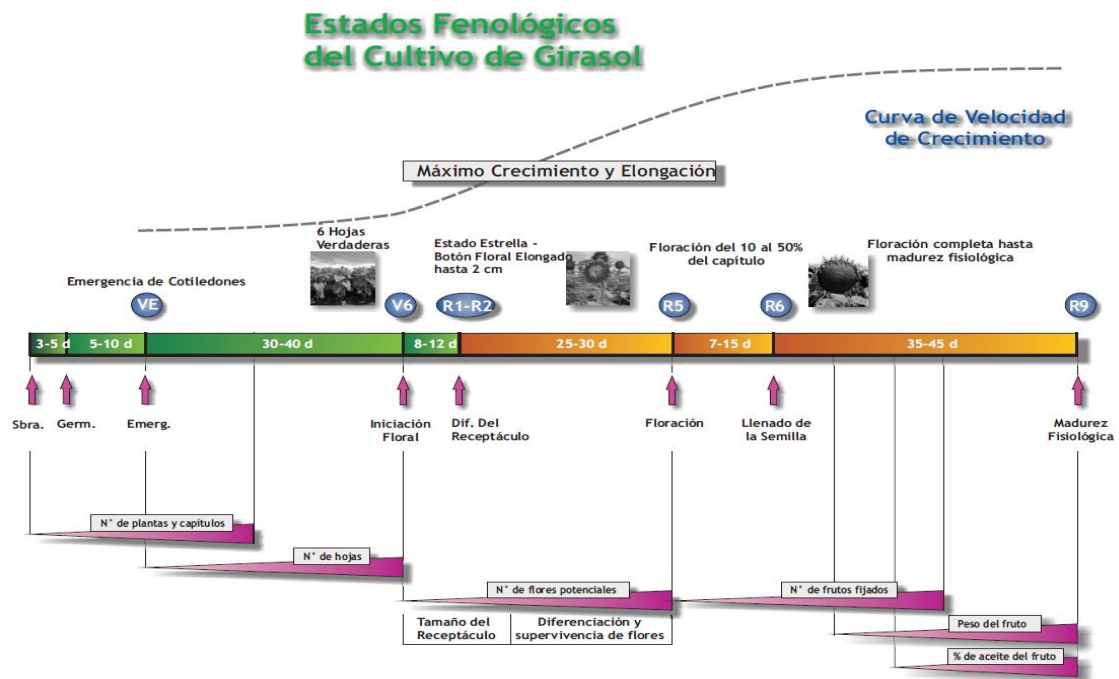


Figura 9. Fenología del cultivo de girasol (Agroestrategias, s/f).

2.5. Descripción de la variedad SYN 3950 HO

Esta variedad de girasol se obtuvo en Argentina, por la Compañía Syngenta (Syngenta, 2014). Es de ciclo medio, de 70 a 125 días a la madurez relativa, observado en ese país. La floración se presenta entre los 68 a 74 días después de la siembra. El color del aquenio es negro. La altura de planta es intermedia. Se adapta al ambiente de forma excelente. De acuerdo a los datos de dicha empresa, esta variedad tiene un contenido muy alto de ácido Oleico, con un potencial de rendimiento excelente. En Argentina se tiene reportado que alcanza los 3,300 kg ha⁻¹ de rendimiento de grano. Es altamente tolerante a Esclerotinia, tolerante a Verticillium y resistente a roya negra (FEDEA, 2015).

2.6. Requerimientos agroclimáticos

El girasol es un cultivo rústico cuyo sistema radicular le permite desarrollarse bien durante periodos prolongados de sequía en regiones de lluvia escasa o mal distribuida. Una precipitación total de 250 a 400 mm distribuida durante su ciclo de vida, es suficiente para producir una buena cosecha (entre 1.5 y 3.0 t ha⁻¹) (Gómez *et al.*, 2011).

Durante las primeras 2 ó 3 semanas de crecimiento las plantas de girasol resisten temperaturas de -3° a -4°C; lo mismo ocurre una vez que se ha formado la semilla. Sin embargo, las heladas y la sequía pueden ocasionar, durante el periodo crítico de la floración, una reducción del rendimiento al originar la formación de semillas estériles o vanas (Gallegos y Velazco, 1970).

Adaptación: Regiones tropicales, subtropicales y templadas. No es una buena opción en regiones o estaciones cálidas y muy cálidas, debido a que su ciclo vegetativo se acorta demasiado, afectando el tamaño de la semilla y el rendimiento final.

Tipo Fotosintético: C3.

Fotoperiodo: Es una especie indiferente a la duración del día, existen cultivares de día corto. El fotoperiodo no es una variable crítica para esta planta.

Altitud: 0 a 1,900 msnm. En alturas superiores a 1,900 m, el girasol se desarrolla lentamente y el ciclo se alarga demasiado debido a bajas temperaturas, fuera del rango óptimo.

Requerimientos hídricos: Las necesidades de agua varían de 600 a 1,000 mm, dependiendo del clima y de la duración del periodo vegetativo total. La evapotranspiración aumenta desde el establecimiento hasta la floración y puede llegar hasta los 12 a 15 mm día⁻¹. En condiciones en que la evapotranspiración máxima es de 5 a 6 mm día⁻¹, la absorción de agua se ve afectada cuando se ha agotado alrededor del 45% del agua total disponible en el suelo. Puede producir con una precipitación anual incluso de hasta 250 mm.

Humedad ambiental: Requiere una atmósfera moderadamente seca, sobre todo en la época de maduración de la semilla, donde la humedad excesiva puede causar daños por enfermedades en la semilla, reduciendo así su calidad y rendimiento.

Temperatura: Las temperaturas medias diurnas para un buen desarrollo están entre los 18 y 25 °C. Para la emergencia, la temperatura base (Tb) es de 3 °C con un máximo de 37 °C; el requerimiento térmico (RT) en esta etapa a temperatura base de 3 °C es de 130 grados-día de desarrollo (GDD). Para esta misma etapa, siembra-emergencia, la Tb es de 1 °C y el RT es de 130 GDD.

La temperatura base durante la etapa de floración es de 5 °C con un óptimo que va de 18 a 23 °C. En la etapa de maduración la temperatura óptima es de 18 a 27 °C. La temperatura base promedio para el ciclo de desarrollo del girasol es de 7 °C.

Luz: Es una planta exigente en luz.

Textura de suelo: El girasol se desarrolla en una amplia gama de suelos, por lo que puede prosperar en diversos tipos texturales, a excepción de las texturas extremas, tales como arenosa y arcillosa.

Profundidad del suelo: Requiere una profundidad mínima de 25 a 35 cm, siempre que el agua esté fácilmente disponible en este estrato. Para su desarrollo óptimo, el girasol requiere suelos profundos, ya que su sistema radical puede extenderse hasta 2 a 3 m, pero normalmente cuando el cultivo está plenamente desarrollado, el 100 % del agua se extrae de la capa de 0.8 hasta 1.5 m.

Salinidad: Tolerante a la salinidad y sodicidad. Una indicación de la tolerancia a la salinidad durante el establecimiento del cultivo la proporciona el porcentaje de nacencia de plántulas.

pH: El óptimo es de 6.0 a 7.5. Pero se desarrolla bajo un rango de pH entre 4.0 y 8.5.

Drenaje: Requiere suelos bien drenados (INIFAP, s/f).

2.7. Proceso de producción del cultivo

El cultivo de girasol tiene en lo general el siguiente proceso de producción en campo.

a) Siembra: La siembra es una de las actividades más importantes y delicadas que consiste en colocar la semilla en el suelo a una profundidad y distancia entre semillas deseada ya que con la humedad existente se logrará la germinación y emergencia del mayor número posible de plántulas lo que dará la densidad de población.

En el cultivo de girasol, la fecha recomendada de siembra es a partir del 15 de mayo y hasta el 31 de julio y se recomienda colocar la semilla a una profundidad de 5 cm, con cuatro semillas por metro lineal; en función de la distancia entre surcos será la población total que se tenga por hectárea (González *et al.*, 2014).

Bajo regímenes de temporal la siembra del girasol debe hacerse cuando el terreno contenga buena humedad para evitar problemas de germinación. Esto generalmente ocurre durante el periodo comprendido entre el 1 y el 15 de junio, cuando se han establecido las lluvias.

Para régimen de riego se recomienda la siembra desde el 15 de mayo hasta el 15 de junio. Las siembras realizadas en fechas posteriores, tienen mayor riesgo debido a más altas probabilidades de ocurrencia de heladas tempranas (INIFAP, 2013).

La distancia idónea es de 70 cm entre líneas y entre plantas de 20 a 25 cm, para que no haya competencia. La profundidad de siembra es de 5 cm. Se puede recomendar una densidad de siembra inicial de 60,000 plantas por hectárea, la cual con un 10 % de pérdidas durante el desarrollo del cultivo, tendrá una población final de 50,000 plantas por hectárea por lo que se necesitan entre 7 a 9 kg de semilla (González *et al.*, 2014).

b) Fertilización: El girasol consume gran cantidad de nutrimentos, y debido a la enorme capacidad de su sistema radical para extraer los necesarios -incluso los menos solubles- de un perfil profundo del suelo, requiere menos fertilizantes que otros cultivos (Ortegón *et al.*, 1993).

En el caso del nitrógeno (N) y del fósforo (P), son los nutrimentos más demandados y de ellos, el N es el que se aplica en mayores cantidades a los suelos. La mayor demanda de N (75 %) se ubica entre la etapa R2 (la yema terminal se alarga entre 0.5-2.0 cm por

arriba de la última hoja) y R6 (floración completa), lo cual coincide parcialmente con la mayor acumulación de materia seca; las etapas anteriores a R2 y posteriores a R6 requieren poco N. En el caso del P se menciona que la máxima demanda de este nutrimento ocurre a los 40 días después de la emergencia (aproximadamente cuando la planta tiene 20 hojas). De la cantidad total de N tomado por la planta de girasol, aproximadamente un 60 % se dirige a la semilla, y el resto potencialmente regresa al suelo al incorporar los residuos de la cosecha.

Se sugiere aplicar la fórmula 80-40-00 de la siguiente forma: la mitad del N y todo el P al momento de la siembra y, el resto del nitrógeno en la segunda escarda. Ambas aplicaciones deben hacerse de forma manual, a chorrillo y con 5 cm de separación de las hileras de plantas; luego debe ser tapado para evitar la evaporación del producto. El suelo debe tener humedad al momento de la aplicación para una mejor absorción del fertilizante, de no ser así se afecta a la planta.

El girasol no requiere dosis altas de nitrógeno. Una dosis superior a 80 unidades ha^{-1} aumenta el riesgo de acame o de enfermedades del capítulo, retarda la maduración y puede provocar una disminución del contenido de aceite en el grano (Navarro *et al.*, 2012).

Aunque, Morales *et al.* (2015) mencionaron que el nitrógeno es un nutrimento que incrementa el crecimiento, la duración del área foliar y la fotosíntesis del cultivo, características que permiten al girasol aumentar el rendimiento de semilla por unidad de superficie.

c) Control de malezas: Como cualquier otro cultivo, el girasol producirá el máximo rendimiento cuando se cultive libre de malas hierbas, ya que, estas compiten con él por la luz y nutrimentos, reduciendo así, su producción (Vásquez, 2001).

El control de malas hierbas se basa en el uso de herbicidas y el cultivo entre líneas, en tanto el desarrollo del girasol lo permita (Alba y Llanos, 1990).

El girasol es muy sensible a la presencia de malas hierbas desde su emergencia hasta el estado de cinco pares de hojas, razón por la cual debe protegerse durante un periodo de 30 a 40 días con una aplicación del herbicida Treflan (Trifuralina), en una dosis de 2.5 L ha^{-1} , aplicado inmediatamente después de la siembra (INIFAP, 2013).

Se ha determinado que si los primeros 30-40 días de desarrollo del cultivo no se controlan las malezas, el rendimiento puede llegar a sufrir mermas de hasta más de un 50 % (Rojas, 1978, citado por Vásquez, 2001).

La aplicación de herbicidas en los inicios del cultivo debe aplicarse mediante herbicidas de contacto, de amplio espectro como: glifosato o gramoxone o por medio de labores culturales (Alba y Llanos, 1990). Sin embargo, Vital, *et al.* (2017) reportaron que las plantas de girasol presentan una alta sensibilidad al glifosato, a través de cambios en la morfología y en el peso seco de las plantas inducido por su totoxicidad. Por el contrario, las plantas de girasol no fueron sensibles al Trinexapac-etilo, ya que las plantas expuestas a este agente no mostraron cambios morfológicos o signos de toxicidad

De acuerdo a Syngenta (2017a), Gesagard Auto[®] (Prometrina) es un herbicida de aplicación preemergente al cultivo de girasol, que controla maleza anual de hoja ancha y zacates. El producto tiene una acción residual de 4 a 10 semanas según: la dosis aplicada, clima y tipo de suelo. La dosis recomendada va de 1.5 a 2.0 l ha⁻¹. Nieto (1987) sugirió para el control de malezas en el cultivo de girasol utilizar herbicidas preemergentes como son Cotoran, Gesagard, Afalón o Gramoxone.

Si no se aplica herbicida, se aconseja mantener limpio el cultivo durante los primeros 40 días mediante una escarda; esto es, hasta el momento en que la planta tiene aproximadamente 30 cm de altura. La segunda escarda debe hacerse cuando la planta tenga unos 60 cm de altura. Para evitar la pudrición del tallo, no se debe levantar mucho el surco en la base de las plantas (INIFAP, 2013).

Es así que, la aplicación de herbicidas reduce el costo de mano de obra, principalmente al inicio del ciclo del cultivo, y con ello se puede asegurar el establecimiento del cultivo y tener un buen crecimiento del mismo.

Martínez (1973) enumeró las principales malas hierbas que afectan el desarrollo del girasol (Tabla 5).

Tabla 5. Malezas que afectan el desarrollo del girasol (Martínez, 1973).

Nombre científico	Nombre común
<i>Amaranthus híbridos</i>	Quelite
<i>Galinsoga parviflora</i>	Rosilla chica
<i>Bidens pilosa</i>	Rosilla grande
<i>Encelia mexicana</i>	Acahual
<i>Tinantia erecta</i>	Caña de pollo
<i>Cammelina coelestis</i>	Caño de pollo
<i>Tradescantia crassifolia</i>	Caña de pollo rastrera
<i>Brassica campestris</i>	Flor de nabo
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rabanillo
<i>Ipomea hederacea</i>	Manto o campanilla
<i>Echynocystis lobata</i>	Chayotillo
<i>Sycios angulatus</i>	Calabacilla con espinas
<i>Cyperus esculentus</i>	Coquillo
<i>Eragrostis pilosa</i>	Liendrilla
<i>Avena fatua</i>	Avena loca
<i>Malva peruviflora</i>	Malva grande
<i>Lopezca mexicana</i>	Perilla
<i>Oxalis sp</i>	Agrito o xocoyol
<i>Argemone mexicana</i>	Chicalote
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga

d) Control de plagas y enfermedades: Como otros cultivos, el girasol se encuentra expuesto al ataque de diversos insectos que pueden generar pérdidas económicas; debido a esto, es necesario aplicar insecticidas para su control (es el más común); aunque éste no es el único método, ya que se debe realizar un manejo integrado para tener mejores resultados. Los insectos plaga más comunes en el girasol se reportan en la Tabla 6.

Tabla 6. Plagas que atacan el cultivo de girasol (Robles, 1982; Ortégón *et al.*, 1993; INIFAP, 2003).

Plaga	Ingrediente activo	Dosis L ha⁻¹
Picudo del capítulo (<i>Rhynchites mexicanus</i> Gill)	Paration metílico CE 50	1.5
Palimilla del capítulo (<i>Homoeosoma electellum</i> Hulst.)	Paration metílico CE 50	1.0
Mayate (<i>Cotinis mutabilis</i> Huri & Percheron)	Malation CE 100	1.0
Frailecillo (<i>Macroductylus</i> sp.)	Endosulfan Foley	1.0 1.0
Picudo trozador de las hojas y de los capítulos	Foley Malation 1000E	1.0 1.0
Mosca del capítulo (<i>Neotephritis finalis</i>)	Malation 1000E Thiodan	0.5 2.0
Picudo (<i>Rhynchite mexicanus</i> Gyll)	Malation 1000 E Thiodan 35%	0.51 2.01
Araña roja (<i>Tetranychus telarius</i>)	Gusation etílico 50%	1.0
Chapulines (<i>Sphenarium</i> sp.)	Malation 1000 E	1.5 a 2.0
Gusano trozador (<i>Agrotis</i> sp.).	Thiodan al 35%	2.5
Gusano Soldado (<i>Spodoptera</i> sp.)	Paration metílico 50% Cyolane 25%	1.0 1.5
Afidos y mosquitas blancas (<i>Aphis</i> sp. y <i>Trialeurodes</i> sp.)	Thiodan 35%	2.0

Las plagas agrícolas pueden ser controladas eficazmente mediante una estrategia de manejo integrado, una alternativa racional para disminuir la dependencia del uso de insecticidas químicos. Se basa en las prácticas culturales con orientación al control de plagas, la capacidad que tienen las plantas para tolerar o resistir daños por plagas y la acción de los factores naturales de mortalidad de plagas, como son parasitoides, depredadores y patógenos. Es la alternativa de control más usada, para reducir el uso inadecuado de insecticidas (SAGARPA, s/f).

Las formas de control son: control químico, control mecánico, control biológico, control cultural (JICA, s/f).

Las enfermedades que ocasionalmente se observan en el girasol son la cenicilla y la pudrición blanda del capítulo. La primera se presenta después de la floración y la

segunda cuando las lluvias coinciden con ella; sin embargo, no son de importancia económica (SAGARPA, s/f).

La enfermedad más frecuente y dañina del girasol es la pudrición del tallo y del capítulo (Bigler, 2010). Como medida preventiva se sugiere la aplicación de 1 kg de Manzate D, disuelto en 200 L ha⁻¹ de agua, cuando prevalezcan condiciones de alta humedad, en el ambiente o en el suelo. Otras medidas preventivas son la rotación de cultivos, el empleo de semilla sana y limpia y la quema del material infectado.

La pudrición del capítulo es otra enfermedad importante, cuyo vector es la mosca del capítulo; por consiguiente su control se logra mediante el combate de este insecto con 0.5 L de Malathión 1000E (Malatión), o con 2 L de Thiodán 35 %, disueltos en 200 a 300 L ha⁻¹ (SAGARPA, s/f).

e) Cosecha: Esta debe realizarse cuando el capítulo haya adquirido una coloración café en su parte posterior, si el corte se hace a mano, los capítulos pueden pasarse directamente a la combinada estacionaria para trillarse; el trillado o desgrane manual del capítulo se hace golpeando éste con un palo por el lado donde está la semilla. Si el corte y trillado se hace con combinada, se debe cambiar el cabezal y disminuir al mínimo las revoluciones del cilindro y apertura total del cóncavo, así como reducir la velocidad del avance.

Otra alternativa para la cosecha consiste en realizar el corte de capítulos en verde y ponerlos a secar en un asoleadero o en una secadora para realizar antes la cosecha y poder establecer otro cultivo; por otra parte, con esta variante de cosecha se disminuyen las pérdidas de grano (*Ídem*).

f) Almacenamiento: El almacenamiento y acondicionamiento de las semillas de girasol, tanto de destino aceitero como confitero, tiene las particularidades que se derivan de sus características físicas y químicas, algunas de las propiedades de los granos que influyen en este proceso son principalmente: humedad del grano y temperatura, peso hectolítrico, contenido de aceite, humedad de almacenamiento seguro y un mayor ángulo de reposo que los demás granos que típicamente se manejan en el sistema de poscosecha (Bartosik, *et al.*, 2015).

2.8. Componentes de rendimiento

El material cosechado al término del ciclo de un cultivo es la resultante final de las interacciones, producidas en forma continua a través de dicho ciclo, entre genotipo, condiciones ambientales y manejo cultural. Cualquier intento de identificar las bases fisiológicas del rendimiento deberá partir, necesariamente, del reconocimiento de la complejidad de estas interacciones y del hecho que las mismas se producen a medida que se cumple el desarrollo del cultivo, es decir, siguiendo una secuencia temporal definida (Jall, 1980).

El rendimiento de girasol puede ser dividido en diferentes componentes. Estos componentes son: el número de capítulos por unidad de superficie; el número de frutos (aquenios) llenos por capítulos por unidad de superficie; el número de frutos llenos por capítulo, y el peso individual de esos frutos. Dado que el número de capítulos por unidad de superficie depende de la densidad de siembra, mientras que el número de frutos llenos por capítulo es el resultado del número de flores producidas que son fecundadas, y del número de flores fecundadas que llenan y producen frutos, es decir, que no abortan. En el presente cultivo, la meta de producción es el rendimiento en aceite por unidad de superficie, resultante del peso de frutos por unidad de superficie y de la concentración de estos (Aguirrezábal *et al.*, 2001).

Los componentes de rendimiento están influenciados por los diferentes estadios del cultivo; estos procesos son determinados genéticamente, así como también por las condiciones ambientales, variables a lo largo del ciclo del cultivo, estas afectan directamente el rendimiento; es decir, el efecto de un mismo factor ambiental puede influenciar un componente con diferente intensidad que a otros. Asimismo, puede existir compensación entre los diferentes componentes del rendimiento. Conocer los momentos en que se definen los distintos componentes del rendimiento y el efecto de los factores ambientales sobre los mismos, puede ayudar a detectar los estadios críticos para definir el rendimiento. Con estos datos se puede adecuar el manejo del cultivo, como sería evitar o minimizar las situaciones de estrés por efecto ambiental durante dichos períodos; esto a través de la correcta aplicación de prácticas agronómicas (fecha de siembra, densidad de siembra, ciclo del cultivar, entre otros), lo cual permite adecuar los factores ambientales que pueden limitar el rendimiento de los cultivos (radiación

solar, temperatura, agua y nutrimentos minerales) a los momentos de mayor demanda de los mismos (*Ídem*).

La escala más utilizada en girasol por su fácil aplicación agronómica es la propuesta por Schneider y Miller (1981). A continuación, basándose en la misma, se presenta las etapas más importantes del cultivo de girasol y los factores a tener en cuenta.

- Etapa de siembra-emergencia (S-VE): Esta etapa es una de las más importantes del cultivo, debido a que con una correcta plantación es la base para el desarrollo de un cultivo uniforme. Así se define el número de plantas conseguidas por unidad de superficie (Primer componente del rendimiento).

Para lograr una buena germinación, los factores más influyentes son el agua y la temperatura. Si bien los requerimientos de humedad en esta etapa son bajos, asegurar la imbibición homogénea de las semillas para iniciar el proceso germinativo es fundamental. Un exceso de agua durante esta etapa limitaría la disponibilidad de oxígeno para la semilla afectando la germinación, impactando tanto la cantidad de plantas logradas como en velocidad de emergencia. Una siembra con baja temperatura en el suelo alarga el período de siembra-emergencia, como también provoca pérdidas debido a que favorece la actividad de insectos y hongos del suelo.

- Etapa de Emergencia- Iniciación Floral (VE-V6): Esta etapa comienza con la emergencia de la plántula y termina cuando el ápice se diferencia en inflorescencias. La duración de este período depende del cultivar, la temperatura y el fotoperíodo.

Es una etapa caracterizada por un activo crecimiento de las raíces, significativamente mayor al de la parte aérea. Al producirse este cambio meristemático queda definido el número de hojas que tendrá la planta. Ante condiciones de temperatura elevada, radiación alta y días largos este período tiende a acortarse, por lo cual disminuye el número final de hojas por planta. En esta etapa y la anterior, el girasol tiene buena tolerancia a las heladas, luego la sensibilidad al frío aumenta considerablemente.

- Etapa de iniciación floral-Floración (V6-R5): En esta etapa se diferencian las flores y queda definido el número potencial de granos que tendrá el capítulo. El período culmina al comenzar la floración (al iniciar la antesis de las flores de la periferia del capítulo).

Durante esta etapa continúa el activo desarrollo de raíces y se produce la expansión foliar, y su duración también está definida por el cultivar, la temperatura y el fotoperíodo. A mayor temperatura aumenta la tasa de diferenciación floral, pero se acorta el tiempo durante el que ocurre este proceso. La ocurrencia de un estrés hídrico severo durante esta etapa influiría sobre el rendimiento al afectar el número de flores (número potencial de granos) y la expansión foliar.

- Etapa de Floración-Madurez fisiológica (R5-R9): Durante el período de floración (R5 y R6), que dura entre 7 y 10 días, se define el número de granos fijados (Segundo componente de rendimiento). Entre R6 y R9 se produce la acumulación de carbohidratos, ácidos grasos y proteínas en los granos, determinándose el peso de los mismos y su contenido de aceite. Los períodos prolongados de días nublados y precipitación durante la floración pueden provocar menor fecundación de flores, por el lavado de polen y/o menor actividad de insectos polinizadores. Un estrés hídrico en esta etapa provoca una menor cantidad de granos si esta ocurre en la floración o a principios del llenado, o menos peso del grano, como también contenido de aceite si el estrés ocurre durante el llenado (PIONEER, 2012).

En la Figura 10 se presenta un diagrama del ciclo ontogénico y de los componentes del rendimiento del girasol.

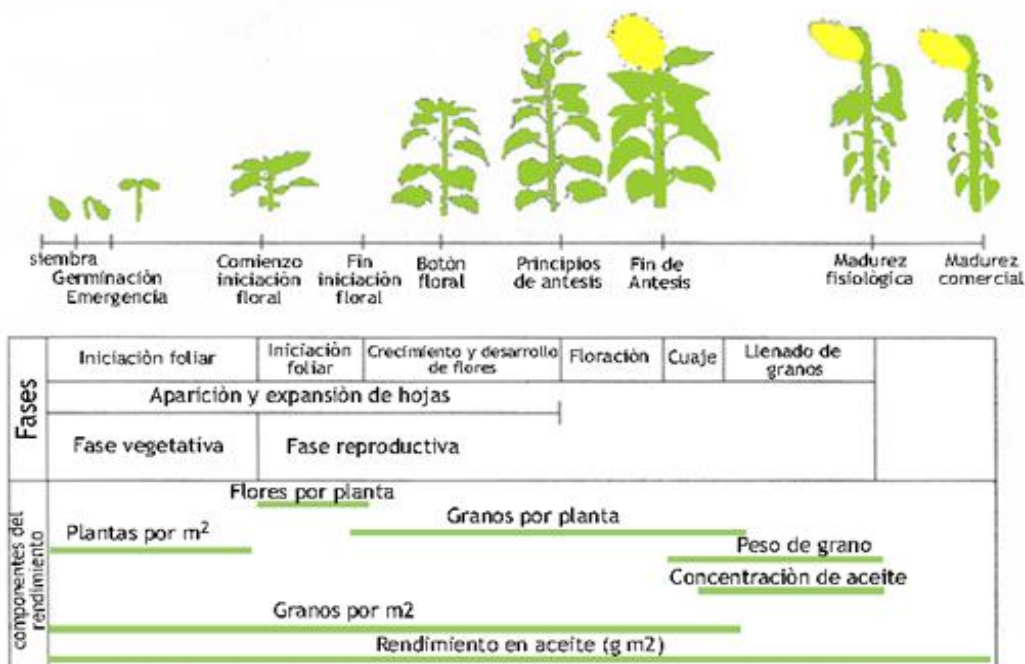


Figura 10. Ciclo ontogénico y componentes del rendimiento del girasol (Centro de corredores y agentes de la bolsa de cereales, 2013).

2.8.1. Calidad comercial de la semilla

Los componentes de reserva de las semillas consisten en proteínas, carbohidratos y lípidos. La proporción relativa y localización de estos compuestos varía de acuerdo a la especie (Baud y Lepiniec, 2010). Las semillas, en general, son fuente de compuestos lipídicos que incluyen ácidos grasos, tocoferoles, triglicéridos, fosfolípidos, esfingolípidos y esteroides (Matthaus *et al.*, 2003).

Los ácidos grasos que componen los aceites en general son ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI). Los insaturados a su vez pueden ser monoinsaturados (AGMI) o polinsaturados (AGPI). Desde el punto de vista de su uso nutricional, los AGPI se clasifican a su vez en las llamadas familias o series de ácidos grasos. Las tres familias más importantes son la omega-9, omega-6 y omega-3. La denominación omega deriva de la última letra del alfabeto griego, denotando que la enumeración de los ácidos grasos se realiza desde el carbono extremo terminal de la molécula (Valenzuela y Sanhueza, 2009).

La semilla de girasol se cultiva mayoritariamente para la obtención de aceite, que contiene ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) e insaturados (oleico y linoleico). El porcentaje del ácido esteárico es siempre inferior al 10 % encontrándose normalmente entre el 3 y el 7 %. En cuanto a los ácidos grasos insaturados, en la actualidad existen dos tipos de semillas: la normal, que suele tener 50-70 % de ácido linoleico y la alto oleico con un contenido del 5-10 % de ácido linoleico y el 75-90 % de ácido oleico. También existe girasol con bajo contenido en ácidos grasos saturados, menor o igual al 6 % (Mora y Fernández, 1996).

Existen en el mercado numerosas variedades de semillas de girasol alto en ácido oleico que, en general, se utilizan en alimentación humana e industrias afines. Sin embargo, debido a su alto contenido en ácido oleico, parte de las semillas entran en el circuito de alimentación del cerdo. La composición química de estas semillas es variable en función de la variedad pero, en general, tienden a ser más ricas en FND y más pobres en grasa que las variedades clásicas. Además estas variedades tienen un perfil de ácidos grasos muy diferente, destacando su alto contenido en oleico (80-90 % según variedades) y su reducido contenido en ácido linoleico (inferior al 10 %).

La composición química de los productos de girasol es muy variable en función del método de extracción utilizado y de diferencias en la calidad de la semilla según su origen. Para la harina suelen establecerse categorías de acuerdo con el contenido en proteína resultante: 28 (harina integral), 30, 32, 34 y 36 % para cada una de las cuales se ha obtenido la composición media y estimado la valoración nutritiva indicada en las fichas adjuntas (FEDNA, s/f), (Tabla 7).

El contenido en ácidos grasos saturados de un aceite determina sus propiedades físico-químicas. Si este contenido es suficientemente alto, el aceite puede llegar a ser sólido a temperatura ambiente, como ocurre en ciertas grasas animales. El aceite de girasol normal siempre es líquido en estas condiciones (Mora y Fernández, 1996), (Tabla 8).

Tabla 7. Composición química de la semilla de girasol (Arija *et al.*, 1999).

Composición química de la semilla de girasol entera descascarillada (SGED). (Chemical composition of full-fat sunflower kernel (FFSK)).			
g kg ⁻¹ MS		Ácidos grasos (g 100 g ⁻¹ de aceite)	
Humedad	77	Palmitico	6,5
Proteína bruta	193	Estearico	5,7
Grasa bruta	511	Oleico	18,1
Fibra cruda	64	Linoleico	66,9
Cenizas	28	Linolénico	0,7
Calcio	3,3	Araquidónico	1,2
Fósforo disponible	2		
Fósforo total	4,3	Ácido clorogénico (g 100g ⁻¹)	4,65
Almidón	10		
E.M. (MJ kg ⁻¹) ^a	22,4		
Áminoácidos (g 100 g-1 de proteína)			
A. Aspártico	9,24	Leucina	6,98
A. Glutámico	19,79	Metionina	2,15
Alanina	4,68	Prolina	4,27
Arginina	9,8	Serina	4,45
Cistina	2,09	Tirosina	2,72
Fenilalanina	5,01	Treonina	3,93
Glicocola	5,5	Triptófano	1,4
Histidina	2,82	Valina	5,15
Isoleucina	4,41	Lisina	4,03
Polisacáridos no amiláceos (PNA) (g 100 g-1 de FB)			
Rammosa	1,1	Manosa	5,9
Fucosa	7,3	Galactosa	8,7
Arabinosa	13	Glucosa	40,3
Xilosa	4	Ácidos urónicos	11,3
Resto PNA	8,4		

^aLa energía metabolizable (EM) ha sido calculada a partir de la ecuación propuesta por Jasen (1989) (European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs).

Tabla 8. Contenido de ácidos grasos en aceite de girasol (ASAGIR, 2008).

Aceite de girasol		
Contenido de ácidos grasos en aceites (cada 100g)		
Saturadas (g)	Poliinsaturadas (g)	Monoinsaturadas (g)
11	69	20

Los aceites obtenidos a partir de semillas cultivadas en clima templado (girasol, soya, colza, entre otros.) tienen principalmente ácidos grasos insaturados, como ácidos linoleico y oleico, por lo tanto son líquidos y se usan principalmente para cocinar, aderezar ensaladas, entre otros.

En la Tabla 9 se presenta un ejemplo de la composición de ácidos grasos y otras propiedades de algunas grasas y aceites. Las grasas son necesarias para la mayoría de la industria alimentaria para hacer margarina, grasa culinaria, productos de panadería, productos de confitería, aperitivos. La industria alimentaria usa la grasa con estos propósitos por sus propiedades plásticas -no se derriten, se pueden untar, o no se pegan en las manos- y estabilidad -tienen buena resistencia a la oxidación a temperaturas ambiente- (Martínez *et al.*, 2007).

Tabla 9. Composición de ácidos grasos en aceite de girasol (Martínez *et al.*, 2007).

Aceite o grasa	Composición ácido graso (%)					Propiedades	
	Mirístico	Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	Trans	Saturados
Girasol normal		7	5	30	57		1
Girasol rico en oleico		5	4	88	2		1

2.9. Investigaciones previas sobre el tema de investigación

Diversas investigaciones se han realizado en torno a este cultivo, a continuación se esbozan las ideas principales de ellas, con respecto al estudio de girasol que se documenta en este trabajo.

2.9.1. Influencia de la fecha de siembra y su importancia

La importancia del conocimiento del desarrollo de las fases de los cultivos radica en que permite, tanto al investigador como al productor, proceder en la ejecución de actividades fitotécnicas en los momentos de máxima eficiencia, para lograr los mayores rendimientos (Hernández, 1995). Sin embargo, existen otros aspectos a considerar para la explotación agrícola de un cultivo, tales como la adecuada planificación del calendario de siembra, la selección de las mejores variedades para cada época y la introducción de tecnologías que disminuyan los efectos negativos de los diferentes tipos de estrés (Domini *et al.*, 1996). Estos estudios son importantes porque ayudan a entender las interacciones planta \times animal, como la polinización y la dispersión de semillas; así como también para los estudios de propagación (Usma *et al.*, 1996).

La época de siembra define no solo en el rendimiento y otros aspectos agronómicos del cultivo, sino también la expresión de algunos atributos como calidad, presencia o ausencia de organismos dañinos en la semilla, por lo que deberá seleccionarse cuidadosamente aquella que permita obtener los mejores rendimientos y calidad (Forsberg y Reeves, 1995). Esta se asocia con la duración del día, radiación solar y temperatura. Por lo que es importante identificar las zonas más adecuadas para el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Por esta razón, la fecha óptima debe determinarse en cada localidad, lo que depende del clima y la incidencia de plagas y enfermedades (Berti *et al.*, 2003) entre otros factores.

Según el cultivo y específicamente las variedades responden diferencialmente a los factores del ambiente (principalmente, plagas, enfermedades y temperatura) que se manifiestan en diversos grados a lo largo de la estación del crecimiento, lo que principalmente determinará la calidad del producto (Barrios *et al.*, 2004; Wiatrak *et al.*, 2004).

La temperatura es un factor que influye en la fecha de siembra; es decir, si se siembra demasiado tarde, las plantas sufren temperaturas bajas propias del invierno durante las primeras etapas de su desarrollo, que les ocasiona retrasos en el crecimiento y desarrollo; si la siembra es muy temprana, las plantas estarán expuestas a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado de grano, que les aumenta sus tasas respiratorias y reduce su rendimiento de grano (Benacchio, 1982; Ojeda *et al.*, 2006).

El exceso de humedad en el suelo durante la emergencia del cultivo de girasol, genera daños en esta etapa fenológica, se reduce el porcentaje de emergencia, densidad de población y por lo tanto, el crecimiento de brotes y raíces, incluso después de 48 horas del estrés (Loose *et al.*, 2017).

Se han realizado investigación, en diversos cultivos agrícolas para identificar estas problemáticas, entre los cuales se citan a los siguientes.

Ortiz *et al.* (2003), determinaron la respuesta del algodón al acolchado plástico y fechas de siembra, donde concluyeron que la siembra en la primera semana de febrero permitió adelantar la cosecha 15 días respecto a la siembra de mediados del mes de marzo, con lo que se disminuye la exposición del cultivo al daño por mosca blanca cuando ésta presenta su máxima incidencia. Las variedades de algodón presentaron diferencias significativas en rendimiento, pero fueron de escasa magnitud. La mejor combinación de tratamientos para maximizar el rendimiento es sembrar en la primera semana de marzo, con acolchado, a la var. Deltapine 90 o la var. Stoneville 453.

Pecina *et al.* (2005), analizaron el efecto de siete fechas de siembra en la asociación sorgobiofertilizante (*Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fitohormona brassinoesteroide), con lo que reportaron que a pesar de las diferencias ambientales observadas entre fechas de siembra, sólo hubo diferencias significativas en el índice de clorofila para fechas de siembra y en la interacción fechas de siembra x híbrido; y aunque la temperatura aumentó conforme avanzó el ciclo de siembra, esto no mejoró el porcentaje de infección radical micorriza en sorgo.

Díaz *et al.* (2007), evaluaron la competitividad productiva de cuatro híbridos de okra en fechas de siembra en el Norte de Tamaulipas; resultó que el mayor rendimiento precoz se obtuvo en las dos fechas de siembra (temprana) de 1998 y 1999 de febrero y marzo.

Para el rendimiento total y altura de planta, destacó la fecha de siembra temprana, correspondiente al 26 de febrero en 1998 y 1 de marzo en 1999. En 1999 la productividad de la okra fue superior con respecto a 1998. En ese mismo período, se obtuvo mayor rendimiento precoz, rendimiento total, altura de planta y período de cosecha.

Salinas *et al.* (2008), determinaron el rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra; donde se reportó que la fenología, el rendimiento y la calidad nutrimental del frijol ejotero varían en función del clima presente durante el ciclo del cultivo, el cual puede variar a través de fechas de siembra; ya que el rendimiento se relacionó con la acumulación de unidades calor, la evapotranspiración y la radiación fotosintéticamente activa. El rendimiento más alto se logró con la siembra del 2 de mayo y el más bajo con la del 1 de julio.

Ramírez *et al.* (2010), evaluaron un cambio de fecha de siembra del maíz en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México para el ciclo de otoño-invierno; destacaron que la mejor fecha de siembra para rendimiento de grano fue la fecha del 15 de noviembre. Los híbridos de grano blanco ‘H-375’ y ‘H-438’, en promedio de las cinco fechas de siembra, presentan el mayor rendimiento, y ‘P-31G98 Y’ de grano amarillo el rendimiento más bajo. Y que la temperatura máxima diaria es la de mayor influencia en los cambios en rendimiento asociados con la fecha de siembra.

Catillo y Caamal (2011), evaluaron el efecto de la fecha de siembra en el desempeño del frijol terciopelo (FT) como cultivo de cobertera asociado a maíz; con lo que indicaron que la variación de la fecha de siembra intercalada del frijol terciopelo en el intervalo de 0 a 60 días después de la siembra del maíz influyó en el rendimiento de grano y el rastrojo de maíz, reflejado en una respuesta cuadrática en ambas variables, lo que indica un momento de optimización de la producción que disminuye posteriormente. El fósforo y el potasio del suelo tendieron a disminuir en las siembras tempranas del frijol terciopelo.

Hernández *et al.* (2015), analizaron la influencia de tres fechas de siembra (tres condiciones de clima) sobre el crecimiento y rendimiento del trigo. Reportaron que el cultivo del trigo, el rendimiento y la duración del ciclo de crecimiento está influido por la temperatura y la duración de dicho ciclo es uno de los factores fundamentales que

determina el rendimiento de los cultivos. La producción de biomasa es el resultado de la eficiencia con que la planta haya utilizado la radiación solar y el tiempo durante el cual esta eficiencia se haya mantenido. Y que el mayor Índice de Área Foliar, así como su duración y la acumulación de materia seca en la etapa reproductiva conducen a un mayor rendimiento.

Pérez *et al.* (2016), realizaron la evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas; en el que observó que los genotipos expresaron mayor número de macollos, número de nudos, altura de planta, peso hectolítrico, peso de mil granos y el rendimiento de grano en las siembras establecidas a finales de otoño, pero las establecidas a inicios de invierno tuvieron valores bajos. Y que las condiciones ambientales del sitio de desarrollo del cultivo de cebada influyeron en el comportamiento de caracteres agronómicos, rendimiento y de calidad física del grano.

El cultivar de girasol, SYN 3950, estuvo dentro de la evaluación de cultivares tradicionales y alto oleico de girasol campaña 2012/2013, donde se obtuvo una floración temprana, 116 días a la etapa de madurez fisiológica y un rendimiento de 3,378 kg ha⁻¹. Este cultivar se presentó moderadamente susceptible a las enfermedades de *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia Sclerotiorum* (Iriarte, 2013).

SENACYT (2010) reportó que la densidad de plantación de girasol favoreció el diámetro, así como el peso de las semillas. Concluyeron que el mayor rendimiento se obtuvo con una densidad de siembra de 40,000 plantas ha⁻¹, con un marco de plantación de 100 cm entre filas y 25 cm entre plantas. En este sentido, al aumentar la densidad de población se disminuye el diámetro del capítulo y por lo tanto el rendimiento de grano (Coehlo *et al.*, 2016).

2.9.2. Influencia de la fuente nutrimental orgánica

Las técnicas de la agricultura actual están basadas en el Modelo de la Revolución Verde, por lo que se tiene un enfoque de producción intensivo (Pérez, 2006). Se sabe que con este modelo de producción se generó un cambio en las regulaciones energéticas. Estos cambios son provocados por el desgaste paulatino que ocurre con una

producción sucesiva que, con el paso del tiempo provoca que el agroecosistema dependa en gran medida de la aplicación de energía externa. La energía externa se presenta en forma química y se le conoce como fertilizantes, los cuales además de contaminar el ambiente también aumentan los costos de producción (Ferrera y Alarcón, 2001).

Además del uso excesivo de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, otros factores que provocan la disminución de los niveles de fertilidad y la erosión de los suelos son: la implementación del monocultivo, la eliminación de nichos naturales en el paisaje rural, la ampliación de lotes agrícolas para la técnica moderna, el entubado de arroyos, el descuido de los abonos orgánicos, la tala inmoderada de bosques y la falta de la cobertura vegetal (Pérez, 2006).

El Codex Alimentarius define agricultura orgánica como un sistema holístico de producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, de la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo; se prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la parcela al uso de insumos externos a la misma; toma en cuenta que, condiciones regionales requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales. Esto se logra con métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex alimentarius, 1999).

La agricultura orgánica se analiza desde una concepción integral, donde se involucran elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos. No solo se trata de la sustitución del modelo productivo o de insumos de síntesis artificial por insumos naturales. La agricultura orgánica es una opción integral de desarrollo capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados altamente competitivos y crecientes (Amador, 2001).

Como se mencionó anteriormente la aplicación de insumos orgánicos no significa practicar agricultura orgánica, sin embargo, la aplicación de estos productos traen consigo muchos beneficios. Por lo que a continuación se presentan diversas experiencias de estos insumos agrícolas en diferentes cultivos agrícolas.

- Biofertilizantes: El empleo de microorganismos que viven en intercambio con las plantas es una de las áreas de estudio que más ha impactado la agricultura en las dos

últimas décadas, debido a que son una alternativa emergente a los productos químicos, para incrementar la fertilidad y producción de cultivos en agroecosistemas sustentables (Castañeda *et al.*, 2013). Ya que las nuevas variedades de alto rendimiento exigen mejores condiciones de cultivo y altos niveles de fertilización, lo que ocasiona mayores índices de salinización cada año, asociado a inhibición del crecimiento de cultivos y contaminación del agua subterránea, resultando en un serio peligro para la salud de las personas (Rueda *et al.*, 2009).

Los hongos micorrízicos (HM) constituyen uno de los principales componentes microbianos que intervienen en la estabilización de las comunidades vegetales integrantes de un ecosistema o agroecosistema, contribuyen a la evolución y adaptación de las plantas en el ecosistema terrestre. Existen seis tipos de micorriza conocidos, de ellos dos sobresalen la micorriza arbuscular y ectomicorriza, por su importante función en plantas de interés agrícola, hortícola, frutícola y forestal (Ferrera y Alarcón, 2001).

La micorriza arbuscular se refiere a una estructura especializada que se forma por la simbiosis entre hongos del orden de los Glomales (150 especies de hongos conocidas) y las raíces de más del 80% de las plantas conocidas en el mundo. Esta simbiosis tiene especial importancia en el mejoramiento de la nutrición de las plantas, particularmente fósforo y otros nutrimentos, lo que induce mayor capacidad de crecimiento a las que se les inoculan estos hongos. La ectomicorriza se forma cuando los hongos del grupo de los basidiomicetos, ascomycetos y zygomycetos, principalmente, establecen simbiosis con plantas de clima templado que comprenden familias como Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae y algunos miembros de las familias Salicaceae, Tiliaceae, Rosaceae, Leguminosae y Juglandaceae. Se conocen aproximadamente dos mil especies de hongos formadores de ectomicorriza (Pérez, 1995).

La simbiosis micorrízica ha cobrado especial interés por su enorme potencial de uso en los diversos programas de producción de plantas en sistemas de vivero y propagación (Alarcón y Ferrera, 1999). Al inocular HM en las plantas, éstas presentan mayor sanidad, vigor e incluso calidad, características que repercuten en la capacidad de adaptación a diferentes condiciones edáficas y climáticas, así como en su productividad.

Pérez (1995, 1998) considera a la simbiosis micorrízica como un componente homeostático, ya que participa como conector y regulador entre el sistema primario

(plantas) y el subsistema descomponedor (microorganismos del suelo), propiciando beneficios en los componentes del sistema (ciclo autocatalítico). Por esta razón la inoculación de plantas con hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) proporciona diversos beneficios, siendo de particular relevancia una mejor nutrición (Hodge y Fitter, 2010) y protección contra factores bióticos (Jung *et al.*, 2012) y abióticos adversos.

Existen evidencias de las bondades de la asociación planta-microorganismo en diferentes cultivos, favoreciendo el incremento del rendimiento y reduciendo el uso de fertilizantes de origen sintético (Alarcón y Ferrera, 2000). La inoculación con micorriza arbuscular de plántulas de café (*Coffea arabica* L.); (Zasoski, 1991; Saggin *et al.*, 1992) donde se reportó que al realizar la inoculación, esta redujo hasta un 50 % su permanencia en vivero. Además los efectos benéficos de la inoculación micorrízica no se limitaron a la etapa de vivero, sino que continúan en el sitio definitivo, y reducen el porcentaje de mortalidad después del trasplante.

Por lo que Hernández, *et al.*, (2006), evaluaron la inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas; encontraron que tanto en un suelo de vocación forestal y como en el tepetate, el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) influyó positivamente en el incremento de las estructuras morfológicas de las dos especies arbóreas (*A. farnesiana* y *P. glandulosa*), evidenciado en la altura, diámetro de tallo, número de hojas presentes y caídas, área foliar, peso seco de hoja, tallo y raíz y volumen radical, así como en el contenido de fósforo en follaje.

Además se estableció que la inoculación en un suelo agrícola no es necesaria, debido a su alto contenido de P y otros nutrientes. Sin embargo si lo es, para la obtención de plantas forestales de calidad producidas en vivero cuando se utilizan sustratos pobres en fósforo (por ejemplo, menor que 20 mg kg⁻¹).

Asimismo, existen otros microorganismos que en vida libre son capaces de reducir el nitrógeno atmosférico y que son considerados como bacterias diazotrofas (*Azospirillum*, *Derxia*, *Pseudomonas*, *Beijerenckia*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, y otras). Cuando las bacterias se localizan en estructuras especializadas, como los nódulos en las leguminosas, se establece una simbiosis mutualista estricta. En contraste, cuando las

rizobacterias aprovechan el microambiente favorable de la planta, sin formar estructuras de novo sobre la raíz, se habla entonces de una simbiosis asociativa (Echegaray, 1995).

Además, estas bacterias tienen la facultad de promover el crecimiento vegetal a través de la capacidad de propiciar la síntesis de hormonas reguladoras del crecimiento, como el ácido indolacético, así como de inhibir el crecimiento e incidencia de patógenos de hábito radical, mediante la secreción de sustancias de tipo antibióticas (Alarcón y Ferrera, 2000).

En las últimas décadas, se ha investigado el papel de las bacterias de la rizosfera o rizobacterias de diversas gramíneas como caña de azúcar (Boddey *et al.*, 1995), maíz (Seldin *et al.*, 1998), trigo, sorgo (Baldani *et al.*, 1986), cebada y pastos tropicales (Döbereiner *et al.*, 1995).

Se ha visto que el uso de la bacteria fijadora de N *Azospirillum*, en cereales, ha incrementado el rendimiento entre 23 y 63 %, cuando la semilla se inocula antes de la siembra (Bashan *et al.*, 1996).

Loredo *et al.* (2004), realizaron una revisión sobre las bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas. Encontraron que las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) de la rizosfera pueden estimular el crecimiento de las gramíneas a través de mecanismos, como fijación de nitrógeno, producción de sustancias promotoras del crecimiento, solubilización de nutrientes y producción de sideróforos. Y que algunas de ellas forman estructuras de resistencia para favorecer su supervivencia en condiciones de estrés, en especial sequía, la cual es común en los pastizales de zonas áridas. Así que la colonización de la raíz por BPCV está relacionada con una mayor disponibilidad de carbono y humedad en la rizosfera, la cual es afectada por el mucílago de las gramíneas.

Pecina *et al.* (2005), evaluaron la influencia de la fecha de siembra y de biofertilizante compuesto por *A. brasilense* y *G. intraradices*, en el cultivo de sorgo en Tamaulipas. Determinaron que aunque la temperatura aumentó conforme avanzó el ciclo de siembra, esto no mejoró el porcentaje de infección radical micorriza en sorgo. Y no se observaron diferencias significativas entre tratamientos de biofertilizantes para rendimiento de grano, porcentaje de infección radical y otras características agronómicas evaluadas.

García *et al.* (2006), realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México, donde mencionaron que la cepa CBG-497 de *A. brasilense* logró los mayores incrementos en la producción de biomasa de sorgo en invernadero debido a su mayor producción de ácido 3-indolacético. Las cepas de *A. brasilense* nativas del norte de Tamaulipas incrementaron la producción de biomasa y el rendimiento de grano en sorgo.

Aguirre *et al.* (2007), analizaron el efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum basilense* tarrand, krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. Con ello determinaron que la biofertilización del cacao en vivero con los microorganismos utilizados, solos o combinados, favorece el desarrollo y la asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de la planta. Los órganos con mayor efecto fueron la raíz y la lámina foliar. La mayor respuesta de las plántulas de cacao a la biofertilización en suelo tratado, se indujo con *Glomus intraradices*, solo o en combinación con *Azospirillum brasilense* en el suelo no tratado. En general, las plantas inoculadas presentaron en el tejido vegetal los valores más altos de N₂, P y Ca²⁺.

Quadros (2014), señaló que al inocular maíz con *Azospirillum* asociado a 50 kg ha⁻¹ de N, se obtuvo un rendimiento en grano equivalente al obtenido con 130 kg ha⁻¹ de N sin inoculación. Lo que demuestra que la aplicación de estos microorganismos también repercuten en la economía.

En Iguala, Gro., Aguilar *et al* (2015), analizaron el crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. Reportaron que la aplicación del biofertilizante y 160 kg N ha⁻¹ incrementó la materia seca total durante el desarrollo del cultivo, aunque no fue estadísticamente significativo para el rendimiento de grano. En cuanto al índice y duración de área foliar, el más alto fue con 80 y 160 kg N ha⁻¹, lo que ocasionó la mayor tasa de crecimiento del cultivo.

Müller *et al.* (2016) evaluaron el efecto de la combinación de diferentes métodos de combinación de *Azospirilum brasilense* con fertilización nitrogenada de cobertura para incrementar el rendimiento de maíz. Donde se encontró que el rendimiento de maíz aumento al inocular *A. brasilense* independientemente del método de inoculación, siendo mayor este aumento con la asociación de 225 kg ha⁻¹ de N.

El biofertilizante utilizado en esta investigación contiene *Azospirillum brasilense*, que es una rizobacteria fijadora de nitrógeno que promueve el crecimiento y producción cuando es inoculada, especialmente en el cultivo de gramíneas (Bellone *et al.*, 1999), fue utilizada por Ivan *et al.* (2006), para evaluar el efecto de la utilización de esta bacteria en el cultivo de girasol. Analizaron: altura, largo de raíz, número de hojas, área radical, peso seco parte aérea, peso seco raíz, peso seco total, densidad, peso de torta entera, peso de granos, peso de 1000 granos, y rendimiento por hectárea. Con respecto al rendimiento los resultados fueron de 2,818.76 kg ha⁻¹ para el tratamiento inoculado y de 2,596.70 kg ha⁻¹ para el testigo, con una diferencia de rendimiento entre tratamientos del 7.8 %; y concluyeron que la respuesta a la inoculación se manifestó en algunos parámetros considerados, pero los incrementos no alcanzaron a ser estadísticamente significativos.

- Composta y lombricomposta: Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley. En función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP) (SEMARNAT, 2012).

En México se producen cada día más de 100 mil toneladas de basura doméstica, equivalente a cerca de 37 millones de toneladas anuales de residuos sólidos urbanos vertidos cada año en rellenos sanitarios, basurales o vertederos (Greenpeace, 2016).

- Residuos sólidos urbanos: Actualmente existe un aumento poblacional que, sobre todo en ciudades en desarrollo, ha generado un impulso económico, principalmente en la industria debido al aumento en el consumo de productos; lo que a su vez se ve reflejado en la producción de residuos que esta población genera, dichos residuos producen efectos negativos en la salud de las personas y un deterioro en el ambiente. En 2011 se generaron alrededor de 41 millones de toneladas, lo que equivale cerca de las 112.5 mil toneladas de RSU diariamente (SEMARNAT, 2012).

De estos RSU, los desperdicios orgánicos durante el proceso de descomposición producen olores indeseables, insectos y roedores, además de la contaminación de aguas subterráneas y del ambiente. Por lo que se ha buscado una forma de manejar y, a la vez, aprovechar los desperdicios de este tipo mediante la descomposición aerobia de la materia orgánica, en la cual se provee de O₂ durante el proceso para obtener un producto con valor agregado denominado composta (Hoitink y Kuter, 1986).

En este sentido, el composteo se define como un proceso biooxidativo de los residuos orgánicos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, en la cual participan grupos microbianos, dependiendo de la etapa (mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración) del proceso (Hoitink y Kuter, 1986). Cuando en este proceso participan diversas especies de lombrices se denomina como lombricompostaje. Existe la creencia de que ambos procesos biotecnológicos son excelentes para elaborar abonos orgánicos, pero que, en el caso del lombricompostaje, el material obtenido está enriquecido química y biológicamente (Ferrera y Alarcón 2001; Nogales *et al.*, 2005).

Los abonos orgánicos son otra opción para reducir significativamente el uso de fertilizantes químicos, los cuales, permiten satisfacer la demanda de nutrimentos de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2009) además mejoran las características del suelo (Nieto *et al.*, 2002).

Es importante señalar que el aporte de nutrimentos a los cultivos, así como el efecto en el suelo, varía según su procedencia, edad, manejo, contenido de humedad y composición química (FAO 1991; Abawi y Thurston 1994).

Por su parte, Llaven (2009), evaluó la calidad y rendimiento de los sustratos composta y vermicompost en la producción de girasol orgánico (*Helianthus annuus* L.) en condiciones de cielo abierto. Señaló que en cuanto a rendimiento fue mayor con la aplicación de composta, además de obtener parámetros óptimos de calidad, con base a las características físicas de las plantas cuyo fin era ornamental; y que con la aplicación de lombricomposta se obtuvo un crecimiento significativo de las plántulas de girasoles, ya que los resultados superaron en altura (63.3 cm), diámetro del tallo (1.4 cm), diámetro interno del capítulo (13.7 cm), respecto al de la composta.

Salazar *et al.* (2010), determinaron el efecto residual de seis años de aplicación continua de estiércol bovino, en el rendimiento de maíz forrajero y en las características de

fertilidad del suelo. Encontraron que después de estos años de aplicación continua de estiércol, los tratamientos con la aplicación de 40 y 80 Mg ha⁻¹ permitieron los mayores rendimientos de forraje verde con 86 y 85 Mg ha⁻¹. Y que por cada 100 Mg ha⁻¹ de estiércol aplicado, la materia orgánica en el suelo se incrementó 2.11 %; el NO₃ aumentó 44.5 mg kg⁻¹ y la conductividad eléctrica se elevó 2.71 dS m⁻¹, esta última rebaso los 4 dS m⁻¹. Un dato importante fue que al descansar el suelo al menos un ciclo después de seis años, estas concentraciones tienden a disminuir. Además que con una aplicación continua de estiércol bovino, quedó suficiente nitrógeno residual para producir el siguiente ciclo agrícola sin necesidad de aplicar ningún fertilizante químico y sin que disminuyera la producción de forraje.

Vázquez *et al.* (2010), Evaluaron el rendimiento y valor nutritivo de forraje en alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. En cuanto al rendimiento de las tres variedades comparadas no mostraron diferencias significativas, sin embargo, fueron mayores de 4 t ha⁻¹, las cuales fueron altas respecto a las regiones productoras de México. A partir del tercer corte, los tratamientos de estiércol presentaron valores de rendimiento superiores al testigo (sin aportación de nutrientes) y al tratamiento de fertilización química. Los resultados de rendimiento coincidieron directamente con los niveles de extracción de los macroelementos que fueron evaluados (N, P, K, Ca y Mg).

Zaragoza *et al.* (2011), analizaron la aplicación de composta en la producción del nogal pecanero; mencionaron que las dosis de composta evaluadas presentaron diferencias en el rendimiento de nuez, siendo mayor con la dosis de 10 t ha⁻¹, y donde el contenido de materia orgánica en el suelo se elevó en la misma relación que el aumento de la dosis de composta. El contenido de N inorgánico en el suelo fue suficiente para que no existiera un déficit foliar de este elemento. El análisis foliar demostró que los nutrimentos N, P, K y Mg estuvieron en concentraciones adecuadas para la planta, pero no el Ca.

Aguilar *et al.* (2012), identificaron el efecto de la vermicompost y el déficit de humedad en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), encontraron que la modificación de algunas características físicas y químicas del suelo, como el aumento de la porosidad, disminución de la lámina de agua, disminución del pH y aumento de la conductividad eléctrica, promovidos por la aplicación de vermicompost, modifica el sistema suelo-planta y disminuye los efectos del estrés por déficit de humedad, lo que puede evaluarse por los efectos positivos en el rendimiento y sus componentes en el frijol.

Trejo *et al.* (2013), determinaron el impacto del estiércol bovino en el suelo y su producción de forraje de maíz. Evidenciaron que a través de los años con la aplicación de estiércol la materia orgánica en el suelo se incrementó finalizando con un 4 y 3.8 %. Los nitratos también se incrementaron con valores finales de 22.25 y 21.33 mg kg⁻¹. La conductividad eléctrica después del segundo año de aplicación (1999) se incrementó considerablemente (arriba de 4 dS m⁻¹) debido a la alta concentración de sales en el estiércol, y que a través de descanso, es decir, suspensión de la aplicación en el 2004 se logró disminuir éstos, a niveles inferiores a 4 ds m⁻¹, lo cual indica que el monitoreo del suelo es necesario cuando se aplica estiércol, para mantener un nivel de sales que no afecte al cultivo. El pH del suelo presentó bajas y altas alternadas en los valores terminando con los valores que inició, de 8.0 a 8.3.

Con la aplicación de 80 Mg ha⁻¹ o más, desde el año 2000 hasta 2007, los tratamientos de estiércol fueron superiores en rendimiento al testigo e iguales o superiores al tratamiento químico (años 2003, 2004, 2005 y 2009); esto demostró la bondad del estiércol, convirtiéndose en una excelente alternativa para satisfacer la demanda nutrimental del cultivo.

Sánchez y Vidal (2015), evaluaron la vermicomposta y la sustentabilidad en la respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal a la aplicación de enmienda orgánica en tres diferentes variedades; señalaron que el frijol Pinto Saltillo, mostró un efecto favorable al aplicar una dosis de 9.5 t ha⁻¹, en variables como el peso de semilla por planta, número de granos por vaina y número de vainas por planta. En comparación del Negro Chapingo, el cual mostro una respuesta positiva a la vermicomposta en el número de vainas maduras. Un tercer ensayo con las mismas variedades, y Flor de Mayo, mostró respuesta nula de las variables, en las tres variedades, a la aplicación de vermicomposta, por lo que se evidenció que existen efectos de interacción de variedad por vermicomposta.

Pedroza *et al.* (2015), evaluaron el efecto del hidrogel y la vermicomposta en la producción de maíz, y observaron que el rendimiento estuvo influenciado por la aplicación de hidrogel, al aumentar en promedio un 31.5 % el contenido de humedad edáfica en relación con el testigo, durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El rendimiento de grano se incrementó en 44.7 % cuando se aplicó 25 kg ha⁻¹ de hidrogel, al producir 19.1 t ha⁻¹ con respecto a las 13.2 t ha⁻¹ producidas por el testigo.

Muñoz *et al.* (2013) reportaron el uso de composta como fuente nutrimental orgánica en la producción de hortalizas bajo invernadero. Definieron que la dosis óptima bajo las condiciones de su investigación, osciló entre 10 y 25 t ha⁻¹, con el incremento del rendimiento a dosis mayores de abono, debido a que una de las ventajas de utilizar este tipo de fuente nutrimental, es la adición de materiales orgánicos, que mejoran la fertilidad y las propiedades del suelo, como son la agregación y la capacidad de retención de agua.

Cairo y Álvarez (2017), evaluaron el efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya [*Glycine max* (L.) Merr.], donde indicaron que con la aplicación de estiércol descompuesto se originó un incremento significativo en la agregación, y se logró en el suelo un cambio de categoría de regular (52,96 %) a buena (66,95 %). Respecto a la interacción con el cultivo de la soya se incrementó de manera significativa la MO del suelo durante un período corto de tiempo, que pasó de la categoría baja (2.5 %) a mediana (3.7 %). Con base a esto se encontró una estrecha relación entre la MO, los agregados del suelo y el rendimiento obtenido de las plantas.

- Lixiviados de lombricomposta: En la actualidad, cada vez es más popular la producción de abonos orgánicos a través del tratamiento de diferentes residuos por medio del lombricompostaje. Las lombrices, al alimentarse de los residuos orgánicos generan diversos efectos, ya que además de fragmentarlos, estimulan la actividad microbiana e incrementan la tasa de mineralización, transformándolos en sustancias húmicas con una estructura más fina que las compostas, que contienen una mayor y más diversa actividad microbiana. Los residuos no digeridos por la lombriz son eliminados en las heces y se le conoce comúnmente como humus de lombriz. Diversos estudios han demostrado los efectos positivos del humus de lombriz sobre el crecimiento de una gran variedad de cultivos, entre ellos, los cereales y leguminosas, verduras, plantas ornamentales y de flor, en condiciones de invernadero y en pruebas de campo (Arancón *et al.*, 2003).

Se han hecho diversos estudios controlados, con los que se ha demostrado los beneficios consistentes de los ácidos húmicos (AH) sobre el crecimiento de las plantas, en condiciones de suplementación del requerimiento total de minerales, lo que sugiere que los efectos sobre el crecimiento son independientes de la nutrición. Algunos ejemplos son: incremento del rendimiento de materia seca en germinados de maíz y cebada; en el

número y longitud de las raíces de tabaco; en el peso seco de los brotes, raíces y nódulos de soya, cacahuete y plantas de trébol; crecimiento vegetativo de plantas de achicoria; y la inducción de la formación de brotes y raíces en cultivos tropicales en condiciones de laboratorio. Los efectos positivos de los AH sobre las diferentes variables que se han registrado en las plantas se incrementan conforme aumenta la concentración de los AH en el medio de cultivo, pero hay normalmente un efecto detrimental sobre el crecimiento a mayores concentraciones de AH en el agua de riego (Chen y Aviad, 1990; Gómez *et al.*, 2013).

Ramírez *et al.* (1998), compararon la fertilización foliar orgánica e inorgánica en el rendimiento de sorgo en condiciones de salinidad, con lo que concluyeron que el rendimiento depende del manejo agronómico utilizado; ya que un aumento en el rendimiento no es función dependiente de un solo factor. Sin embargo, mencionaron que cualquier elemento que induzca una mejoría en la cosecha es digno de tomarse en cuenta y que la aspersion foliar con soluciones que contienen activadores metabólicos y nutrimentos, es una opción prometedora. El tratamiento con sustancias húmicas en comparación con soluciones inorgánicas logró mayor índice de cosecha, peso seco de panoja y altura de planta. Hasta la etapa del segundo muestreo se manifestó el efecto positivo de las sustancias húmicas y del tratamiento de la solución inorgánica adicionada con ácido fítico, al registrarse el mayor peso de biomasa y área foliar. El efecto de las sustancias húmicas sobre el potencial osmótico fue muy evidente hasta la etapa del primer muestreo. Al llegar al tercer muestreo todos los tratamientos tuvieron la misma influencia. Con base en lo anterior, en este estudio se pudo comprobar el efecto positivo de la aplicación foliar de sustancias húmicas sobre el crecimiento y rendimiento de sorgo.

Los ácidos húmicos son una parte de la materia orgánica y corresponden a la fracción de sustancias húmicas solubles en un medio alcalino (Guerra *et al.*, 2008). Borges y Altoé (2015) aplicaron estos ácidos húmicos extraídos de lombricomposta, en girasol ornamental, y determinaron un incremento del 22 % en la altura de los tallos de las flores; además el aumento en el diámetro del tallo, acumulación de materia fresca en flores y tallos, y materia seca en hojas, fueron favorecidos por concentraciones cercanas a 20 mmol L⁻¹ C. Por lo tanto, la concentración aplicada y la fuente de materia orgánica

utilizada para la extracción de ácidos húmicos son factores que influyen en su efecto sobre el metabolismo de la planta (Borges *et al.*, 2009).

Cruz *et al.* (2008), evaluaron la influencia de diferentes tipos de lombricomposta sobre el crecimiento y vida de poscosecha del alcatraz ‘Green Goddess, donde se observó que las lombricompostas fueron superiores al suelo+fertilizantes químicos+Organozyna® en promover el tamaño de la espata (largo y ancho), las longitudes del escapo floral y del espádice. Asimismo, los alcatraces con mayor concentración de lombricomposta de café tuvieron un mayor número de hijuelos.

Preciado *et al.* (2014), compararon el rendimiento y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de maíz fertilizado con dos soluciones nutritivas: una convencional o inorgánica y otra orgánica formulada a base de lixiviado de vermicomposta. El efecto de la solución nutritiva orgánica (lixiviado de vermicomposta) en el rendimiento y la calidad de forraje verde hidropónico de maíz fue estadísticamente igual al de la solución nutritiva convencional, lo que confirmó el uso potencial sustentable del lixiviado de vermicomposta en la producción de este.

Reyes *et al.* (2014), evaluaron la aplicación de humatos de vermicompost como atenuantes del efecto de la salinidad en la emergencia y crecimiento de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Con la aplicación de humatos de vermicompost se estimuló la tasa, porcentaje de emergencia y variables morfológicas de variedades de albahaca en condiciones de salinidad, lo que permitió que la variedad tolerante mejorara la emergencia y crecimiento, y la variedad sensible incrementara su tolerancia al estrés salino.

Alonso *et al.* (2015), evaluaron los cambios que produce la lombricomposta y el tezontle en el desarrollo y crecimiento de jitomate en invernadero. Determinaron que no existió ninguna diferencia significativa respecto al rendimiento en lombricomposta, tezontle, carbón y solución nutritiva, en comparación con el suelo. Asimismo, con el uso de tezontle o suelo como sustrato, favorecieron de la misma manera el crecimiento y desarrollo de jitomate.

Reyes *et al.* (2016), determinaron el efecto del humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de plantas de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), una tolerante y una sensible a la salinidad, lo que

evidenció una respuesta diferencial entre variedades para las variables morfológicas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar en condiciones de estrés salino y la aplicación del humato de vermicompost. El uso de humatos de vermicompost estimuló las variables morfológicas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y el área foliar de variedades de albahaca en condiciones de salinidad, permitiendo que la variedad tolerante mejore su emergencia y crecimiento y la variedad sensible incremente su tolerancia al estrés salino.

En cuestiones del manejo de fertilizantes sintéticos, Soares *et al.* (2016) reportaron que la deficiencia del nitrógeno considerado uno de los limitantes en el crecimiento y rendimiento, para lo cual evaluaron dos diferentes formas de N: nítrico y amonio; observaron que las altas concentraciones de amonio, redujeron el volumen de las raíces cuando fueron suplementadas con 2.0 mmol L⁻¹ of N-NO₃. Asimismo, produjeron mayor biomasa de las raíces y de la parte aérea. El N nítrico es una fuente de fertilización ya que mostró una respuesta positiva en el crecimiento de masa foliar y de raíces, y midieron hasta concentraciones en peciolo.

Entonces, la fertilización nitrogenada afecta a muchos parámetros agronómicos importantes, tales como: el área foliar, diámetro del capítulo, peso de semilla y rendimiento (Ali y Noorka, 2013). De acuerdo con la dosis de nitrógeno que se utilice, existirán disminuciones o aumentos en el rendimiento de aceite de este cultivo (Soares *et al.*, 2017).

Escalante *et al.* (2007), evaluaron diversos niveles de nitrógeno: 0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹, aplicados a los 9 días después de la siembra, con sulfato de amonio (20.5 % N). El análisis de varianza les indicó que el nitrógeno aplicado aumentó el rendimiento en semilla, el diámetro del capítulo, el peso del capítulo sin semilla, el peso de 100 semillas, la altura de la planta, la eficiencia del N, y la rentabilidad económica, ya que se presentaron diferencias estadísticas significativas entre sus medias. Los valores más altos de las variables se obtuvieron cuando se aplicó 120 kg de N ha⁻¹, con un rendimiento de 4.12 t ha⁻¹, y de 2.32 t ha⁻¹ cuando no se aplica N, es decir que existe una correlación positiva entre la dosis de fertilización y rendimiento de semilla. Por lo tanto, la aplicación al suelo de fertilizante nitrogenado modificó el rendimiento de la planta de girasol. Asimismo, reportaron que la emergencia de las plantas de girasol, ocurrió a los

6 días después de la siembra (DDS), el inicio de la antesis a los 58 DDS, y la madurez fisiológica a los 95 DDS.

Escalante *et al.* (2015) determinaron en cultivares de girasol sembrados bajo condiciones de clima templado y régimen de lluvia, la fenología, rendimiento de grano, aceite; y los índices climáticos, entre otros, y establecieron que los cambios en el rendimiento en grano dependen de cambios en número de granos, área del capítulo y número de granos por capítulo. El contenido de aceite está altamente determinado por cambios en el rendimiento de grano.

Moreno *et al.* (2012), utilizaron un diseño en parcelas divididas, con seis factores productivos: calendarios de riego, control de insectos, genotipos y dosis de N, P y densidad de plantas; al respecto de este último factor, señalaron que la mejor densidad de plantas fue con 85,000 plantas por hectárea. Mientras que Coehlo *et al.* (2016) al evaluar cuatro densidades de población (30,000; 45,000; 60,000 and 75,000 plantas ha⁻¹), señalaron que los componentes de rendimiento no se ven afectados por ella, sino que, las condiciones ambientales y edáficas tienen mayor impacto en el rendimiento final.

El conocimiento de la distribución espacial de las plantas es importante para maximizar el potencial de aprovechamiento de los recursos ambientales, además la posibilidad de mejorar el manejo del cultivo y evitando la infestación de malezas (Newton *et al.*, 2012).

La aplicación de distintos niveles de nitrógeno y fósforo no modifican la fenología del girasol y frijol asociados. Con el suministro de 80 kg N ha⁻¹ se incrementó la producción de biomasa y rendimiento de semilla, que superan en 32 y 35 %, respectivamente, al testigo sin fertilizante (Morales *et al.*, 2007).

Soares *et al.* (2017) reportaron que el nitrógeno y el boro influyen en la producción y contenido de aceite; en este sentido, la asociación entre estas dos fuentes nutricionales influyen de manera positiva en el rendimiento y producción del girasol. Estos autores aplicaron 2.49 kg ha⁻¹ B y 50 kg ha⁻¹ N. Sin embargo, los dos híbridos con los que se experimentaron no respondieron de la misma forma con el aumento en la dosis de B en la fertilización. Además de que se observó que son las hojas el mejor tejido de la planta para determinar el estado de N en la planta.

En relación al contenido de aceite en semilla de girasol con base a los progenitores maternos, se tiene como resultado del mejoramiento genético, un incremento del 27.98% al 35.7 % en materiales silvestres y mejorados, respectivamente (Haro *et al.*, 2007); asimismo, estos autores establecieron que la presencia de girasoles silvestres adyacentes a campos de producción, no afectaron el porcentaje de aceite de la semilla, aun cuando exista la posibilidad de entrecruzamiento.

Jasso *et al.* (2003), determinaron el contenido de aceite en semilla de girasol, producido bajo condiciones de aridez, el fluctuó de 25 % al 40 %, debido a la corta etapa de llenado de grano causado por la carencia de riego y las altas temperaturas durante este período. La composición de los ácidos grasos de la semilla de girasol dependió de la variedad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Descripción de la región de estudio

3.1.1. Localización del área experimental

El área de estudio se encuentra en el municipio de Cuautitlán Izcalli en el Estado de México, en la longitud Oeste $99^{\circ} 11'42''$ y en la latitud norte $19^{\circ}41'35''$ a 2,256 msnm (Figura 11). La parcela experimental se ubicó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C), en la parcela 23 del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA), durante el ciclo primavera-verano (P-V) 2016 (Figura 12).

Esta zona de estudio se caracteriza por tener un clima templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias de verano, una temperatura promedio de 15.2°C ; una precipitación promedio de 637.6 mm y la presencia de heladas principalmente en la época de invierno (Mercado, 2017).

Se realizó un análisis de suelo previo a la siembra y se obtuvieron los siguientes resultados: textura arcillosa, con un porcentaje de materia orgánica mayor del 4.32 %; pH de 6.5; conductividad eléctrica de 0.578 dS m^{-1} ; y fertilidad alta a muy alta (Anexo 1). Después de la cosecha, se realizó otro análisis del suelo, los resultados se presentan en el Anexo 2.

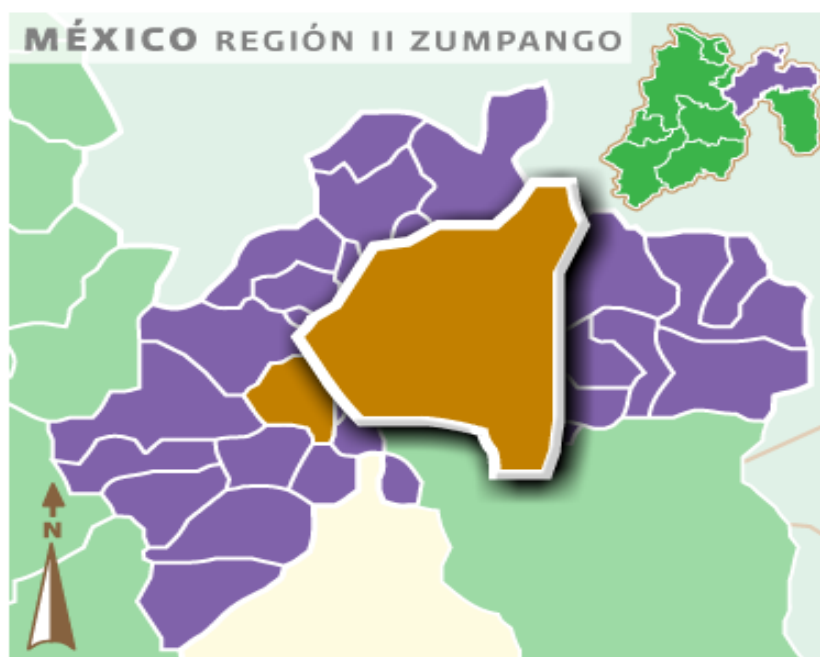


Figura 11. Localización del área de estudio.



Figura 12. Parcela 23 del Centro de Enseñanza Agropecuaria (Google Earth, 2017).

3.2. Metodología

Se utilizó la variedad SYN3950 de girasol (Anexo 3), la cual fue sembrada y cosechada de forma manual de acuerdo a las fechas de siembra consideradas; el experimento siguió un diseño en parcelas divididas, con dos fechas de siembra (parcela principal) y seis fuentes nutrimentales (subparcela); cada tratamiento se replicó tres veces. Los subtratamientos (parcela chica) fueron asignados en forma aleatoria dentro de cada tratamiento (parcela grande) (Figura 13).

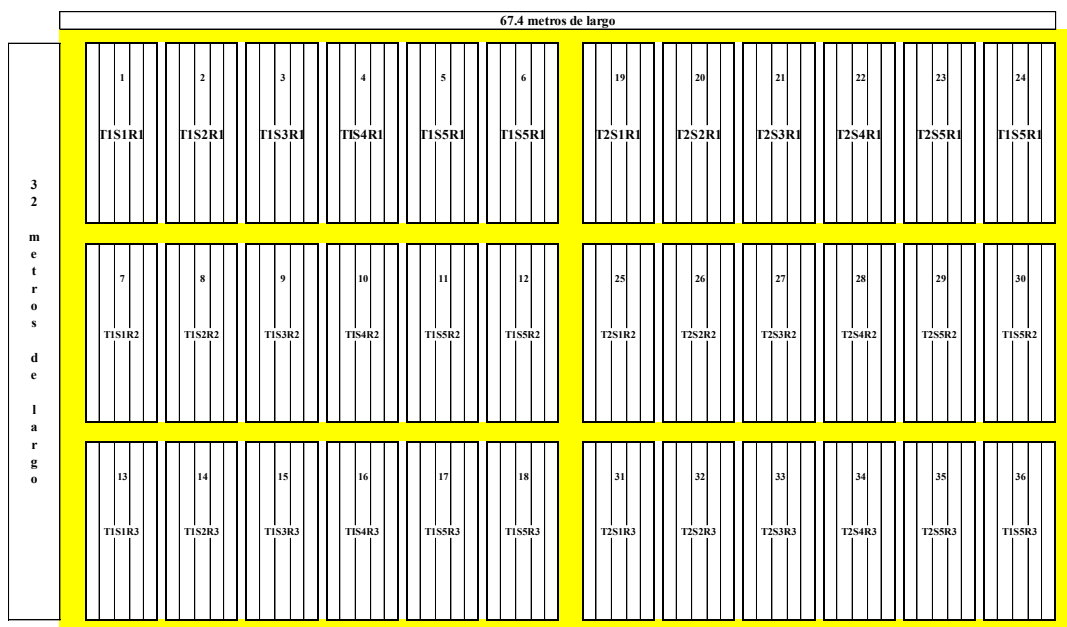


Figura 13. Distribución de tratamientos y subtratamientos en campo.

Los tratamientos y subtratamientos evaluados fueron:

➤ Tratamiento: Fechas de Siembra

T1) La primera fecha de siembra fue el 10 de junio.

T2) La segunda fecha de siembra fue el 25 de junio.

➤ Subtratamientos: Fuentes nutrimentales.

S1) Testigo: No se aplicó ningún producto nutrimental.

S2) Fórmula química: Se utilizó la dosis 100-90-00 (Morales *et al.*, 2015). Solamente se utilizó Urea al momento de la escarda (Coehlo *et al.*, 2016). Los resultados del análisis de suelo indicaron que el contenido de Fósforo era alto por lo que no fue necesario aplicarlo (Anexo 1).

S3) Aplicación de lixiviado de lombricomposta: A una dosis de 260 L ha⁻¹, en dos aplicaciones: la primera a los 40 días y la segunda a los 80 días, después de la emergencia. Estas aplicaciones fueron en forma foliar y el producto inicial fue diluido a razón de 1:5 en agua. Se realizó un análisis químico al producto el cual está reportado en el Anexo 4.

S4) Aplicación de lombricomposta: A razón de 8.69 t ha⁻¹ al momento de la escarda; se realizó un análisis químico al producto el cual está reportado en el Anexo 5.

S5) Aplicación de biofertilizante: Se emplearon 3.0 kg ha⁻¹ de Micorrizafer (*Glomus intraradice*) y 0.76 kg ha⁻¹ de Azofer (*Azospirillum brasilense*) en 200 L de agua ha⁻¹. Se aplicó al suelo directamente en la base del cultivo, previo a la escarda (Anexo 6).

S6) Aplicación de composta de estiércol bovino: A razón de 14.3 t ha⁻¹ al momento de la escarda del cultivo. Se realizó un análisis químico al producto el cual está reportado en el Anexo 7.

La unidad experimental constó de seis surcos separados a 0.8 m, de 10 m de largo, con una superficie de 48 m² por unidad. La parcela útil fue de dos surcos centrales de 6 m de largo, con una superficie total de 9.6 m².

Se depositaron dos semillas por golpe, a una distancia entre plantas de 25 a 30 cm, en cada fecha de siembra. El control de maleza se realizó en forma química, con el empleo del herbicida Gesagard Auto (Syngenta) a dosis de 2.0 L ha⁻¹. La escarda fue realizada con un motocultor a los 48 días después de la siembra, y como se comentó anteriormente, las fuentes nutritivas fueron aplicadas a la dosis señalada, previo a la escarda. El lixiviado se aplicó en una segunda dosis a los 80 días después de la emergencia.

Cabe recalcar que se realizó un muestreo de suelo de la parcela en cuestión, antes de iniciar el programa de siembra de girasol, para determinar sus características físicas y químicas. El muestreo fue al azar y de cuatro muestras individuales se integró en una muestra compuesta, la cual fue tamizada y se llevó al laboratorio para su análisis. Posteriormente a la cosecha, se realizó otro muestreo de suelo, bajo las mismas condiciones.

Asimismo, se realizó una aplicación de Boro (Super Foli-Plus), a todas las plantas de las unidades experimentales, a los 80 días después de la siembra (DDS), a una dosis de 1.5 L ha⁻¹, de forma foliar, momento en el cual el cultivo se encontró en las etapas de floración-fructificación, de acuerdo a la fecha de siembra correspondiente.

3.2.1. Variables a evaluar

a) Parámetro climático: Se llevó registro de las tendencias de temperatura ambiente, precipitación, humedad ambiental, evaporación, durante el periodo de estudio. Asimismo, se determinó durante el desarrollo del cultivo la acumulación de calor a través del índice de Unidades Calor (UC).

b) Fenología del cultivo: Se tomaron al azar 10 plantas en cada unidad experimental para registrar lo siguiente:

- Altura de planta: Se determinó cada 15 días después de la emergencia (DDE).
- Días a emergencia: Se contabilizó esta fase cuando el 75 % de las plantas emergieron.
- Días a floración: Se consideró esta fase cuando el 75 % de las plantas habían florecido.
- Días a fructificación: Se consideró esta fase cuando el 75 % de las plantas tuvieron el grano formado.

- Días a madurez fisiológica: Se consideró esta fase cuando el 75 % de las plantas alcanzaron el grado de madurez.
- Días a Cosecha: Que correspondió al día de cosecha.
- Acumulación de unidades calor (UC) en cada etapa fenológica: Se utilizó el método residual para el cálculo de las unidades calor acumuladas por etapa y fase fenológica. La temperatura base considerada fue de 7.0 °C (ASAGIR, 2008).

c) Componentes del rendimiento: Se consideró una muestra de 10 plantas tomadas al azar de la parcela útil al momento de la cosecha, para determinar lo siguiente:

- Diámetro del capítulo: Fue medido con el uso de una cinta métrica, al momento de la cosecha.
- Semillas por capítulo: Se contaron las semillas de cada capítulo seleccionado.
- Peso de 100 semillas: Se registró esta variable con el empleo de una báscula digital.
- Porcentaje de semillas vanas: Esto es, aquellas que no se llenaron satisfactoriamente, para cada capítulo muestreado.

De toda la parcela útil, se consideró una muestra de semilla para determinar:

- Peso hectolítrico: Se empleó una balanza romana portátil para peso hectolítrico.
- Rendimiento: Se consideró el rendimiento de semilla total obtenido por todas las plantas de la parcela útil, y luego se extrapolo el peso a $t \text{ ha}^{-1}$.
- Contenido de aceite: Se tomaron muestras de 250 g de semilla de cada tratamiento y la extracción de aceite se realizó por el método gravimétrico basado el AOCS Aa 4-38 (Laboratorio CENCOR, 2017).

d) Relación Costo-Beneficio: Mediante el cociente de la producción obtenida y los costos de producción.

3.2.2. Análisis estadístico

Para las variables de respuesta se realizaron análisis de varianza y posteriormente pruebas de medias por el método de Tukey para factores e interacciones significativas,

en ambos casos se consideró un nivel de significancia del 0.05. Los procedimientos se realizaron con el software Minitab 17 ® (Minitab Inc., State College, PA, USA).

3.3. Materiales

- Semilla de girasol variedad SYN3950.
- Regla.
- Libreta de campo.
- Báscula romana portátil para peso específico de cereales.
- Báscula digital.
- Bolsas de papel.
- Estacas y mecahilo para delimitar las unidades experimentales.
- Cinta métrica.
- Herbicida: Gesagard.
- Fungicida: Amistar.
- Insecticida: Paration Metílico.
- Fertilizante para microelementos: Super Foli-Plus.
- Contador de semillas.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetro climático

Conocer el momento en que se definen los distintos componentes del rendimiento y el efecto de los factores ambientales sobre los mismos, ayudará a detectar los “estadios críticos” en la definición del rendimiento. Esto servirá para adecuar el manejo del cultivo con miras a evitar o minimizar las situaciones de “estrés” por efecto ambiental durante dichos períodos. A través de la correcta aplicación de prácticas agronómicas (fecha de siembra, densidad de siembra, ciclo del cultivar, etc.), es posible adecuar la oferta de los factores ambientales que pueden limitar principalmente el rendimiento de los cultivos (radiación solar, temperatura, agua y nutrientes minerales) a los momentos de mayor demanda de los mismos (Aguirrezábal *et al.*, 2001).

Durante el periodo del cultivo en campo, fueron registradas las tendencias de las variables climáticas, datos proporcionados por Mercado (2017), como fue: la temperatura (máxima, media y mínima), precipitación, humedad relativa, evaporación; y a su vez, de determinaron los valores de evapotranspiración (ETP), el balance hídrico, y la acumulación de calor por etapa fenológica del girasol.

a) En la Figura 14, se presentan las tendencias de las temperaturas máxima, mínima y media, promedio de 10 días, a partir del 10 de junio del 2016, fecha en que inició el trabajo en campo.

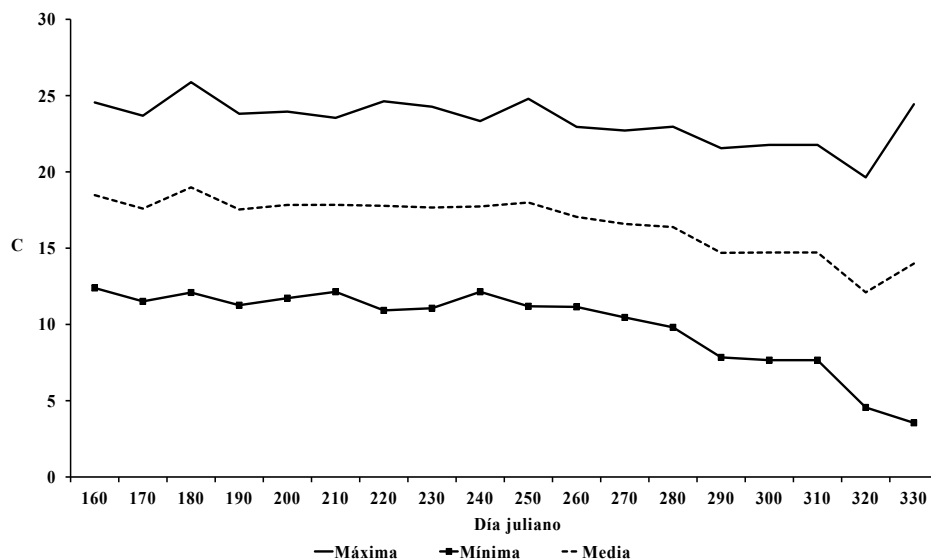


Figura 14. Tendencia de la temperatura ambiental. Ciclo P-V 2016.

Estas tendencias se encontraron dentro de los parámetros óptimos para el cultivo de girasol, que van de los 13-17 a 25-30 °C. Para la etapa de floración, la temperatura no afectó debido a que no sobrepasó el rango máximo, señalado por INIFAP (s/f).

La temperatura durante la biosíntesis de los lípidos en la planta, condiciona la composición en ácidos grasos del aceite. A mayor latitud, con temperaturas menos extremas durante la maduración, se acumula más ácido linoleico, lo que supone, salvo para usos particulares, una mayor calidad del aceite (Gómez *et al.*, 2011). En la zona de trabajo, la temperatura media durante la etapa de maduración se mantuvo debajo del valor óptimo, signado por INIFAP (s/f), sin embargo, no se presentó un mayor efecto negativo en el desarrollo del achenio.

b) Precipitación (Pp): El cultivo de girasol se manejó bajo condiciones de temporal; durante los primeros estadios del cultivo, (10 de junio al 15 de septiembre) antes de la floración, la precipitación acumulada fue de 554.7 mm (Figura 15), volumen que favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo, y la cantidad de Pp total acumulada durante el ciclo de cultivo (624.5 mm), se encontró en el rango óptimo para satisfacer las necesidades hídricas del girasol. Esta planta no es de gran demanda de agua, debido que presenta una gran eficiencia en el consumo del recurso, como lo señaló Gómez *et al.* (2011).

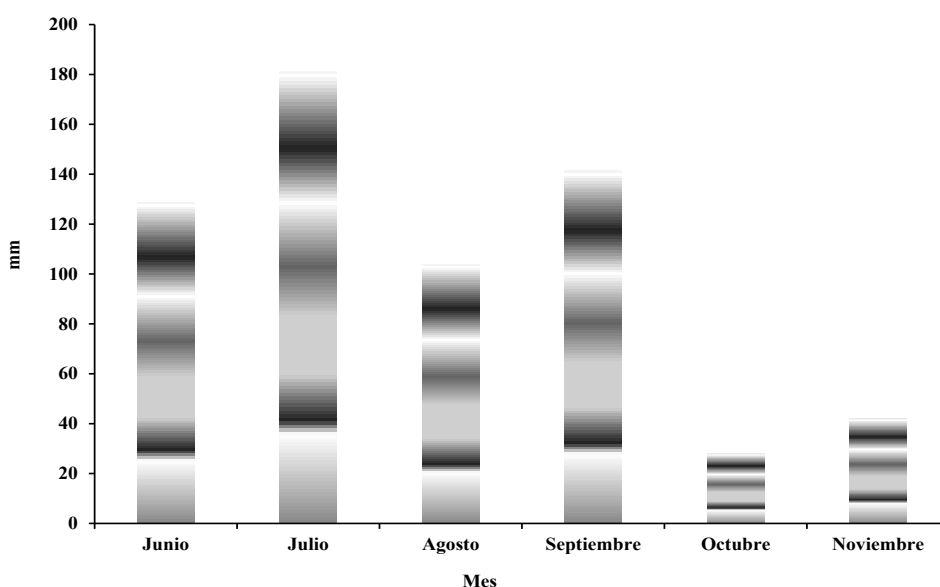


Figura 15. Tendencia de la precipitación mensual. Ciclo P-V 2016.

c) Balance hídrico: En la Figura 16, se presenta la distribución de la precipitación Pp acumulada por decena, durante el ciclo de cultivo del girasol, asimismo, la tendencia de la evapotranspiración (ETP) y el 0.5 de ETP.

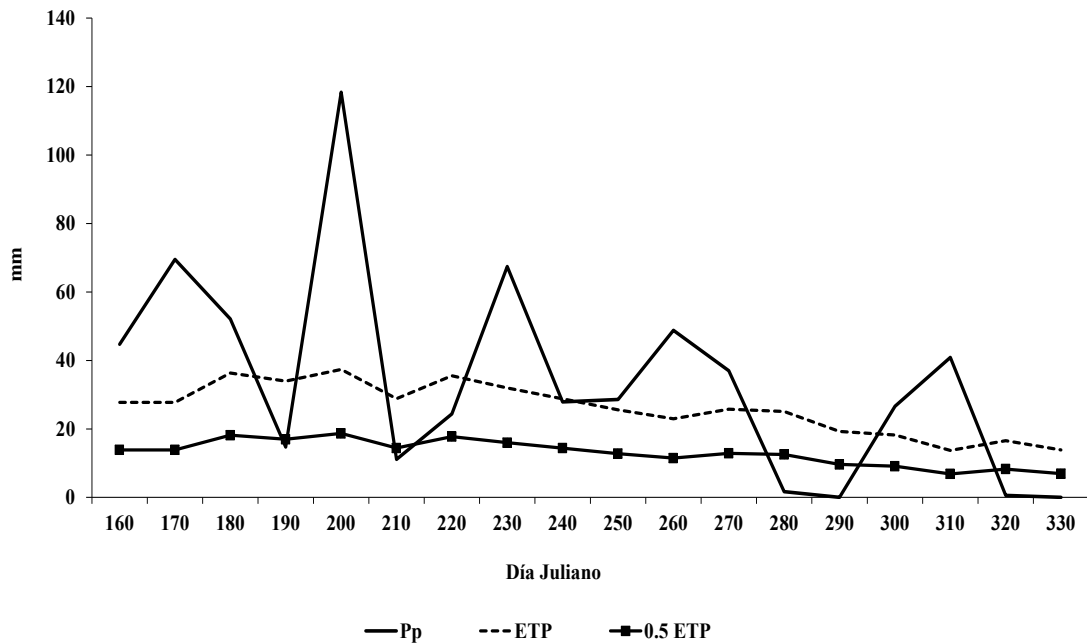


Figura 16. Balance hídrico en la zona de estudio. Ciclo P-V 2016.

Se observó que el cultivo de girasol no tuvo limitantes en la disponibilidad de agua, puesto que la Pp fue mayor que el 0.5 de ETP, y en algunas decenas, fue mayor que la ETP. Esto permite establecer que el cultivo de girasol no tuvo limitantes hídricas en las fechas de siembra evaluadas, bajo las condiciones presentes en la zona.

Del día 280 al 290, disminuyó la disponibilidad de agua porque la Pp fue menor que el 0.5 ETP, sin embargo, no afectó al cultivo porque estaba en la etapa de madurez fisiológica y ya había llenado el grano. Por lo tanto, se observa hasta este momento, que el efecto en el rendimiento de este cultivo, está más relacionado con la tendencia de la temperatura.

d) Humedad ambiental: Su tendencia durante el ciclo del cultivo de girasol fue media-alta (Figura 17), característica de la zona, puesto que el régimen de lluvias es de verano, con un incremento en la nubosidad que disminuye las horas de insolación (Mercado, 2017).

Alrededor del día 310, se incrementó la humedad ambiental, y el girasol se encontraba en la etapa de maduración del aquenio, por lo cual, la maduración comercial se retrasó más de lo esperado y con ello la cosecha del cultivo.

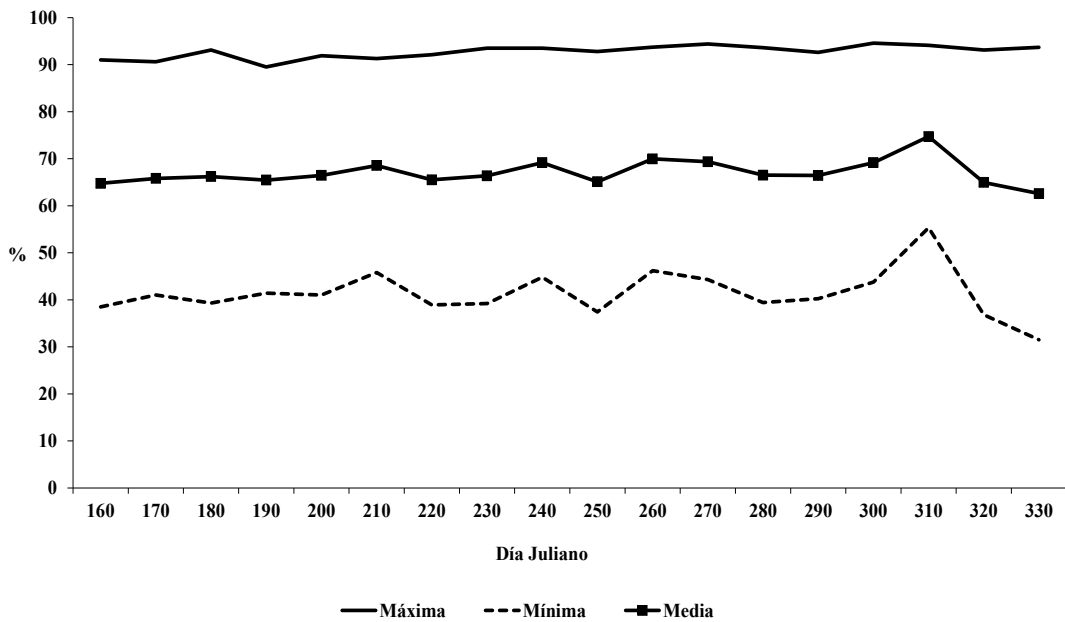


Figura 17. Humedad ambiental mínima, media y máxima. Ciclo P-V 2016.

4.2. Fenología del cultivo

El crecimiento y desarrollo del cultivo se monitoreo de forma continua, y se registraron los eventos fenológicos de acuerdo a la fecha de siembra realizada. A continuación se presentan dichos resultados y el análisis de cada variable considerada.

a) Altura de la planta: Como se mencionó anteriormente, cada 15 días después de la emergencia (DDE) se tomaron los datos de la altura en 10 plantas por unidad experimental (Figura 18), por tratamiento (Figura 19) y subtratamiento (Figura 20).



Figura 18. Medición de altura de planta cada quince días.

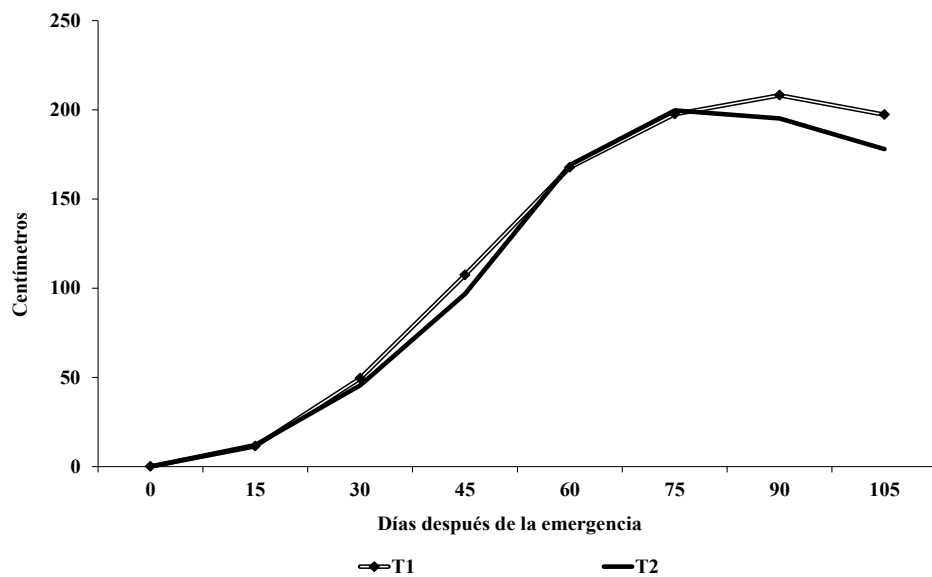


Figura 19. Altura promedio de las planta en cada tratamiento evaluado.

Las plantas del tratamiento 1 (T1), que corresponden a la primera fecha de siembra -10 de junio-, fueron las de mayor altura (1.97 m, en promedio), mientras que las de la segunda fecha de siembra -25 de junio-, (T2) tuvieron una altura de 1.78 m; esto pudo deberse a que la temperatura acumulada durante el ciclo biológico del girasol, fue mayor en el periodo del T1 con respecto al T2.

En función del subtratamiento aplicado (S: 1,2,3,4,5,6) la altura del girasol varió (Figura 17), y fue el S3 (lixiviados de lombricomposta) donde se obtuvo la mayor altura de planta con 1.92 m. Esto se debe a que los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en los lixiviados, influyen de manera significativa en el crecimiento, tamaño y rebrote de las raíces, debido a su gran capacidad de retención de cationes que favorece el intercambio catiónico en el suelo (JISA, 2012).

Cabe señalar que en la Figura 16 se observa una disminución de la altura de las plantas, en general, a los 105 DDE, lo cual se debió a que al llegar a la madurez, el capítulo de la planta se agacha y fue el momento en que se tomó la última lectura de esta variable.

Las curvas que se observan en las Figuras 19 y 20, son características de la curva sigmoideal que representa la tasa de desarrollo del cultivo del girasol; donde, entre los 30 -60 DDE, se presentó un crecimiento lineal.

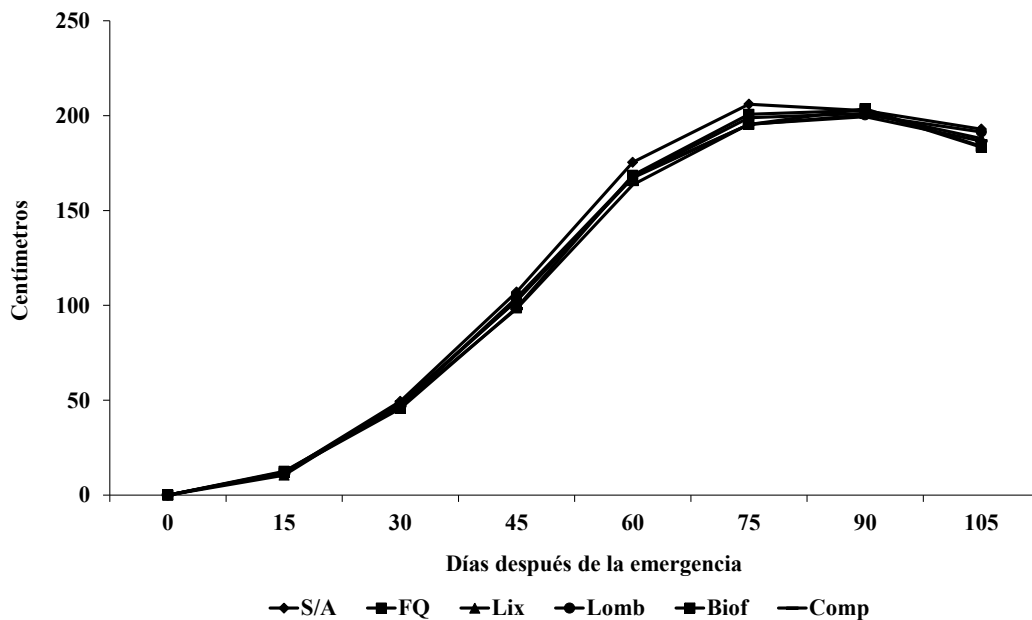


Figura 20. Altura de la planta promedio en cada subtratamiento evaluado.

Al realizar el análisis de varianza de los datos de altura de planta (Tabla 10), se observó que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos, por lo tanto, el T1 es la fecha donde las plantas de girasol tuvieron la mayor altura promedio. Para el caso de las fuentes nutrimentales aplicadas, se observó que no existió diferencia significativa. Asimismo, existió diferencia estadística en la interacción Fecha*Fuente, que se puede

explicar con la relación entre la cantidad de humedad en el suelo y la disponibilidad de los nutrimentos para la planta.

Tabla 10. ANOVA, altura de plantas de girasol a los 105 DDE.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P
Fecha	1	13,359.0	13,359.0	47.16	0.000*
Repetición	2	123.0	61.3	0.22	0.806
Fecha * Repetición	2	2,555.0	1,277.5	4.51	0.012*
Fuente	5	1,725.0	345.0	1.22	0.300
Fecha * Fuente	5	11,024.0	2,204.9	7.78	0.000*
Error	344	97,435.0	283.2		
Total	359	126,221.0			

Con la prueba de medias, se identificó cual interacción entre Fecha*Fuente, fue la que presentó mayor altura de planta (Tabla 11). La fecha del 10 de junio con fertilizante químico (FQ) y sin aplicación (S/A) fueron los de mayor respuesta a esta variable, sin embargo, la igualdad estadística del primer grupo (a) fue con las fuentes biofertilizante (Biof), lombricomposta (Lomb), y lixiviados (Lix) de la primera fecha de siembra y solo con Lix de la segunda fecha. Composta (Comp) tuvo la segunda categoría estadística (b).

La respuesta del subtratamiento S/A, se explica porque el nivel de fertilidad del suelo era satisfactorio para el desarrollo del girasol, con base en los resultados del análisis de suelo que previamente se realizó (Anexo 1), se puede establecer que hubo disponibilidad de nutrimentos, alto intercambio catiónico, y el pH se encontraba dentro de un rango óptimo para el desarrollo de este cultivo.

Tabla 11. Medias de altura de planta, de la interacción Fecha*Fuente, en el cultivo de girasol, en Cuautitlán Izcalli, México.

Fecha*Fuente	N	Media
10-junio FQ	30	214.867 a
10-junio S/A	30	214.433 a
10-junio Biof	30	210.967 ab
10-junio Lomb	30	208.233 abc
25-junio Lix	30	201.467 abcd
10-junio Lix	30	200.833 abcd
25-junio Comp	30	199.233 bcd
25-junio Biof	30	196.300 cd
10-junio Comp	30	194.767 cd
25-junio Lomb	30	192.500 d
25-junio S/A	30	190.800 d
25-junio FQ	30	190.700 d

Nota: letras iguales presentan igualdad estadística $p=0.05$

b) Fenología y acumulación de calor: En la Tabla 12 se presentan los datos de la fenología del girasol, la duración de cada etapa y las fechas correspondientes en días juliano, mientras que en la Figura 21a y 21b, se presentan las características fenológicas del girasol, registrados en el ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, Méx.

ESTABLECIMIENTO: Desde la formación de la primera hoja que muestra filotaxia espiral a la aparición del capullo.



VEGETATIVA: Desde la formación de la primera hoja que muestra filotaxia espiral a la aparición del capullo.



ABOTONAMIENTO: Desde la emergencia del capullo a la emergencia de la primera antera.



Figura 21 a. Características fenológicas registradas del cultivo de girasol: etapa vegetativa e inicio de abotonamiento.



Figura 21 b. Características fenológicas registradas del cultivo de girasol: etapa de floración y maduración.

Se observa que sólo existió una diferencia de un día en la duración del ciclo agrícola de este cultivo (Tabla 12), a pesar de que fueron establecidos con 15 días de diferencia, lo que permite comprobar la adaptación de esta variedad de girasol a las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

Tabla 12. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de girasol, de acuerdo a las fecha de siembra evaluadas, ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.

Etapa fenológica	Primera Fecha de Siembra		Segunda Fecha de Siembra	
	Días acumulados	Día juliano	Días acumulados	Día juliano
Siembra		161		176
Germinación	9	170	9	185
Vegetativa:	50		47	
Primer par de hojas opuestas		172		191
Segundo par de hojas opuestas		176		200
Primer par de hojas verticiladas		191		202
Segundo par de hojas verticiladas		197		206
Tercer par de hojas verticiladas		201		210
Cuarto par de hojas verticiladas		210		224
Reproductiva:	22		30	
25 % Inicio Boton floral:		220		238
80 % Boton floral:		224		242
25 % Inicio floración:		235		253
80 % Plenitud floración:		253		273
Fructificación	46		35	
25 % Inicio:		242		268
80 % Plenitud:		263		281
Madurez Fisiológica	25	288	22	303
Madurez Comercial (Cosecha)	35	323	43	346
Total de días	187		186	

De acuerdo a lo reportado por Syngenta, la variedad SYN 3950 HO, es un cultivar de ciclo corto (90-110 días) (Syngenta, 2014), sin embargo, en la zona de estudio se comportó como de ciclo intermedio-largo, con 186 días en promedio en las dos fechas de siembra. Esto se puede deber al tipo climático de la zona que es Templado subhúmedo, que mantiene la temperatura ambiental más baja, comparado con lugares de menor altitud o bien, que la temperatura media es mayor.

Durante la etapa reproductiva y de fructificación, la temperatura y humedad ambiental se encontraron dentro de los rangos óptimos para su desarrollo, descritos por Vranceanu (1977), (Figuras 14 y 17).

También se observó que durante la etapa reproductiva en la primera fecha de siembra, existieron condiciones de sequía intraestival, que redujeron 8 días la duración de esta etapa, comparado con las condiciones de la segunda fecha de siembra. En la etapa de fructificación el comportamiento fue contrario, alargando la etapa 11 días en la primera fecha de siembra.

En la Tabla 13 se presentan los datos de días a la aparición y acumulación de calor, para cada fase fenológica considerada en las fechas de siembra evaluadas. Es importante señalar que son datos acumulados de calor, obtenidos por el método residual, con una temperatura base de 7 °C.

Tabla 13. Días a la aparición y acumulación de calor (UC) para cada fase fenológica del cultivo de girasol, de acuerdo a las fechas de siembra evaluadas, ciclo P-V 2016.

Fase fenológica	Primera Fecha		Segunda Fecha	
	Días	UC	Días	UC
Siembra	0	0	0	0
Emergencia	9	114.8	9	101.2
Floración	81	1004.8	86	1053.5
Fructificación	127	1239.8	121	1293.8
Madurez Fisiológica	152	1545.3	143	1507.3
Cosecha	187	1810.0	186	1697.4
Total	187	1810.0	186	1697.4

Se contabilizó mayor cantidad de unidades calor (UC) acumuladas para la fase de emergencia durante la primera fecha de siembra, lo cual fortaleció la tasa de crecimiento del cultivo y aunado a las condiciones de humedad, la floración se adelantó 5 días con respecto a la segunda fecha de siembra.

En la primera fecha de siembra se acumularon 1,810.0 UC, 112.6 UC más que en la segunda fecha. Esto se debió a los 15 días anteriores a la segunda fecha de siembra, en los cuales la temperatura fue mayor. La etapa vegetativa y de fructificación, son las que mayor duración tuvieron (Tabla 12), y por lo tanto, las de mayor exigencia y acumulación de calor, bajo las condiciones de la zona de estudio.

4.3. Componentes de rendimiento

Una vez finalizado el ciclo del cultivo de girasol en campo, se evaluaron en el laboratorio, los componentes que determinan el rendimiento del cultivo. A continuación se describen los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

a) Diámetro de capítulo. El diámetro más grande (27.7 cm), se obtuvo en la segunda fecha de siembra (T2) con la aplicación de Biofertilizante (Figura 22), en comparación del diámetro del capítulo de 24.4 cm, el cual, se obtuvo en la primera fecha de siembra (T1) sin aplicación. El promedio en T1 fue de 26.0 cm y en T2 de 26.5 cm (Figura 23).

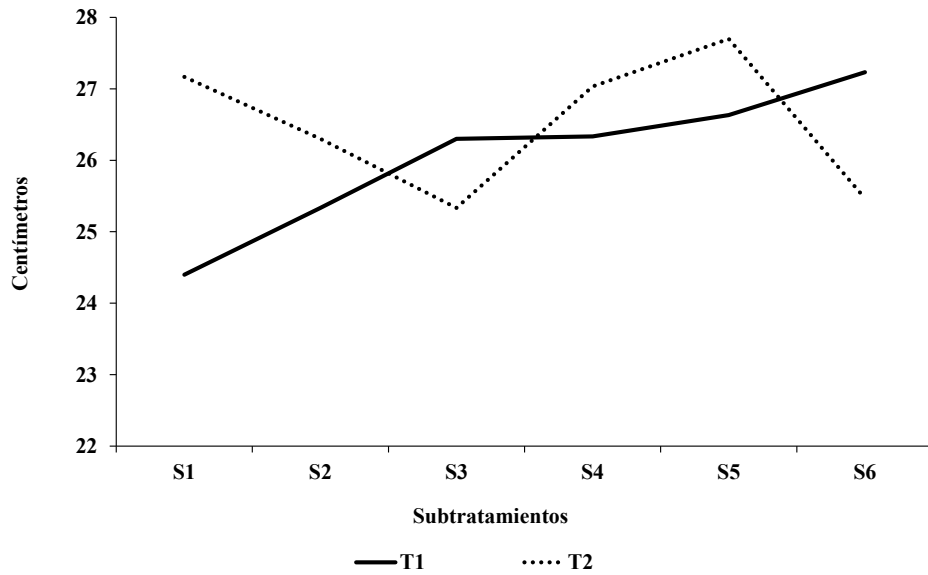


Figura 22. Diámetro de capítulo de girasol, obtenido en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.



Figura 23. Medición del diámetro de capítulo de girasol.

b) Número de semillas por capítulo: El mayor número se encontró en T2 con un promedio de 1,602.1 semillas por capítulo, en comparación de T1 que tuvo 1,266.5

semillas por capítulo. La mayor cantidad de semillas (2,100.0 semillas) se presentó en T2 y sin aplicación nutricional, y el menor valor fue 1,125.5 en T1, también sin aplicación (Figura 24). Cabe destacar que las fuentes nutrimentales orgánicas utilizadas, superaron en esta variable a los resultados obtenidos con la aplicación de fertilizante químico, en T1. Mientras que en T2 sólo la aplicación de lombricomposta y biofertilizante superaron los datos de fertilización química En la Figura 25 se presentan algunas imágenes del trabajo en laboratorio para evaluar esta variable.

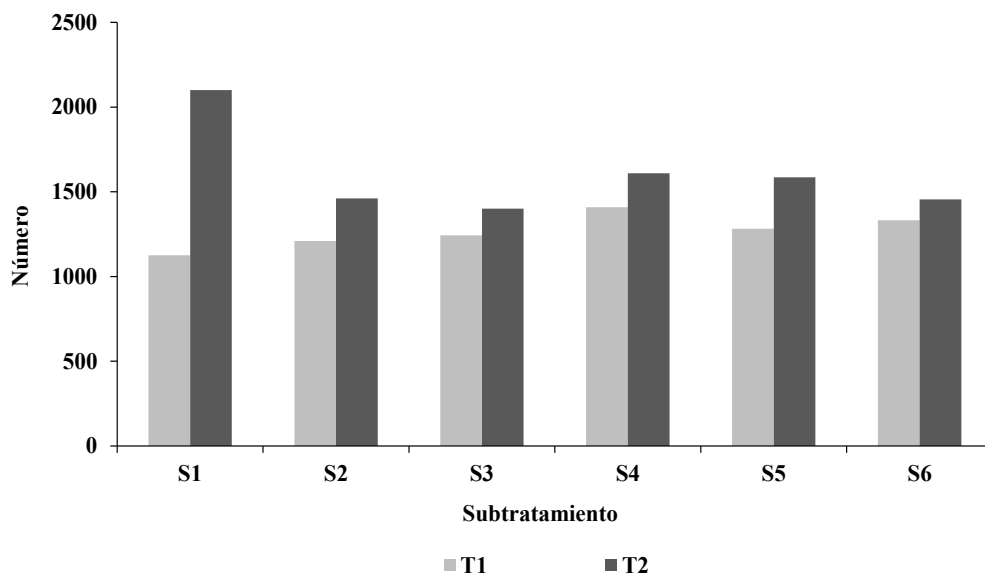


Figura 24. Número de semillas por capítulo de girasol, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales evaluadas.



Figura 25. Conteo del número de semillas por capítulo de girasol.

c) Peso de 100 semillas: En el caso del peso de 100 semillas el mayor valor promedio se obtuvo en T2 con 6.4 g, y el menor en T1 con 6.0 g. Con la aplicación de biofertilizante se obtuvo el mayor valor con 6.7 g en T2, y el menor fue 5.7 g en T1, sin aplicación nutrimental (Figura 26). En la Figura 27 se presentan algunas imágenes del trabajo en laboratorio para evaluar esta variable.

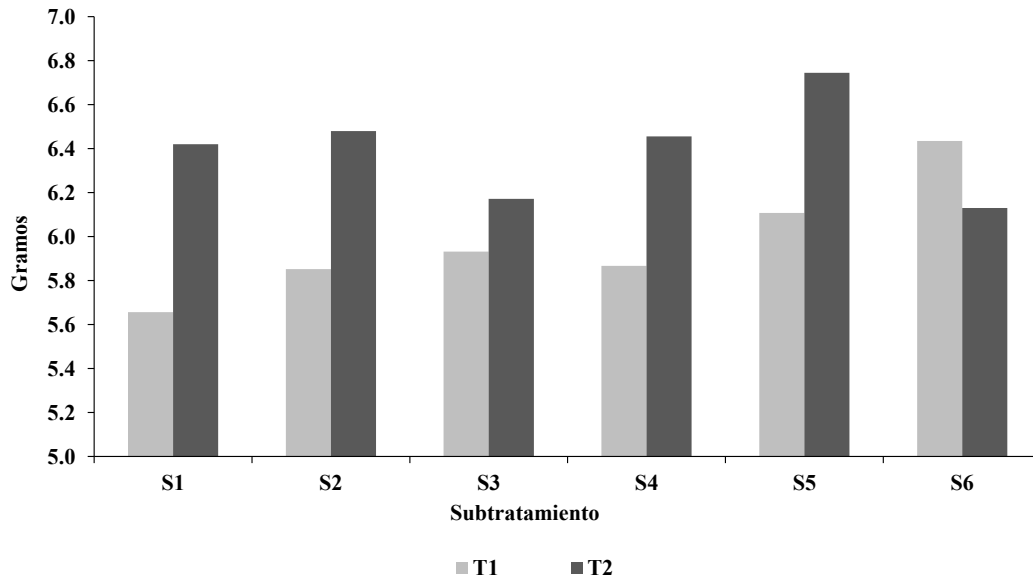


Figura 26. Peso de 100 semillas, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.



Figura 27. Determinación del peso de 100 semillas de girasol.

d) Peso total de la muestra: El peso más alto se encontró en T2 con la aplicación de lombricomposta con un total de 125.2 g, seguido por el peso total de 123.7 g, correspondiente a T2 con la aplicación de biofertilizante. El peso total menor se observó en T1 sin la aplicación de alguna fuente nutricional, con 94.1 g, como se presenta en la Figura 28.

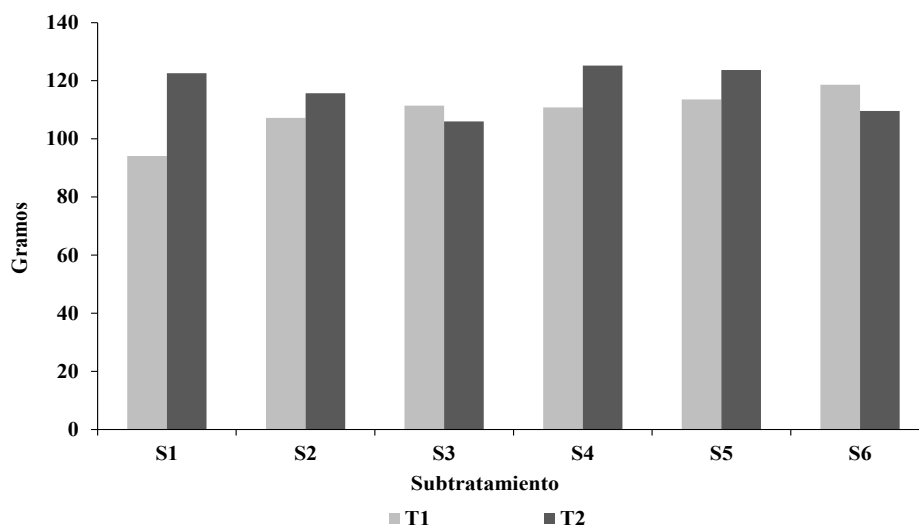


Figura 28. Peso total de la muestra, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutricionales.

Fue T2 con 117.10 g el mayor peso total promedio en esta investigación, mientras que en T1 se obtuvo un peso de 109.30 g. En la Figura 29 se observa como fue determinada esta variable.



Figura 29. Determinación del peso total de la muestra de girasol.

e) Porcentaje de semillas vanas: En general, el cultivo de girasol bajo las condiciones ambientales y técnicas en las cuales se llevó a cabo, reportó sólo un promedio de 11.6 % en semillas vanas, por lo cual se deduce que existió buena polinización y llenado de capítulo-grano (Figura 30). En la segunda fecha de siembra fue mayor a este valor promedio (12.0 %), que pudo deberse a la interacción del cultivo con la época de sequía intraestival, que si bien, este año de 2016 no fue tan siniestral en la zona, si pudo afectar la viabilidad del polen.

En lo que respecta a la fuente nutrimental en promedio, con la aplicación de lixiviados se tuvo el mayor porcentaje de semilla vana con 14.8 % promedio de las dos fechas de siembra, muy relacionado ello con la mayor cantidad de semilla por capítulo que se obtuvo en esta fuente orgánica. Y el menor porcentaje fue de las unidades experimentales del testigo, pero que se explica por el menor diámetro de capítulo y tamaño de semilla.

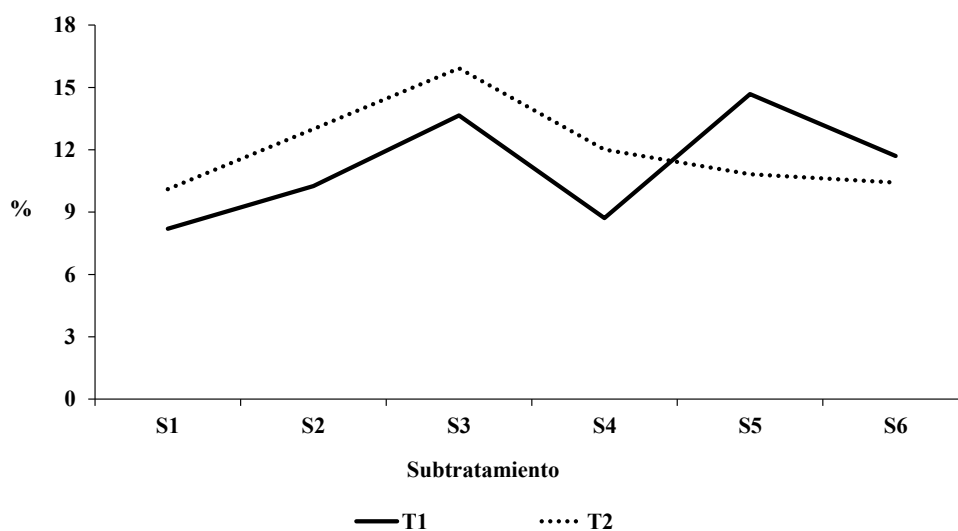


Figura 30. Porcentaje de semillas vanas por capítulo, en el cultivo de girasol.

f) Peso hectolítrico: El valor más alto en peso hectolítrico, se presentó en T2 con la aplicación de lixiviados y sin aplicación de alguna fuente nutrimental, con peso de 58.7 y 58.0 kg hL⁻¹, respectivamente. En T1 con la aplicación de composta se obtuvo el menor peso con un total de 55.2 kg hL⁻¹ (Figura 31). T2 con un valor promedio de 57.8 kg hL⁻¹ fue mayor que el valor promedio de T1 con 56.5 kg hL⁻¹.

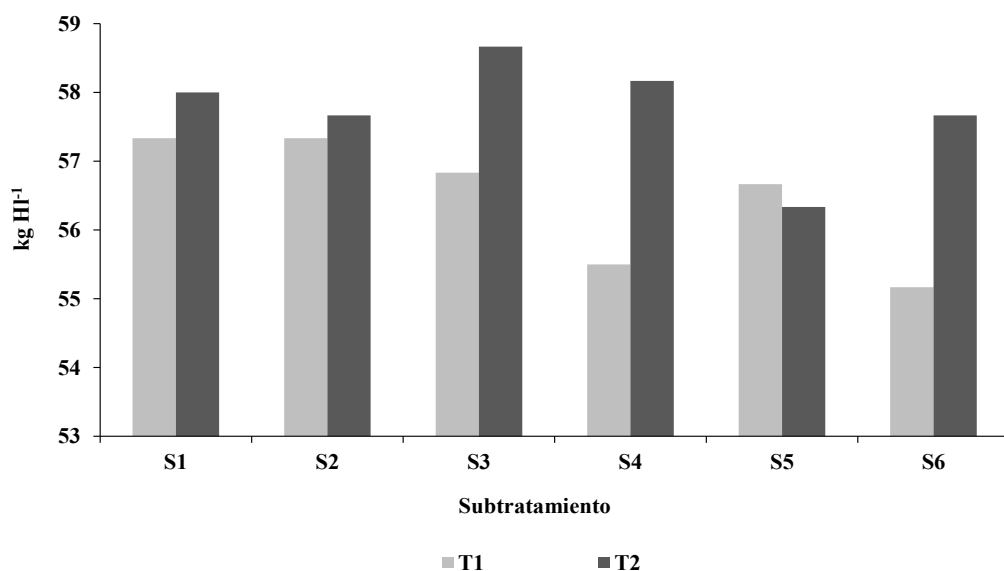


Figura 31. Peso hectolítrico de semilla, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.

En la Figura 32 se presenta la forma de cómo se determinó esta variable.



Figura 32. Peso hectolítrico de semilla de girasol.

g) Rendimiento: En el caso del rendimiento final, extrapolado a toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), el mejor resultado se obtuvo en T1 con la aplicación del fertilizante químico, con un total de $3.92\ t\ ha^{-1}$, seguido por el biofertilizante y la composta con 3.82 cada una (Figura 33). Sin embargo, al promediar ambas fechas de siembra el mayor rendimiento se presentó con la aplicación de biofertilizante con un total de $3.75\ t\ ha^{-1}$, mientras que el menor rendimiento se presentó con la aplicación de

lombricomposta con un total de 3.10 t ha^{-1} . El mayor rendimiento promedio fue de 3.51 t ha^{-1} en T1, mientras que en T2 fue de 3.28 t ha^{-1} (Figura 34).

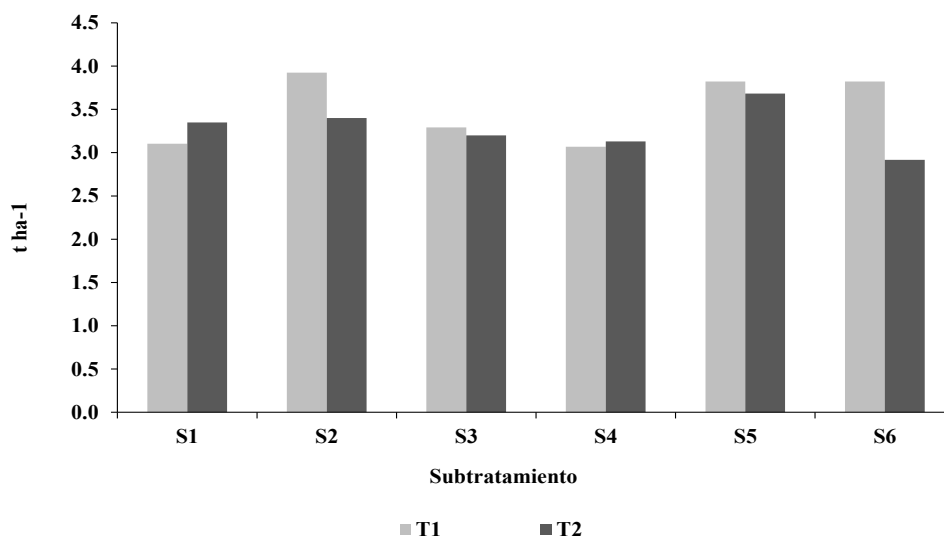


Figura 33. Rendimiento de grano de girasol, bajo las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.



Figura 34. Rendimiento de semilla de girasol.

h) Contenido de aceite: En cuanto al contenido de aceite el porcentaje más alto se presentó en T1 con la aplicación de lombricomposta con un 40.6 %, seguidos por el fertilizante químico y los lixiviados (39.8 y 39.4 %, respectivamente); en cuanto al

menor porcentaje en esta investigación se obtuvo con la aplicación de composta, en T1 con 29.7 % (Figura 35).

En la segunda fecha de siembra se obtuvo un 37.55 % promedio y en la primera fecha fue de 37.44 %. Mientras que por fuente nutrimental, fue la aplicación de lixiviados de lombricomposta y el biofertilizante los que favorecieron esta variable, con 39.0 y 38.8%, respectivamente.

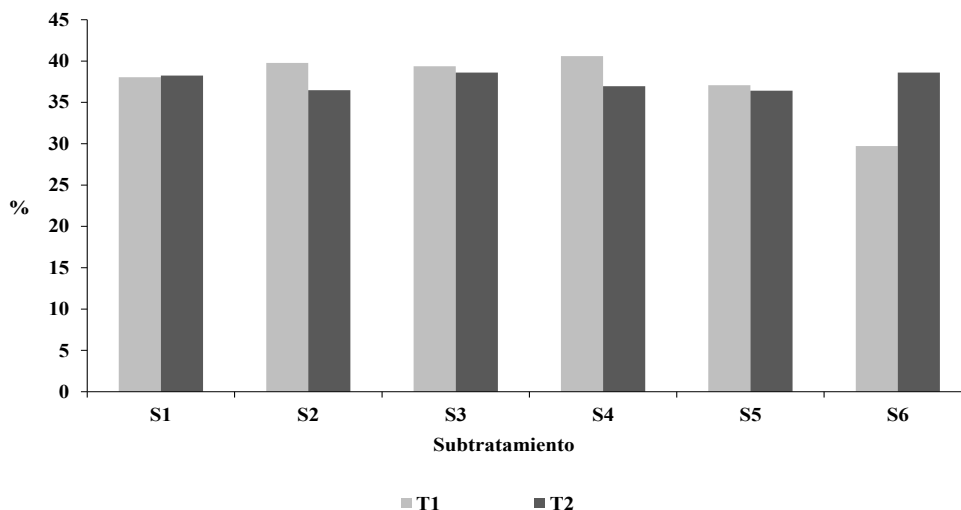


Figura 35. Porcentaje de aceite en el grano de girasol, en las diferentes fechas de siembra y fuentes nutrimentales.

Para cada variable se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de medias con el método de Tukey, para los factores que presentaron diferencias estadísticas significativas con $\alpha=0.05$. A continuación, para cada componente del rendimiento se presenta su interpretación.

➤ Diámetro de capítulo: Se encontró significancia estadística entre los subtratamientos (fuentes nutrimentales) y la interacción entre fecha*fuerza (Tabla 14).

Tabla 14. ANOVA, diámetro de capítulo del cultivo de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	19.14	19136.00	2.74	0.099
Repetición	2	34.49	17244.00	2.47	0.086
Error de la parcela principal	2	45.42	22711.00	3.26	0.040*
Fuente	5	97.75	19549.00	2.80	0.017*
Fecha * Fuente	5	194.95	38989.00	5.59	0.000*
Error	344	2399.12	6974.00		
Total	359	2790.86			

Con la aplicación de biofertilizante se obtuvo el capítulo más grande, con un valor promedio de 27.2 cm, y asimismo esta fuente nutricional reportó el mayor dato en la segunda fecha de siembra con 27.7 cm.

La prueba de medias permite ver la categoría estadística de cada fecha, fuente, fecha*fuelle, de esta investigación, y en la Tabla 20 se presenta el valor para cada variable.

➤ Número de semillas por capítulo: En este componente existió diferencia significativa entre tratamientos y subtratamientos (Tabla 15). Lo que indicó que (Tabla 20) en la fecha del 25 de junio se tuvieron más semillas por capítulo (1,602.1) y con la aplicación de lombricomposta fueron 1,509.2, que superó a la fertilización química que tuvo en promedio 1,335.3 semillas por capítulo.

Tabla 15. ANOVA, número de semillas por capítulo de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	5428251.00	5428251.00	47.57	0.000*
Repetición	2	697123.00	348561.00	3.05	0.048*
Error de la parcela principal	2	961771.00	480886.00	4.21	0.016*
Fuente	5	1562413.00	312483.00	2.74	0.019*
Fecha * Fuente	5	956797.00	191359.00	1.68	0.139
Error	344	39250612.00	114101.00		
Total	359	48856966.00			

➤ Peso de 100 semillas: Para el caso del peso de 100 semillas se encontró diferencia significativa en fechas, fuentes e interacción fecha*fuelle (Tabla 16), por lo que en la prueba de medias se encontró que la fecha del 25 de junio presentó el mayor peso con 6.40 g, y con la aplicación de biofertilizante se obtuvo el mayor peso promedio con 6.43 g. En el caso de la interacción con menor peso se encontró que fue en la fecha del 10 de junio sin ninguna aplicación nutricional con 5.66 g (Tabla 20).

Tabla 16. ANOVA, peso de 100 semillas de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	162.78	162.78	34.95	0.000*
Repetición	2	2.62	13093.00	2.81	0.062
Error de la parcela principal	2	2.34	1.17	2.51	0.083
Fuente	5	6.48	1.30	2.78	0.018*
Fecha * Fuente	5	11.90	2.38	5.11	0.000*
Error	344	160.23	0.47		
Total	359	199.84			

➤ **Peso total de la muestra:** En el peso total de la muestra se observó que existe diferencia significativa entre fecha y en la interacción de la fecha*fuelle (Tabla 17). En la prueba de medias aparece que la segunda fecha de siembra se obtuvo un mayor peso total de la muestra con 117.14 g, 7.85 g más que en la primera fecha. Para el caso de la interacción fecha*fuelle, diferentes tratamientos resultaron con un mayor peso total, los cuales fueron: 25 de junio*lombricomposta con 125.211 g, en el biofertilizante con 123.67 g, sin aplicación con 122.57 g y con fertilizante químico con 115.71 g; en la fecha del 10 de junio con aplicación de composta se obtuvo 118.60g (Tabla 20).

Tabla 17. ANOVA, peso total de la muestra de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	5549.0	5548.80	8.62	0.004*
Repetición	2	2981.0	1490.50	2.32	0.100
Error de la parcela principal	2	1953.0	976.40	1.52	0.221
Fuelle	5	6011.0	1202.20	1.87	0.099
Fecha * Fuelle	5	13980.0	2796.00	4.34	0.001*
Error	344	221369.0	643.50		
Total	359	251843.0			

➤ **Peso hectolítrico:** En cuanto al peso hectolítrico sólo se encontró diferencia significativa entre fechas de siembra (Tabla 18). Por lo que en la prueba de medias se encontró un mayor peso hectolítrico en la fecha correspondiente al 25 de junio, con un total de 57.75 kg hL⁻¹ (Tabla 20), en comparación con la del 10 de junio que tuvo una media de 56.47 kg hL⁻¹.

Tabla 18. ANOVA, peso hectolítrico de semilla de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	14.69	14.69	13.53	0.001*
Repetición	2	12.06	6.03	5.55	0.012*
Error de la parcela principal	2	1.39	0.69	0.64	0.538
Fuelle	5	10.81	2.16	1.99	0.124
Fecha * Fuelle	5	11.39	2.28	2.10	0.108
Error	20	21.72	1.09		
Total	35	72.06			

➤ **Rendimiento:** En el ANOVA se determinó que no existió diferencia significativa en las fuentes de variación (Tabla 19); en la fecha del 10 de junio se obtuvo

3.51 t ha⁻¹ como rendimiento promedio, y en la fecha del 25 de junio se obtuvo 3.28 t ha⁻¹. Por fuente nutrimental, la aplicación de biofertilizante produjo el mayor rendimiento del experimento con 3.75 t ha⁻¹, y la lombricomposta fue el menor valor con 3.10 t ha⁻¹ (Tabla 20).

Tabla 19. ANOVA, rendimiento de grano de girasol.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	P 0.05
Fecha	1	457.81	457.81	1.77	0.198
Repetición	2	1792004.00	896.00	3.46	0.051
Error de la parcela principal	2	560.29	280.15	1.08	0.358
Fuente	5	2032736.00	406.55	1.57	0.214
Fecha * Fuente	5	1317656.00	263.53	1.02	0.433
Error	20	5174498.00	258.73		
Total	35	11335002.00			

Sin embargo, a pesar de no presentar diferencia estadística significativa entre las fuentes nutrimentales orgánicas con respecto a la fertilización química, se evidencia que dichas fuentes orgánicas mantienen el rendimiento por valores aceptables, al manejo convencional que el productor realiza al aplicar fertilizantes inorgánicos. Esto además se traduce en disminución de costos de producción que eventualmente representan ventajas económicas para el productor, tema que más adelante se presenta en este apartado.

➤ Contenido de aceite: Este componente, objetivo de la producción de esta variedad del cultivo de girasol, no presentó diferencias significativas, porque se obtuvo 37.44 y 37.55 % de aceite en la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente. Esto permite observar que las condiciones ambientales no afectaron este componente del rendimiento. El mayor porcentaje de aceite se obtuvo con la aplicación de lombricomposta en el cultivo sembrado el 10 de junio.

Mientras que con las fuentes nutrimentales se obtuvo en promedio el 38.1, 38.1, 39.0, 38.8, 36.8 y 34.2 %, de aceite, sin aplicación de fuente nutrimental, con fertilizante químico, lixiviado de lombricomposta, lombricomposta, biofertilizante y composta, respectivamente.

Por lo tanto, aplicar lixiviados de lombricomposta y/o lombricomposta, representan una buena práctica económica y de beneficio al rendimiento del cultivo.

En la Tabla 20 se presenta la prueba de medias por el método Tukey, donde se observan las clases estadísticas en cada una de las variables de estudio.

Tabla 20. Prueba de medias por el método de Tukey de las variables de estudio.

Variable	Díámetro de capítulo (cm)	Número de semillas por capítulo	Peso de 100 semillas (g)	Peso total de la muestra (g)	Peso hectolítrico (kg HI ⁻¹)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Contenido de aceite (%)
Fecha							
10-jun		1266.49 b	5.97522 b	109.285 b	56.4722 b	3.51	37.44
25-jun		1512.08 a	6.40050 a	117.137 a	57.7500 a	3.28	37.55
DMSH		314.7764	0.4909	14.1839	0.3783		
Fuente							
Sin aplicación	25.7833 b	1342.73 ab	6.03833 b				
Fertilizante Químico	25.8167 ab	1335.32 ab	6.16633 ab				
Lixiviados	25.8167 ab	1321.5 b	6.05183 ab				
Lombricomposta	26.6833 ab	1509.18 a	6.16150 ab				
Biofertilizante	27.1667 a	1433.72 ab	6.42650 a				
Composta	26.3500 ab	1393.28 ab	6.28267 ab				
DMSH	43.4481	175.7414	0.3551				
Fecha * Fuente							
10-junio * S/A	24.4000 c		5.65667 e	94.107 b			
10-junio * FQ	25.3333 bc		5.85267 de	107.196 ab			
10-junio * Lixiv	26.3000 abc		5.93167 bcde	111.413 ab			
10-junio * Lombric	26.3333 abc		5.86733 cde	110.830 ab			
10-junio * Biofert	26.6333 ab		6.10800 bcde	113.559 ab			
10-junio * Composta	27.2333 ab		6.43500 abc	118.602 a			
25-junio * S/A	27.1667 ab		6.42000 abcd	122.576 a			
25-junio * FQ	26.3000 abc		6.48000 ab	115.714 a			
25-junio * Lixiv	25.3333 abc		6.17200 abcde	106.018 ab			
25-junio * Lombric	27.0333 ab		6.45567 ab	125.211 a			
25-junio * Biofert	27.700 a		6.74500 a	123.677 a			
25-junio * Composta	25.4667 abc		6.13033 bcde	109.624 ab			
DMSH	70.4405	0.5757	21.3971				

Nota: letras iguales presentan igualdad estadística p= 0.05.

Se realizó un análisis de correlación entre las variables y en la Tabla 21 se presentan los coeficientes de Pearson para cada relación.

Tabla 21. Matriz de correlación de Pearson, para los componentes de rendimiento del cultivo de girasol.

Componente de rendimiento	Rendimiento	Diámetro de capítulo	Número de semilla por capítulo	Peso de semillas vanas	Peso 100 semillas	Peso hectolítrico	Contenido de aceite
Rendimiento	1.00						
Diámetro de capítulo	0.37	1.00					
Número de semilla por capítulo	-0.15	0.58	1.00				
Peso de semillas vanas	0.21	0.14	-0.09	1.00			
Peso 100 semillas	0.24	0.80	0.63	0.26	1.00		
Peso hectolítrico	-0.39	-0.37	0.30	0.29	0.03	1.00	
Contenido de aceite	-0.44	-0.46	-0.01	-0.15	-0.54	0.41	1.00

Se observa que la relación más fuerte con el rendimiento la tiene el diámetro de capítulo ($r=0.37$), esto es, si aumenta el diámetro del capítulo, el rendimiento de grano será mayor. Asimismo, el diámetro del capítulo guarda una relación fuerte y positiva con el número de semillas por capítulo ($r=0.58$) y con el peso de 100 semillas ($r=0.80$), por lo tanto se deja evidencia que al aumentar el tamaño del capítulo, los demás componentes del rendimiento se verán beneficiados.

Las condiciones ambientales (precipitación y temperatura) juegan un papel muy importante para que el capítulo desarrolle toda su expresión genética y por ende, el rendimiento.

4.4. Relación costo-beneficio

Esta variable se analizó para establecer el impacto económico sobre el rendimiento de girasol de la utilización de las fuentes nutrimentales evaluadas en esta investigación. En la Tabla 22 se presentan los costos totales de cada fuente empleada, con base en la cantidad aplicada por hectárea.

Tabla 22. Cantidad y costo total por hectárea, de cada fuente nutrimental empleada en el cultivo de girasol. Ciclo P-V 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.

Fuente nutrimental	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo total (\$)
Urea	1.5	tonelada	7,120.00	10,680.00
Lixiviados	260.0	litro	10.00	2,600.00
Lombricomposta	8.69	tonelada	1,300.00	11,297.00
Biofertilizante	3.76	kilogramo	391.00	1,470.16
Composta	14.3	tonelada	800.00	11,440.00

Nota: Los precios de las fuentes nutrimentales son al día 09 de agosto de 2017.

Cabe señalar que el precio unitario está basado en el precio medio rural para el Estado de México, que corresponde a \$6,700.0 por tonelada.

Con base en los ingresos y los costos en cada fuente nutrimental, se calculó la relación C/B en el cultivo de girasol, valores que se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23. Ingreso y costo total por hectárea, y relación C/B, de cada fuente nutrimental empleada en el cultivo de girasol. Ciclo P-V, 2016, en Cuautitlán Izcalli, México.

Fuente nutrimental	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Precio de venta (\$)	Ingresos (\$)	Costo total (\$)	Utilidad bruta (\$)	C/B
Urea	3.66	6,700.0	24,522.0	10,680.00	13,842.0	2.30
Lixiviados	3.25	6,700.0	21,775.0	2,600.00	19,175.0	8.38
Lombricomposta	3.10	6,700.0	20,770.0	11,297.00	9,473.0	1.84
Biofertilizante	3.75	6,700.0	25,125.0	1,470.16	23,654.8	17.09
Composta	3.37	6,700.0	22,579.0	11,440.00	11,139.0	1.97

Tales resultados evidencian que la aplicación del biofertilizante reduce considerablemente los costos de la fuente nutrimental y por ende los de producción en el cultivo de girasol. Asimismo, la utilización de lixiviados también es una buena opción para reducir los costos de producción, en comparación de la composta y la lombricomposta, que en este caso, se encuentran por encima del costo que representó la fuente química, cabe señalar que sólo se aplicó urea.

Por ello, la aplicación de composta y lombricomposta después de un período de tiempo, adiciona materiales orgánicos, que mejoran la fertilidad y las propiedades del suelo, como son la agregación y la capacidad de retención de agua, entre otros, como fue apuntado por Muñoz *et al.* (2013).

Por lo tanto la relación C/B más alta fue con el empleo de biofertilizante (17.09) y la más baja fue la composta con 1.79.

Estos resultados dejan evidencia de la respuesta del cultivo de girasol a las condiciones ambientales del sitio experimental y de las fuentes nutrimentales empleadas. En el siguiente apartado se presenta el análisis de la información obtenida para posteriormente señalar las conclusiones y recomendaciones del tema.

V. DISCUSIÓN

5.1. Parámetro climático

A pesar de que las condiciones de una zona con clima templado subhúmedo como está, donde la temperatura media no sobrepasa los 16 °C y donde la precipitación media es de 612.1 mm y el número de días nublados son 50, no se encontró influencia negativa del ambiente en el desarrollo del cultivo, por el contrario, el rendimiento final se consideró alto, aunque es necesario hacer énfasis en los siguientes puntos.

Respecto a la influencia del ambiente y su interacción a las fechas de siembra, en el cultivo de girasol, se determinó que el establecimiento del cultivo en el mes de junio se debe realizar antes del día 25, ya que una siembra tardía aumenta los riesgos de presentar una disminución en el rendimiento, puesto que, fue en ese momento cuando se le brindó al cultivo mejores condiciones (en cuanto a temperatura), lo que representó cierta ventaja para la siembra del 10 de junio y con ello se alcanzó el 6.55 % más en rendimiento.

Las siembras tardías tendrán efecto negativo durante la floración debido a la presencia de la sequía intraestival y la proximidad de la ocurrencia de heladas para el mes de octubre, tiempo en el cual el cultivo estaría en la etapa de llenado grano.

5.2. Fenología del cultivo

Al contrastar los resultados obtenidos en este trabajo, con otras zonas donde se sembró esta variedad, se encontró que el girasol se comportó de forma muy diferente en dichas zonas, ya que, la altura promedio de las plantas reportada en el Valle del Mezquital en Hidalgo fue de 1.27 m (Martínez *et al.*, 2017), mientras que en la FES-C se tuvieron plantas con alturas promedio de entre 1.97 y 1.78 m, respectivamente para cada fecha de siembra.

En relación al ciclo del cultivo, la ficha técnica de la variedad SYN 3950 HO, menciona que es una variedad de ciclo corto, sin embargo, el ciclo del cultivo en la FES-Cuautitlán fue de 186.5 días. Lo cual está directamente relacionado a las condiciones ambientales, mayor humedad ambiental principalmente. En Hidalgo se reportó que la

variedad tarda en llegar a floración 80 días mientras que en la FES-C fueron 83 días, diferencia que no es significativa. Sin embargo, en la primera fecha de siembra evaluada en este trabajo, la floración se presentó a los 81 días, mientras que, en la segunda fecha fue hasta los 86 días, esto se pudo deber a la temperatura media que fue de 17.8 y 17.7°C, respectivamente. Pero si se asocia con la precipitación, 430.1 y 468.5 mm, respectivamente, se podrá entender este adelanto o retraso en la floración del cultivo en cada fecha de siembra.

5.3. Componentes de rendimiento

Los datos obtenidos mostraron que el rendimiento estuvo relacionado con el mayor diámetro de capítulo, es decir, al tener capítulos más grandes se observó que el peso de la semilla también se incrementó, caso contrario se presentó cuando el diámetro del capítulo fue de 15 cm, donde el rendimiento disminuyó 47 % menos que lo obtenido en la siembra del 10 de junio. Esta tendencia es contraria a lo que el SENACYT (2010) señaló, que a mayor densidad de siembra se tendrá un mayor rendimiento ya que se tiene un menor diámetro del capítulo, lo que trae consigo un mejor llenado de éste y que se verá reflejado finalmente en el rendimiento.

Las relaciones que se obtuvieron en este estudio, entre el rendimiento de grano con el diámetro de capítulo y el peso de 100 semillas presentó una tendencia similar a los datos reportados por Newton *et al.* (2012), por lo que se corroboran los datos de correlación de Pearson determinados en esta investigación.

Asimismo, se aplicó Boro (B) de forma foliar, para favorecer un buen llenado de grano, puesto que este elemento es necesario para la producción y germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Marschner, 1995); tiene un rol importante en la producción de semilla, ya que bajo deficiencia moderada o severa de este nutrimento, las plantas dejan de producir flores funcionales y pueden dejar de producir semilla (Gupta, 2007). En las flores, generalmente concentraciones bajas de B reducen la fertilidad masculina por efecto del deterioro de la microsporogénesis y afectación del crecimiento del tubo polínico (Hernández *et al.*, 2015).

Asimismo, Newton *et al.* (2012) señalaron que la altura de la planta al final del ciclo, tiene un efecto negativo sobre el peso de 100 semillas de girasol, situación que se corroboró en esta investigación, puesto que el mayor peso de 100 semillas se obtuvo en la segunda fecha de siembra, en donde las plantas alcanzaron menor altura que las de la primera fecha de siembra. Además, la interacción con la fuente nutrimental presentó diferencia estadística significativa en este componen de rendimiento.

El contenido de materia grasa está directamente relacionado al genotipo de girasol; la variedad empleada en esta investigación fue 16 % más alto que el reportado por Morales *et al.* (2007), sin embargo, Iriarte (2013) obtuvo un contenido que supera al obtenido en este trabajo, con un 23 %, empleando la misma variedad; dicha diferencia está directamente relacionada con las condiciones ambientales entre las de Argentina y las de México, donde se estableció cada investigación. Es importante señalar que el contenido graso obtenido en este cultivo fue de 39 %, el cual se encuentra dentro del rango aceptable de concentración para su comercialización.

Cabe señalar que la ficha técnica de la variedad no se encuentra completa (Anexo 3), por lo que, sólo se remitió esta comparación a datos reportados en otros documentos (Martínez *et al.*, 2017; Morales *et al.*, 2007 e Iriarte, 2013).

Los rendimientos señalados anteriormente, han confirmado que la densidad de siembra fue apropiada para este sistema de producción, esto es, a menor densidad aumentó el rendimiento; además es importante indicar que a mayor densidad de siembra, el cultivo queda propenso a diversos cambios que lo puedan poner en riesgo como: la sequía intraestival, la cual genera estrés hídrico en las plantas, por lo que la competencia planta \times planta, por este elemento es mayor, además, si llega a coincidir con la etapa de floración, las plantas pueden fenecer. Además, el riesgo es mayor a tener plantas enfermas, puesto que entre más juntas estén será más fácil la dispersión de los patógenos.

El girasol es un cultivo con bajos requerimientos nutrimentales en comparación con otros cultivos, no obstante es esencial aplicarlos para generar un mejor llenado de grano, que a su vez se refleje en el rendimiento. En este trabajo el rendimiento más alto se obtuvo con la aplicación de biofertilizante, estadísticamente más alto que con el empleo de fertilizante químico. Esto se puede entender debido a que las hifas de los hongos

micorrízicos arbusculares permean en grandes volúmenes de suelo (Camel *et al.*, 1991) interconectando los sistemas radicales de las plantas adyacentes, lo cual facilita el intercambio de nutrientes entre ellas, lo que contribuye al crecimiento de las plantas debido a su íntima asociación con las células vivas dentro de las raíces y el suelo (Bethlenfalvay *et al.*, 2007). Así, el beneficio en la fisiología de las plantas se debe en gran medida a la influencia que las micorrizas generan en el suelo, donde estos microorganismos contribuyen a la solubilización de minerales para facilitar el aprovechamiento de los fertilizantes químicos sintéticos aplicados, llegando a reducir en algunos casos, hasta el 50 % las dosis de fertilización química recomendadas, sin pérdida en los rendimientos potenciales (Aguirre *et al.*, 2012).

5.4. Relación costo-beneficio

Los costos de las fuentes orgánicas como el biofertilizante y lixiviados de lombricomposta, son menores a la fertilización química, lo que representa una buena alternativa para disminuir los costos de producción del cultivo. En este caso la aplicación de biofertilizante produjo el mayor rendimiento promedio y la mejor relación C/B, por lo tanto, es recomendable continuar trabajando con el empleo de diversas fuentes nutrimentales y el continuo uso del biofertilizante. Cabe aclarar que en la presente investigación sólo se empleó Urea, lo que permitió considerar un costo menor del fertilizante; es decir si los niveles de fertilidad del suelo, donde se llevó a cabo el cultivo, fueran más bajos, los costos por fertilizante químico se hubieran incrementado con la consecuente menor tasa C/B.

5.5. Interacción con el tipo de suelo

Se realizaron análisis de fertilidad del suelo, previo al establecimiento del cultivo (Anexo 1) y posterior a la cosecha (Anexo 2). La comparación entre ellos mostró algunos puntos, que se mencionan a continuación:

- El porcentaje de materia orgánica disminuyó un 47 % después de establecer el cultivo, debido a que ocurrió mineralización de forma acelerada.

- Caso contrario ocurrió con el nitrógeno, el cual aumentó un 59.8%, lo que pudo deberse a la aplicación de las diversas fuentes nutrimentales.

- El fósforo disponible antes del establecimiento del cultivo se encontraba en niveles muy altos con 126.10 ppm, pero disminuyó al final de la producción, con 93.79 ppm; dicho elemento fue aprovechado de forma notoria por el cultivo de girasol, y en parte por el pH de 6.46 (moderadamente ácido) del suelo, que benefició su disponibilidad y absorción.

- El potasio y el hierro disminuyeron su concentración al 50 y 27 %, respectivamente, debido a que son elementos necesarios para la fructificación y el llenado de grano.

Con lo que queda claro que el suelo intervino de forma benéfica para el cultivo, al tener un rango óptimo de nutrimentos (como en el caso del fósforo), esto generó una respuesta positiva a las fuentes aplicadas. Sin embargo, queda demostrado que el cultivo de girasol tiene alta demanda en algunos nutrimentos, lo que contradice la idea de que este cultivo se puede adaptar a suelos de baja fertilidad.

5.6. Adaptabilidad de la variedad en esta región

Se ha dicho que el girasol, es una alternativa para producir en las zonas áridas y semiáridas por sus características fisiológicas que lo hacen apto para aquellas zonas, sin embargo, esta variedad SYN 3950 HO no se adapta a zonas con bajo nivel de precipitación, ya que es altamente susceptible a periodos de sequía. El fenotipo de esta variedad presenta un mejor comportamiento en condiciones de alta precipitación (mayor a 600 mm), lo cual quedó evidenciado con las plantas observadas durante el ciclo P-V 2016, las cuales presentaron alturas promedio mayor a los dos metros, con un diámetro de hojas entre los 50 cm y capítulos de 26-26.5 cm de diámetro.

Al ser una variedad originaria de otro país, es necesario mencionar que el riesgo de transmitir patógenos y plagas por medio de la semilla es muy alto, como en este caso, que se encontraron plagas exóticas, propias de Argentina y que en México no se habían reportado como son: la larva aterciopelada (*Chauliognathus scriptus* Germ) y la roya blanca (*Albugo tragopogonis*). Dichas plagas tuvieron alto impacto en la disminución

del rendimiento en el municipio de Zumpango, mientras que en la FES-Cuautitlán, se observó la pérdida de plántulas por ataque de esta larva (Anexo 8).

Por lo que respecta a las enfermedades, al observar los primeros síntomas en las plantas durante la etapa vegetativa, se decidió aplicar el fungicida Amistar (Azoxistrobina), que a pesar de no ser el producto adecuado contra esas enfermedades, llegó a controlarlas y con esto, minimizar su impacto perjudicial. Este fungicida actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, muy eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo inicial del patógeno. Además, la Azoxistrobina posee actividad translaminar, otorgando una mejor eficacia en cultivos densos. Su efecto de contacto y prolongada residualidad, aseguran la protección de las hojas, retardando la senescencia y manteniéndolas verdes por más tiempo, lo que favorece el llenado de granos (Syngenta, 2017).

Desafortunadamente para el caso de estos dos problemas fitosanitarios no existen métodos de control y sobre todo, enemigos naturales en México, lo que pone en riesgo la productividad agrícola, al enfrentarse con una amenaza de esta índole. Se debe hacer un mayor esfuerzo para prevenir la entrada de patógenos exóticos al país; fomentar la investigación para elaborar insumos nacionales que se requieren en el sector agrícola. Esto permitirá al agricultor contar con los productos a tiempo, y al país, dejar de depender del extranjero para enfrentar una emergencia en particular.

Con el desarrollo de este trabajo se busca apoyar con datos de campo, el fomento a la siembra del cultivo de girasol en la región Cuautitlán-Zumpango-Tecámac-Texcoco, Estado de México, ya que a pesar de que México es el país de origen de este cultivo, lo cual debería representar identidad y cultura, su producción ha sido muy intermitente en los últimos años.

El girasol es un cultivo que podría aportar mayores beneficios económicos a los productores agrícolas, quienes han visto mermado el rendimiento de los cultivos de maíz y cebada, que se han sembrado con anterioridad, aunque deberán contar con mayor capacitación e insumos para producir de forma exitosa. Asimismo, es importante mencionar que la forma de comercialización de este grano se da por agricultura de contrato, lo que asegura a los agricultores la venta de su producto.

Al ser el girasol un cultivo de reciente introducción en el estado, se tiene desconocimiento de su manejo por parte de la mayoría de los agricultores, por lo que se espera que este documento brinde información sobre el sistema de producción del cultivo. Lo que se convierte en una oportunidad para generar un cambio en el Estado de México, pero para generar un cambio positivo, es importante realizar más investigación en esta área, la cual, permita acercar a los productores a un mejor manejo y aprovechamiento de este cultivo.

VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el cultivo de girasol, motivo del presente trabajo, presentó respuestas diferenciales según la fecha de siembra y las fuentes nutrimentales aplicadas, en las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación.

En la fecha de siembra del 10 de junio se obtuvo 6.5 % más rendimiento de grano comparado con la del 25 de junio, debido a la influencia de la temperatura y precipitación durante las primeras etapas del cultivo.

Las siembras tardías tendrán un efecto negativo durante la floración debido a la presencia de la sequía intraestival y la proximidad de la ocurrencia de heladas para el mes de octubre.

El ciclo de desarrollo del girasol fue intermedio-largo, en comparación a lo que establece la ficha técnica de la variedad, donde se menciona que es de ciclo corto (Anexo 3).

Este ciclo intermedio-largo está directamente relacionado a las condiciones ambientales presentes en la región de estudio durante el desarrollo del cultivo.

Con relación a las fuentes nutrimentales empleadas, la aplicación de biofertilizante produjo el mayor rendimiento promedio con 3.75 t ha⁻¹, seguido de la fertilización química con 3.66 t ha⁻¹. El menor rendimiento obtenido fue con la aplicación de lombricomposta, con 3.10 t ha⁻¹.

El diámetro del capítulo, en promedio fue de 26.0 cm; el capítulo más grande fue de 27.7 cm, perteneciente a la siembra del 25 de junio y con la aplicación de biofertilizante; el más pequeño fue de 24.4 cm, en la fecha del 10 de junio, sin aplicación de fuente nutrimental.

El promedio de número de semillas por capítulo fue de 1,388.8; en cuanto al promedio de semillas vanas, este fue del 11 %, lo que indicó un buen llenado de capítulo. El peso más alto de las semillas se presentó en las que se les aplicó biofertilizante, aunque, el peso total de la muestra fue mayor en la segunda fecha de siembra.

Al realizar la matriz de correlación de Pearson, mostró que el diámetro del capítulo tuvo una relación positiva de 0.37 con el rendimiento, asimismo, el peso de 100 semillas presentó relación positiva de 0.80 con el diámetro de capítulo; esto permite enfatizar que al tener el diámetro de capítulo más grande con la aplicación de biofertilizante, se obtiene un mayor rendimiento en comparación de otras fuentes aplicadas.

El porcentaje de aceite obtenido se mantuvo en niveles favorables, los cuales fluctuaron entre el 25 y el 40 %, por lo que la aplicación de fuentes nutrimentales orgánicas no disminuye este porcentaje con respecto al uso de fertilizantes inorgánicos.

Al aplicar fuentes orgánicas como el biofertilizante, lixiviados y lombricomposta, se disminuyen los costos de producción lo que representa una buena práctica económica y de beneficio al ambiente.

El empleo de variedades con origen en otro país, representa un alto riesgo de transmitir patógenos y plagas por medio de la semilla, como lo observado en la presente investigación.

En términos generales, los datos obtenidos en esta investigación, son producto y reflejo en parte del nivel de fertilidad del suelo donde se trabajó, asociado a las condiciones ambientales presentes durante el ciclo P-V 2016.

Por lo anterior, la variedad de girasol SYN 3950 HO, se adaptó favorablemente a las condiciones de humedad y temperatura de un clima templado subhúmedo, con lluvias de verano, que caracteriza a la zona de estudio.

El girasol es un cultivo de reciente introducción en el Estado de México, por lo que se tiene un desconocimiento de su manejo por parte de la mayoría de los agricultores, por lo que se espera que este documento brinde información sobre el sistema de producción de este.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el girasol se siembre antes del 25 de junio, debido a que las condiciones ambientales, después de esta fecha pueden impactar negativamente al cultivo.

El uso de productos orgánicos como fuente nutrimental es muy recomendable para este cultivo, y la combinación de estos ayuda a disminuir el costo de producción, así como mejorar las características del suelo, por lo tanto, se recomienda continuar con la evaluación de la aplicación de fuentes orgánicas asociadas y/o alternadas, en la nutrición de este cultivo.

Es importante la aplicación de composta a los suelos de uso agrícola, ya que permite mejorar la fertilidad del mismo, lo que ayuda al desarrollo de los cultivos, y por ende, beneficia a los productores a obtener mayores rendimientos.

Finalmente, esta variedad SYN 3950 HO, de girasol necesita contar con un portafolio de productos químicos para contrarrestar el daño que puedan generar enfermedades y/o insectos, puesto que se observó sensibilidad al ataque de enfermedades en la época de mayor humedad ambiental.

VII. LITERATURA CITADA

1. 2000Agro Revista industrial del campo. 2016. Aumenta cultivo de girasol en el Estado de México. En <http://www.2000agro.com.mx/floricultura/aumenta-cultivo-girasol-estado-mexico/>. Fecha de consulta el 16 de octubre de 2017.
2. Abawi, G.S., Thurston, H.O. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de coberturas sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. CATIE-CIIFAD. 97-108 p.
3. Aguilar, B.C., Peña, V.C.B., García, N.J.R., Ramírez, V.P., Benedicto, V.S.G., Molina, G.J.D. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. Agrociencia 46(1): 37-50.
4. Aguilar, C.C., Escalante, E., Salvador, J.A., Aguilar, M.I. 2015. Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. Terra Latinoamericana. 33: 51-62.
5. Aguirre, M.J.F., Mendoza, L.A., Cadena, I.J., Avendaño, A.C.H. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum basilense* tarrand, krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. Interciencia. 32 (8): 541-546.
6. Aguirre, M.F., Durán, P.A., Peña, R.A., Grageda, C.O., Martha B.G., Garza, I. 2012. Micorriza INIFAP: Biofertilizante para el Campo Mexicano. Capítulo 9. En: Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. Aguado Santacruz G.A. (ed). México. 236-251 pp.
7. Aguirrezábal, L.A.N., Orioli, G.A., Hernández, L.F., Pereyra, V.R., Miravé, J.P. 2001. Girasol Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Primera edición.: INTA. Buenos Aires, Argentina. 111 pp.
8. Agroestrategias. s/f. En: <http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fenologia%20del%20Cultivo%20de%20Girasol.pdf>. Fecha de consulta el 05 de junio de 2016.
9. Alarcón, A., Ferrera, C.R. 1999. “Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de frutales”, Terra Latinoamericana. 17:179-19.
10. Alarcón, A., Ferrera, C.R. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agric. Tec. Mex. 26: 191-203.
11. Alba, O., Llanos, C. 1990. El cultivo del girasol. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España.
12. Alonso, L.A., López, C.J.L., Barois, B.I., Palafox, C.A., Quiñones, M.E. 2015. Evaluación de lombricomposta y tezontle en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(5): 967-975.

13. Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Abril, 2001. IICA.
14. Arancón, N.Q., Lee, S., Edwards, C.A., Atiyeh, R.M. 2003. Effects of humic acids and aqueous extracts derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. *Pedobiologia (Jena)*. 47:744-781
15. Arija, I., Viveros, A., Brenes, A., Canales, R. 1999. Estudio del valor nutritivo de la semilla de girasol entera descascarillada en raciones de pollos. En: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/02_03_12_01arija.pdf. Fecha de consulta 21 de junio de 2016.
16. Arribas, J.I. 2014. Sunflowers. En: *Sunflowers*. New York: NOVA, pp. 4, 7, 8.
17. Asociación Argentina de Girasol (ASAGIR). 2008. Aspectos nutricionales de la semilla y el aceite de girasol. En: <http://www.asagir.org.ar/asagir2008/pdf/4-Calidad%20y%20Usos.pdf>. Fecha de consulta 21 de junio de 2016.
18. Asociación Argentina de Girasol (ASAGIR). 2003. Girasol usos. En: http://www.asagir.org.ar/cuad_4.pdf. Fecha de consulta 07 de mayo de 2016.
19. Baldani, V.L.D., Álvarez de B, M.A., Baldani, J.I. y Döbereiner, J. 1986. Establishment of inoculated *Azospirillum* sp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. *Plant Soil* 90: 35-46.
20. Barrios, A.A., Turrent, F.A., Cortés, F.J.I., Ortiz, S.C.A., Gómez, M.N.O., Martínez, G.A. 2004. Interacción genotipo x prácticas de manejo en híbridos de maíz. Efecto sobre el diseño de recomendaciones. *Fitotecnia*. 4:399-408.
21. Bartosik, R., Abadia, B., Cardoso, L. De la Torre, D., Maciel, G. 2015. Almacenamiento y acondicionamiento del girasol. En: <http://www.asagir.org.ar/descargar-archivo-81/archivos/0bd22f6796c43c4cae099f84c87122fb> Fecha de consulta el 02 de mayo de 2016.
22. Bashan, Y., Holguin, G., Ferrera, C.R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos *Azospirillum*. *Terra Latinoamericana* 14:159- 183.
23. Baud, S., Lepiniec, L. 2010. Physiological and developmental regulation of seed oil production Review Article. *Prog Lipid Res* 49: 235-249.
24. Bellone, C.H., Carrizo de Bellone, S., Monzón de Asconegui, M.A. 1999. *Azospirillum* en el interior de las raíces de Caña de Azúcar (*Saccharum* sp. L.). II Reunión Científica Técnica-Biología del suelo-Fijación Biológica del Nitrógeno. Universidad Nacional de Catamarca. FCA. pp. 263-265.
25. Benacchio, S.S. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropec. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

26. Berti, D.M., Wilckens, E.R., Hevia, H.F., Montecinos, L.A. 2003. Influencia de la fecha de siembra y de la procedencia de la semilla en el rendimiento de capítulos de *Calendula officinalis* L., durante dos temporadas en Chillán. *Agric. Téc.* 63(1):3-9.
27. Bethlenfalvay, G.J., Bashan, Y., Carrillo, G.A. 2007. Mycorrhizae as biological components of resource islands in the Sonoran desert. Capítulo 7. En: *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos*. Montaña, A.N.M., Camargo R.L.S., García, S.R., Monroy, A.A. (eds.). Edit. Mundi Prensa. Ciudad de México. 98-108 p.
28. Bigler, D. 2010. Consideraciones generales para el cultivo de girasol. Ficha técnica. Dow AgroSciences Paraguay S. A. Paraguay. 9 p.
29. Boddey, R.M., De Oliveira, O.C., Urquiaga, S., Reis, V.M., De Olivares, F.L., Baldani, V.L.D., Döbereiner, J. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: Contributions and prospects for improvement. *Plant Soil* 174: 195-209.
30. Borges, B.L.E., Altoé, B.M., Bazoni, G.V., Pasqualoto, C.L., Lopes, O.F., Bressan, S.R. 2009. Desempenho do abacaxizeiro 'vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimatação. *R. Bras. Ci. Solo.* 33: 979-990.
31. Borges, B.L.E., Altoé, B.M. 2015. Growth and production of ornamental sunflower grown in the field in response to application of humic acids. *Ciência Rural, Santa Maria.* 45(5): 1000-1005.
32. Bye, R., Linares, E., Lentz, D.L. 2009. México: centro de origen de la domesticación del girasol. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas.* 12: 5-12.
33. Camel, S.B., Reyes, S.M. G., Ferrera, C.R, Franson, R.L., Brown, M.S., Bethlenfalvay G.J. 1991. Growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal mycelium through bulk soil. *Soil Science Society of America Journal.* 55: 389-393.
34. Castañeda, S.M.C., Gómez, G.G., Tapia, C.E., Núñez, M.O., Barajaz, P.J.S., Rujano, S.M.L. 2013. Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) *Interciencia.* 38(10): 737-744.
35. Castillo, C.J.B., Caamal, M.J.A. 2011. Efecto de la fecha de siembra del frijol terciopelo (*Mucuna sp.*) como cultivo de cobertera en el rendimiento de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14(1): 101-108.
36. Centro de corredores y agentes de la bolsa de Cereales. 2013. Ciclo ontogénico del girasol. En: <http://www.centrodecorredores.com.ar/girasolciclogenico.asp?nom=ciclo%20ontog%EBnico>. Fecha de consulta 09 de agosto de 2017.
37. Chen, Y., Aviad, T. 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: *Humic substances in soil and crop sciences: Selected Reading*, MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R.L., Bloom, P.R. (Eds). Soil Science Society Am., Madison, WI., 161-187.

38. Codex alimentarius. 1999. Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organic produced products. GL-32 - 1999. Rev. 2001.
39. Comité Nacional Sistema-Producto de Oleaginosas. 2008. El girasol regresa a casa. En: <http://www.oleaginosas.org/cargas/boletin18.pdf>. Fecha de consulta 08 de mayo de 2016.
40. Comité Nacional Sistema-Producto de Oleaginosas. 2008a. Girasol, situación actual, mundial y nacional. En: http://www.oleaginosas.org/impr_237.shtml. Fecha de consulta 07 de mayo de 2016.
41. Comité Nacional Sistema-Producto de Oleaginosas. 2015. Girasol, situación actual, mundial y nacional. En: <http://www.oleaginosas.org>. Fecha de consulta 12 de abril de 2016.
42. CONABIO. s/f. *Helianthus annuus* L. En: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/helianthus-annuus/fichas/ficha.htm>. Fecha de consulta 14 de junio de 2016.
43. Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants New York.
44. Cruz, C.J.G., Torres, L.P.A., Alfaro, C.M., Albores, M.L., Murguía, G.J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz "*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. Chapingo. 14(2): 207-212.
45. Díaz, F.A., Ortegón, M.A.S., Ramírez, L.J.A. 2007. Competitividad productiva de cuatro híbridos de okra en fechas de siembra en el Norte de Tamaulipas. Agricultura Técnica en México. 33(1): 25-32.
46. Díaz, Z.M., Duarte, A.G., Plante, E. 2003. El cultivo del girasol. En: http://www.asagir.org.ar/Publicaciones/cuadernillo_web.pdf. Fecha de consulta 07 de mayo de 2016.
47. Döbereiner, J., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Ahmad, N. 1995. Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. Nitrogen economy in tropical soil. Fertil. Res. 42: 339-346.
48. Domini, M. E., Álvarez, M., Moya, C. 1996. Nuevas variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para consumo fresco en condiciones tropicales. Cultivos Tropicales. 17(1): 52-53.
49. Echegaray, A.A. 1995. El ciclo del nitrógeno y fases que lo constituyen. pp. 7-35. In: Ferrera-Cerrato, R. y J. Pérez M. (eds.). Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
50. Escalante, E.L.E., Escalante, E.Y.I., Linzaga, E.C. 2007. La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. Agronomía Costarricense 31(2): 95-100.

51. Escalante, E. J.A.S., Rodríguez, G.M.T., Escalante, E.Y.I. 2015. Fenología, biomasa y rendimiento de cultivares de girasol en Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2: 307-311.
52. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Manejo del suelo producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín* 56:180.
53. FEDEA. 2015. Red de ensayos de girasol del oeste, 2013-2014. En: <http://www.fedea.com.ar/uploads/pdf/regio20132014.pdf>. Fecha de consulta el 14 de junio de 2016.
54. Ferrea, C.R., Alarcon, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*. 8 (2): 175-183.
55. Forsberg, R.A., Reeves, L.D. 1995. Agronomy of oats. In: the oat crop. Welch, R.W. 2th. Chaoman and Hall. Great Britain. 584:223-244.
56. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). s/f. Semilla girasol. En: http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/semilla-girasol. Fecha de consulta el 20 de junio de 2016.
57. Gallegos, B.C.C., Velazco, E.T. 1970. El cultivo de girasol en la mesa central. Circular CIB No. 30. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 16 p.
58. García, B.J. 1971. El girasol oleaginoso. En: http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1971_10.pdf. Fecha de consulta 24 de abril de 2016.
59. García, O.J.G., Moreno, M.V.R., Rodríguez, L.I.C., Mendoza, H.A., Mayek, P.N. 2006. Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. *Agricultura Técnica en México*. 32(2): 135-141.
60. Gómez, R.S., Angeles, M.L., Méndez, R.J.J.A., Reséndiz, C.M.G., Sánchez, B.R. 2013. Uso de lixiviados de lombriz para la producción de forraje verde. En: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3841/FISIO_01020886300053822.pdf%3Bsequence%3D1&gws_rd=cr&dcr=0&ei=NuIBWt-XLoeKjwSGs4aQDw Fecha de consulta el 08 de noviembre de 2017.
61. Gómez, S.N.D., Espinoza, Z.C., López, H.J., Castro, R.V., Álvarez, A.S. 2011. 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.
62. González, M.J.C., Hernández, C.U., Orozco, G.R., Sánchez, V.J. 2014. El resurgimiento de la producción de girasol en Zacatecas. En <http://grupoinformador.com.mx/2014/04/09/5621/resurgimiento-de-la-produccion-de-girasol-en-zacatecas>. Fecha de consulta 12 de abril de 2016.

63. Greenpeace. 2016. Basura cero. En: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Toxicos/basura-cero/> Fecha de consulta 11 de septiembre de 2016.
64. Guerra, J.G.M., Santos, G.deA., Silva, L.S. Camargo, F.A.O. 2008. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos, G.A. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, p.19-26.
65. Gupta, U. C. 2007. Boron. In: Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (Eds). Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA. 241-277 pp.
66. Haro, R.P.A., García, J., Reyes, V.M.C., Humberto, M., 2007. Determinación materna del contenido de aceite en semillas de girasol. Revista Fitotecnia Mexicana. 30(1): 39-42.
67. Hernández, A. 1995. Fases fenológicas de dos genotipos de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) en cuatro fechas de siembra. Cultivos Tropicales. 16(3): 64-68.
68. Hernández, A.A., Ponce, G.M.G. 2011. El girasol en el Uruguay. Análisis de la NIC 41 agricultura y su aplicación en la contabilización del cultivo. En: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/376/1/M-CD4285.pdf>. Fecha de consulta 24 de abril de 2016.
69. Hernández, C.N., Soto, C.F., Plana, L.R. 2015. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. Cultivos Tropicales. 36(1): 86-92.
70. Hernández, M.J.A., Castillo, G.A.M., Pérez, B.M.H., Avitia, G.E.A., Trejo, T.L.I., Osuna, G.J.A., García, M.R. 2015. Fertilización con boro y su relación con la producción de frutos sin semilla en mango 'Ataulfo'. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(8): 1757-1768.
71. Hernández, M.M., Cetina, A.V.M., González, C.M.C., Cervantes, M.C.T. 2006. Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. Terra Latinoamericana. 24 (1): 65-73.
72. Hodge A., Fitter, A.H. 2010. Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling. PNAS 107: 13754- 13759.
73. Hoitink, H.A.J., Kuter, G.A. 1986. Effects of composts in growth media on soil borne pathogens. Chen, Y. y Avnimelech. The role of organic matter in modern agriculture. Martinus Nijhoff. Dordrecht, The Netherlands. 289-306 pp.
74. INIFAP. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. En: <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/PotAgric/GirasolT.pdf>. Fecha de consulta 25 de julio de 2016.
75. INIFAP. 2013. Tecnología para la producción de girasol en el Estado de Hidalgo. En: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4082/01020884_900050740_CIRCE.pdf?sequence=1. Fecha de consulta 28 de junio de 2016.

76. INIFAP. s/f. Requerimientos agroecológicos de cultivos. En: <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgr oecologicos.pdf>. Fecha de consulta 15 de junio de 2016.
77. Iriarte, L.B. 2013. Evaluación de cultivares tradicionales y alto oleico de girasol campaña 2012/13. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_evaluacion_de_cultivares_tradicionales_de_gira.pdf. Fecha de consulta el 26 de julio de 2016.
78. Ivan, L.E., Iglesias, C.M., Sotelo, E.C., Trevisan, O.W. 2006. Ensayo de biofertilización en girasol utilizando inoculantes con *Azospirillum brasilense*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad del Nordeste. Corrientes, Argentina. 3pp.
79. Jall, A.J. 1980. Los componentes fisiológicos del rendimiento de los cultivos. Rev. Facultad de Agronomía. 1(1): 73-86.
80. Jasso, C.D., Phillips, S.B., Rodríguez, G.R., Angulo, S.J.L. 2003. Girasol: producción de grano, contenido de aceite y composición de ácidos grasos de variedades cultivadas bajo temporal en el norte de México. En: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/oleaginosas/girasol.pdf>. Fecha de consulta 24 de abril de 2016.
81. Jung, S.C., Martinez, M.A., Lopez, R.J.A., Pozo, M.J. 2012. Mycorrhiza induced resistance and priming of plant defenses. J. Chem. Ecol. 38: 61-664.
82. La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). s/f. Guía del Manejo Integrado de Plagas (MIP) para técnicos y productores. En: http://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf Fecha de consulta 25 de julio de 2016.
83. Llaven, V.G. 2009. Producción de girasoles orgánicos (*Helianthus annuus* L) con características ornamentales aplicando dos tipos de composta, lombricomposta y composta en condiciones de campo. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
84. Loose, L.H., Heldwein, A.B., Lucas, D.D.P., Hinnah, F.D., Bortoluzzi, M.P. 2017. Sunflower emergence and initial growth in soil with water excess. Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering. 37(4):644-655.
85. Loredó, O.C., López, R.L., Espinosa, V.D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. Terra Latinoamericana. 22(2): 225-239.
86. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press. San Diego, California, USA. 889 pp.
87. Martínez, M.B.A., Escamilla, F.G., Rodríguez, O.A., Gómez, M.R., Barrón, Y.R.M. 2017. Evaluación de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en régimen de temporal en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Ingeniería en Agrotecnología, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Hidalgo, México. 61 pp.

88. Martínez, F.E., Garcés, R., Muñoz, R.J., Fernández, M.J.M. 2007. Plantas, semillas y aceites de girasol con un contenido alto de oleico y alto de esteárico. En: https://www.researchgate.net/publication/39392892_Plantas_semillas_y_aceites_de_girasol_con_un_contenido_alto_de_oleico_y_alto_de_estearico. Fecha de consulta 21 de junio de 2016.
89. Martínez, J.F., Muñoz, J., Arnaud, J.G. 1993. Performance of near-isogenic high and low oleic acid hybrids of sunflower. *Crop Sci.* 33:1158–1163.
90. Martínez, R.H. 1973. Evaluación de herbicidas para el control de malas hierbas en el cultivo de girasol. Tesis licenciatura. ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
91. Matthaus, B., Aitzetmüller, K., Friedrich, H. 2003. The new database "Seed oil Fatty Acids" (SOFA). *Grasas y Aceites.* 54: 188-193.
92. Mercado, M.G. 2017. Datos climáticos de la estación meteorológica de la FES-C. Archivo de uso interno. FES-C, UNAM. México.
93. Mora, O.J., Fernández, M.J.M. 1996. Aceite de semilla de girasol de muy alto contenido en ácido esteárico. En: http://www.espatentes.com/pdf/2082717_a1.pdf. Fecha de consulta 21 de junio de 2016.
94. Morales, F.J. 2015. Definición de la fecha óptima de siembra del cultivo de girasol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S. Tesis de Licenciatura. FES-C, UNAM. México. 45 p.
95. Morales, M.E.J., Morales, R.E.J., Díaz, L.E., Cruz, L.A.J., Medina, A.N., Guerrero, D.C.M. 2015. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. *Agrociencia.* 49(2): 163-176.
96. Morales, R.E.J. Escalante, E.J.A. López, S.J.A. 2007. Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Heliantus annuus* L.)-Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo. *Ciencia Ergo Sum.* 14(2): 177-183.
97. Moreno, O., Cruz, I., Herrera, H., Turrent, A., 2012. Optimización de seis factores productivos para el girasol. *Terra Latinoamericana.* 30(1): 89-96.
98. Muñoz, J., Velásquez, M., Salvador, E., Macías, H. 2013. El uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo serie Zonas Áridas,* I(10): 27-32.
99. Müller, M.T., Sandini, I.E., Domingos, R.J., Huzar, N.J., Basi, S., Hyczy, K.T. 2016. Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. *Ciencia rural.* 45 (2): 210-215.
100. 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. Desplegable para productores No. 21. INIFAP. Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California. México.

101. Newton, N.T., Pavinato, P.S., Hombrich, L.L., Zielinsk, R.P., Refatti, R. 2012. Spatial distribution of sunflower cultivars and the relationship between growth features. *Revista Ciência Agronômica*. 43(2): 338-345.
102. Nieto, M.F. 1987. Parámetros de estabilidad, parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas en girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. p 69-70.
103. Nieto, G.A., Murillo, A.B., Troyo, D.E., Larrinaga, M.J., García, H.J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
104. Nogales, R., Cifuentes, C., Benítez, E. 2005. Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health Part B*. 1234: 659-673.
105. Ojeda, B.W., Sifuentes, I.E., Unland, W.H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia* 40:13-25.
106. Ortégón, M.A.S., Escobedo, M.A., Loera, G.J., Díaz, F.A., Rosales, R.E. 1993. El girasol. Edit. TRILLAS. México, D.F. 15-20 p.
107. Ortiz, U.N., Mejía, C.A., López, C.M. 2003. Respuesta del algodónero al acolchado plástico y fechas de siembra. *Fitotecnia Mexicana*. 26(3): 141-145.
108. Osuna, A.J.D., Ávalos, C.R., Navarro, A.J.A.C., Sánchez, H.M., Gutiérrez, P.E. 2012. Fechas de siembra, variedades e híbridos de girasol para el valle de Santo Domingo, B.C.S. Avances 2011. Desplegable para productores No 22. SAGARPA-INIFAP.
109. Pecina, Q.V., Díaz, F.A., Williams, A.H., Rosales, R.E., Garza, C.I. 2005. Influencia de fecha de siembra y de biofertilizantes en sorgo. *Fitotecnia Mexicana*. 28(4): 389-392.
110. Pedroza, S.A., Yáñez, G.L.G., Sánchez, C.I., Samaniego, G.J.A. 2015. Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Fitotecnia Mexicana*. 38(4): 375-381.
111. Pérez, C.J. 1995. La simbiosis ectomicorrízica y su importancia ecológica. *Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México.
112. Pérez, C.J. 1998. La ectomicorriza, una simbiosis mutualista útil en el sostenimiento de Gaia, el planeta viviente. *Manejo de agroecosistemas sostenibles*. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México.
113. Pérez, C.J. 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. *El cotidiano*. 21 (139): 101-106.
114. Pérez, R.J.A., Zamora, D.M., Mejía, C.J.A., Hernández, L.A., Solano, H.S. 2016. Evaluación de 10 genotipos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en cinco fechas de siembra y dos ciclos agrícolas. *Agrociencia*. 50(2): 201-213.

115. PIONEER. 2012. Fases de desarrollo del cultivo de girasol y factores determinantes del rendimiento. Boletín Técnico Pioneer. Buenos Aires, Argentina. 4 pp.
116. Preciado, R.P., García, H.J.L., Segura, C.M.A., Salas, P.L., Ayala, G.A.V., Esperanza, R.J.R., Troyo, D.E. 2014. Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. Terra Latinoamericana. 32(4): 333-338.
117. Quadros, P.D. 2014. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. Ceres. 61(2): 209-218.
118. Ramírez, S.L.F., Alcántar, G.G., Ortega, E.M., Escalante, E.A., Soto, H.M., Sánchez, G.P. 1998. Fertilización foliar orgánica e inorgánica y rendimiento de sorgo en condiciones de salinidad. Terra Latinoamericana. 16(3): 205-210.
119. Ramírez, D.J.L., Wong, P.J.J., Ruiz, C.J.A., Chuela, B.M. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. Fitotecnia Mexicana. 33(1): 61-68.
120. Reyes, P.J.J., Murillo, A.B., Nieto, G.A., Troyo, D.E., Reynaldo, E.I.M., Rueda, P.E.O., Guiridilzquierdo, F. 2014. Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. 46(2): 149-162.
121. Reyes, P.J.J., Murillo, A.B., Nieto, G.A., Troyo, D.E., Reynaldo, E.I.M., Rueda, P.E.O., Hernández, M.L.G., Preciado, R.P., Beltrán, M.A., Rodríguez, F.F., López, B.R.J. 2016. Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrarias. 7(6): 1375-1387.
122. Robles, S.R. 1982. Producción de oleaginosas y textiles. Ed. Limusa. México. 437 pp.
123. Rodríguez, D.N., Cano, R.P., Figueroa, V.U., Favela, C.E., Moreno, R.A., Márquez, H.C., Ochoa, M.E., Preciado, R. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana 27: 319-327.
124. Rueda, P.E.O., Barrón, H.J., Hallman, J. 2009. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal. 1a ed. Plaza y Valdés. México. 141 pp.
125. SAGARPA. 2011. Estudio de gran visión económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. En: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf. Fecha de consulta 15 de junio de 2016.
126. SAGARPA. 2014. Incluye SAGARPA cultivos de girasol y ajonjolí como alternativas de oleaginosas para el ciclo primavera-verano 2014. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tamaulipas/boletines/Paginas/2014B172.aspx> Fecha de consulta 07 de mayo de 2016.
127. SAGARPA. 2016. Cultivo de girasol, una alternativa para el noroeste de México: INIFAP. En: <http://www.gob.mx/sagarpa/prensa/cultivo-de-girasol-una-alternativa-para-el-noroeste-de-mexico-inifap-18317>. Fecha de consulta 20 de junio de 2016.

128. SAGARPA. s/f. Manejo integrado de plagas. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf>. Fecha de consulta 25 de julio de 2016.
129. Saggin, O.J., Siqueira, J.O., Colozzi, F.A., Oliveira, E. 1992. A infestação do solo com fungos micorrízicos no crescimento post-transplante de mudas de cafeeiro não micorrizadas. Rev. Bras. Cienc. Solo 16: 39-46.
130. Salazar, S.E., Trejo, E.H.I., López, M.J.D., Vázquez, V.C., Serrato, C.S.J., Orona, C.I., Flores, M.J.P. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. Terra Latinoamericana. 28(4): 381-390.
131. Salinas, R.N., Escalante, E.J.A., Rodríguez, G.M.T., Sosa, M.E. 2008. Rendimiento y calidad nutricional de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. Fitotecnia Mexicana. 31(3): 235-241.
132. Sánchez, D.S., Vidal, B.J. 2015. Vermicomposta y sustentabilidad: respuesta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal a la aplicación de enmienda orgánica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1: 441-444.
133. Schneiter, A.A., Miller, J.F. 1981. Description of Sunflower Growth Stages. Crop Science. 21: 901-903.
134. Seldin, L., Soares, R.A., Cruz, D., Nobrega, A., Dirk, J.E., Paiva, E. 1998. Comparison of *Paenibacillus azotofixans* strains isolated from rhizoplane, rhizosphere and non-root-associated soil from maize planted in two different Brazilian soils. Appl. Environ. Microbiol. 64(10): 3860-3868.
135. SEMARNAT. 2012. Residuos. En: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf Fecha de consulta 11 de septiembre de 2016.
136. SENACYT. 2010. Efecto de la densidad de siembra en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) en la Granja Experimental PUCESI, Provincia de Imbabura. Ecuador.
137. SIAP. 2016. Producción girasol. En: http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp Fecha de consulta 10 de marzo de 2017.
138. Siddiqui, M.D., Brown, F.I., Allen J.S. 1975. Growth stages of sunflower and intensity indices for white blister and rust. Plant Disease Report. 59(1): 7-11.
139. SINAREFI. 2015. Red girasol. En: http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_girasol.html Fecha de consulta el 30 de mayo de 2017.
140. Soares, A.L., Torres, C.J.C.V., Silvestre, F.M., Santos, A.M., Souza, S.R. 2016. Soluble fractions and kinetics parameters of nitrate and ammonium uptake in sunflower ("Neon" Hybrid). Revista Ciência Agrônômica 47(1): 13-21.

141. Soares, A.L., Martinez, S.E.M.L., Zonta, E., Silvestre, F.M., Santos, A.M. Souza. 2017. Different nitrogen and boron levels influence the grain production and oil content of a sunflower cultivar. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*. 39(1): 59-66.
142. Syngenta. 2014. Manual de Tecnología. Girasol. En: http://www.syngentaenvivo.com.ar/2014/manual/files/girasol_syn3950ho.htm. Fecha de consulta el 30 de mayo de 2016.
143. Syngenta. 2017. Amistar. En: <https://www.syngenta.com.ar/product/crop-protection/fungicida/amistar>. Fecha de consulta el 30 de mayo de 2017.
144. Syngenta. 2017a. Gesagard Auto. En: <https://www.syngenta.com.ar/product/crop-protection/herbicida/gesagard>. Fecha de consulta el 30 de mayo de 2017.
145. Trejo, E.H.I., Salazar, S.E., López, M.J.D., Vázquez, V.C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(5): 727-738.
146. Usma, M. C., Gallego, B., Delgadillo, O. L. 1996. Fenología de la planta de palma (*Astrocaryum standleyinum*) en el bajo rio San Juan, Checo, Colombia. *Cespedesia*. 21(68): 121-132.
147. Valenzuela, B.A., Sanhueza, J. 2009. Aceites de origen marino; su importancia en la nutrición y en la ciencia de alimentos. *Revista Chilena*. 36(3):246-257.
148. Vázquez, M.J. 2001. El Cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) como una Alternativa Económica en México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
149. Vavilov, N.I. 1951. The origen, variation, immunity and breeding of cultivated plant. *Chronica Botanica*, 13(1/6): 1-366.
150. Vázquez, V.C., García, H.J.L., Salazar, S.E., Murillo, A.B., Orona, C.I., Zúñiga, T.R., Rueda, P.E.O., Preciado, R.P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*. 1(4): 363-372.
151. Villarreal, Q.J.A. 2000. Información oral sobre Taxonomía vegetal. Maestro Investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
152. Vital, R.G., Jakelaitis, A., Costa, A.C., Silva, F.B., & Batista, P.F. 2017. Sunflower plant response to simulated drift of glyphosate and trinexapac-ethyl. *Planta Daninha*. 35: 1-13.
153. Vranceanu, A.V. 1977. El Girasol. Edit. Mundi-Prensa. Madrid España.
154. Wiatrak, P.J., Wright, D.L., Morois, J.J., Sprenkel, R. 2004. Corn hybrids for late planting in the Southeast. *Agron. J.* 96:1118-1124.
155. Zaragoza, L.M.M., Preciado, R.P., Figueroa, V.U., García, H.J.L., Fortis, H.M., Segura, C.M.A., Lagarda, M.A., Madero, T.E. 2011. Aplicación de composta en la producción del nogal pecanero. *Chapingo Serie Horticultura*. 17(1): 33-37.

156. Zasoski, R.J. 1991. Effects of nitrogen sources and mycorrhizal inoculation with different species on growth and nutrient composition of young coffee seedlings. *Café Cacao Thé* 35: 121-129.

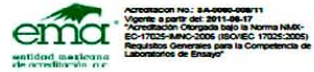
157. Zuil, S. s/f. Ecofisiología de Girasol y Soja. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-fenologia_girasol.pdf. Fecha de consulta el 25 de septiembre de 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis físico y químico del suelo de la parcela experimental, previo a la siembra.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



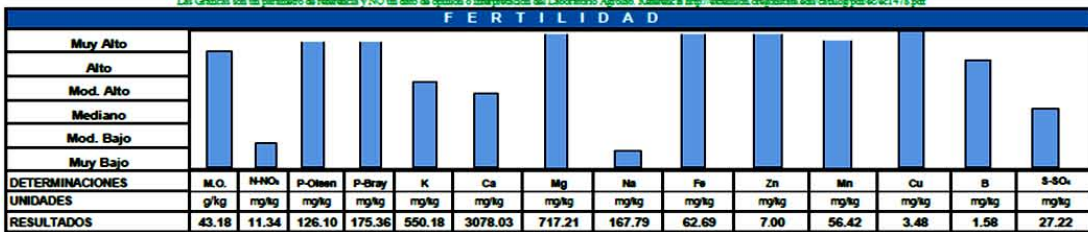
Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR115-TS-11

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION			
Orden de trabajo	9547	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto
Registro de Lab	S-16-852	Lugar de Cosecha	Parcela Fesc
Fecha de Recepción	2016-04-27	Lugar de Muestreo	Parcela Fesc (Parcela Agrícola)
Fecha de Reporte	2016-05-06	Ciudad	Cuatitlan Izcalli
Fecha de Muestreo	20 de Abril de 2016; 12:00 p.m	Estado	Estado de México
Cantidad de Muestra	1.5 Kg	Uso Comercial	Agrícola
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 4.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO				REACCIÓN DEL SUELO			
Arena	340 g/kg	Arcilla	410 g/kg	Limo	250 g/kg	pH (1:2 agua)	6.46
Textura (Método Bouyoucos)	: Arcillosa					pH (1:2 CaCl ₂)	6.12
Punto de Saturación	(est): 550.0 g/kg					pH Temperatura	23.4 °C
Capacidad de Campo	(est): 412.50 g/kg					Conductividad Eléctrica	0.578 dS/m
Punto de March Permanente	(est): 226.88 g/kg					Carbonatos	ND % CaCO ₃



LÍMITES DE DETECCIÓN						
Elemento	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn
Límite de Detección (LOD) mg/kg	0.16	0.13	0.024	0.14	0.43	0.0097

RELACIONES DE BASES DE CAMBIO				
Muy Alto				
Alto				
Mediano				
Bajo				
Muy Bajo				
Relación	Ca/Mg	Mg/K	Ca/Mg/K	Ca/K
Resultados	2.6	4.2	15.1	10.9
Rango Medio	4 - 15	2.5 - 15	8 - 30	10 - 40

PORCENTAJE ACTUAL Y SUGERIDO DE LAS BASES DE CAMBIO							
	H Interc.	Al+++ Interc.	Acidez Total Interc.	Ca++	Mg+	K+	Na+
RESULTADO	0.00	0.00	0.00	15.36	5.90	1.41	0.73
% Actual	0.00	0.00	0.00	65.64	25.22	6.01	3.12
SUGERIDO	0 - 5	0 - 0	0 - 5	65 - 75	15 - 20	4.0 - 7.0	0 - 5

COMENTARIOS		AUTORIZA
<p>ND= No Determinado SD= Sin Dato LOD = Límite de Detección ppm = mg/kg</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, en las determinaciones de pH, Textura, Zn, Fe, Mn, Cu, Ca, Mg, Na y K.</p> <p>Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en el Método de pH es de 36%, Textura de 5%, Na y Mg de 4%, K y Ca de 4.1%, Zn, Fe y Mn de 4.6 % y Cu de 4.2 %, la cual es obtenida por la Tratabilidad.</p> <p>Incertidumbre de la medición estimada conforme a la Norma NMX-CH-140-MNC con factor de cobertura k=2 y un nivel de probabilidad al 95%.</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido. El muestreo es realizado por el cliente.</p> <p>Métodos utilizados: M.O. (Walkley y Black), N-NH₄ (Columna de Cadmia), Boro (Extracción con CaCl₂), S (Extracción con CaH₂P₂O₇), K, Ca, Mg, Na (Extracción con Acetato de Amonio), Fe, Zn, Mn, Cu, No (Extracción con DTPA).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente informe de resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>Las muestras se conservan en el laboratorio 5 días a partir de la fecha en que se reciben.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La página 2 presenta los resultados del Laboratorio en unidades convencionales y solo para fines ilustrativos.</p>		<p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 7138255
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Continuación Anexo 1. Resultados del análisis físico y químico del suelo de la parcela experimental, previo a la siembra.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005

emca
entidad mexicana
de acreditación s.c.

Acreditación No.: S.A.000-008/11
Vigente a partir del: 2011-06-17
Acreditación Otorgada bajo la Norma NMX-EC-17025-INNO-2006 (ISO/IEC 17025:2005)
Requisitos Generados para la Competencia de Laboratorios de Ensayo

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR116-TS-11

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO			
Arena	34 %	Arcilla	41 %
Limo	26 %		
Textura (Método Bouyoucos)	: Arellosa		
Punto de Saturación	(est): 66.0 %	Mod Alto	
Capacidad de Campo	(est): 41.25 %		
Punto de March Permanente	(est): 22.80 %		

REACCIÓN DEL SUELO		
pH (1:2 agua)	6.48	Moderadamente Ácido
pH (1:2 CaCl ₂)	6.12	Moderadamente Ácido
pH Temperatura	23.4 °C	
Conductividad Eléctrica	0.678 dS/m	
Carbonatos	ND	% CaCO ₃


Las Cifras en su parámetro de referencia y NO se dan de espaldas a Interpretación del Laboratorio Agrolab. Referencia <http://www.emca.org.mx/registro-catalogo/publica/1478.pdf>

FERTILIDAD														
	M.O.	N-NO ₃	P-Olsen	P-Bray	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S-SO ₄
Muy Alto														
Alto														
Mod. Alto														
Mediano														
Mod. Bajo														
Muy Bajo														
DETERMINACIONES	M.O.	N-NO ₃	P-Olsen	P-Bray	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S-SO ₄
UNIDADES	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
RESULTADOS	4.32	11.34	126.10	175.36	550.18	3078.03	717.21	167.79	62.69	7.00	56.42	3.48	1.58	27.22

LÍMITES DE DETECCIÓN								
Elemento	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
Límite de Detección (LOD) ppm	0.16	0.13	0.024	0.14	0.43	0.0097	0.061	0.0071

RELACIONES DE BASES DE CAMBIO				
	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
Muy Alto				
Alto				
Mediano				
Bajo				
Muy Bajo				
Relación	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
Resultados	2.6	4.2	15.1	10.9
Rango Medio	4 - 15	2.5 - 15	8 - 30	10 - 40

PORCENTAJE ACTUAL Y SUGERIDO DE LAS BASES DE CAMBIO								
	H Interc.	Al+++ Interc.	Acidez Total Interc.	Ca+++	Mg+	K+	Na+	CIC del Suelo
RESULTADO	mg/100 gr	0.00	0.00	0.00	16.38	6.90	1.41	0.73
	% Actual	0.00	0.00	0.00	66.84	26.22	6.01	3.12
SUGERIDO	% Sugerido	0 - 5	0 - 0	0 - 5	65 - 75	15 - 20	4.0 - 7.0	0 - 5

COMENTARIOS		AUTORIZA
<p>ND= No Determinado SD= Sin Datos LOD = Límite de Detección ppm = mg/kg</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la SEMA, en las determinaciones de pH, Textura, Zn, Fe, Mn, Cu, Ca, Mg, Na y K.</p> <p>Análisis Técnico S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La incertidumbre encontrada en el Método de pH es de 20%, Textura de 2%, Na y Mg de 4%, K y Ca de 4.1%, Zn, Fe y Mn de 4.6% y Cu de 4.2% y la cual se obtiene por la Teoría de Incertidumbre de la medición estandarizada conforme a la Norma NMX-CI-140-MNC con factor de cobertura $k=2$ y un nivel de probabilidad al 95%.</p> <p>La incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido. El muestreo se realizó por el cliente.</p> <p>Métodos utilizados: M.O. (Walkley y Black), N-NO₃ (Columna de Cadmio), Bari (Extracción con CaCl₂), S (Extracción con Ca(OH)₂), K, Ca, Mg, Na (Extracción con Acetato de Amonio), Fe, Zn, Mn, Cu, Ni (Extracción con DTPA).</p> <p>El resultado enviado sólo aplica a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnico S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnico S.A. de C.V. no se responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al nivel de privacidad de Análisis Técnico S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente informe de resultados no será válido si presenta repunturas, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>Las muestras se conservan en el laboratorio 5 días a partir de la fecha en que se reciben.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La página 2 presenta los resultados del Laboratorio en unidades convencionales y solo para fines ilustrativos.</p>		 Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General



Km 7, Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 2. Resultados del análisis físico y químico del suelo de la parcela experimental, posterior a la cosecha.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



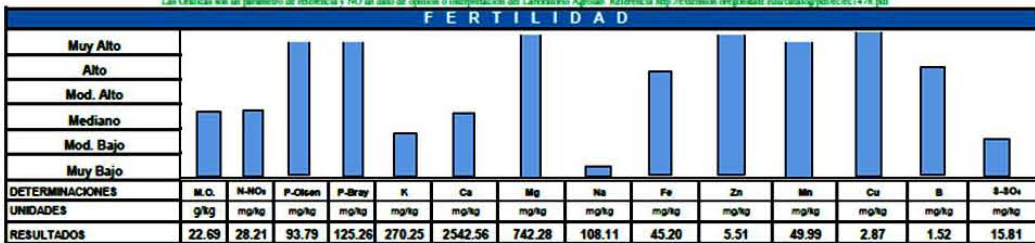
Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisor: AR110-T0-11

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Orden de trabajo	6515	Nombre del Productor	Unam
Registro de Lab	S-17-900	Lugar de Cosecha	Finca
Fecha de Recepción	2017-03-30	Lugar de Muestreo	Unam (Finca)
Fecha de Reporte	2017-04-14	Ciudad	Cuatitlan Izcalli
Fecha de Muestreo	23 de Marzo: 12:00 hrs.	Estado	Estado de México
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agrícola
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: Feso-Almaraz, Etapa de Desarrollo: Sin Cultivo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO		REACCIÓN DEL SUELO	
Arena	130 g/kg	pH (1:2 agua)	6.6 Moderadamente Ácido
Textura (Método Bouyoucos)	: Arcillosa	pH (1:2 CaCl ₂)	6.20 Moderadamente Ácido
Punto de Saturación	(est): 760.0 g/kg Alto	pH Temperatura	22.4 °C
Capacidad de Campo	(est): 570.00 g/kg	Conductividad Eléctrica	0.722 dS/m
Punto de March Permanente	(est): 313.50 g/kg	Carbonatos	ND % CaCO ₃



LÍMITES DE DETECCIÓN									
Elemento	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	
Límite de Detección (LOD) mg/kg	0.16	0.13	0.024	0.14	0.43	0.0097	0.061	0.0071	



PORCENTAJE ACTUAL Y SUGERIDO DE LAS BASES DE CAMBIO						
	H Interc.	Al+++ Interc.	Acidez Total Interc.	Cs++	Mg+	K+
RESULTADO	0.00 meq/100 gr	0.00	0.00	12.63	6.11	0.69
% Actual	0.00	0.00	0.00	63.58	30.61	3.46
% SUGERIDO	0 - 5	0 - 0	0 - 5	65 - 75	15 - 20	4.0 - 7.0

COMENTARIOS		AUTORIZA
<p>ND= No Determinado SD= Sin Dato LOD = Límite de Detección ppm = mg/kg</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la EMA, en las determinaciones de pH, Textura, Zn, Fe, Mn, Cu, Ca, Mg, Na y K.</p> <p>Análisis Técnico S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Inocuidad encontrada en el Método de pH es de 98%, Textura de 9%, Na y Mg de 4%, K y Ca de 4.1%, Zn, Fe y Mn de 4.6 %, y Cu de 4.2 %, la cual se obtiene por la Triazabidol.</p> <p>Incertidumbre de la medición estimada conforme a la Norma NMX-CH-140-MNC con factor de cobertura k=2 y un nivel de probabilidad al 95%.</p> <p>La Inocuidad no se suma ni se resta al resultado obtenido. El muestreo se realizó por el cliente.</p> <p>Métodos utilizados: M.O (Walkley y Black), N-NO₃ (Columna de Cadmio), Boro (Extracción con CaCl₂), S (Extracción con Ca(H₂PO₄)₂·H₂O), K, Ca, Mg, Na (Extracción con Acetato de Amonio) Fe, Zn, Mn, Cu, Mo (Extracción con DTPA).</p> <p>El resultado emitido sólo aplica a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnico S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto.</p> <p>Análisis Técnico S.A. de C.V. no está acreditado en muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnico S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>Las muestras podrán ser desechadas a los 5 días después de la emisión de resultado**, únicamente las muestras para análisis microbiológico serán desechadas 24 h después de ser recibidas.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p> <p>Para dudas o aclaraciones sobre sus resultados, el solicitante tiene un plazo de 5 días hábiles a partir de la fecha de emisión de resultado**.</p> <p>**La emisión del resultado, contempla el Informe final destinado a ser enviado al cliente (PDF).</p> <p>La página 2 presenta los resultados del Laboratorio en unidades convencionales y solo para fines ilustrativos.</p>		<p></p> <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr Pachaca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Continuación Anexo 2. Resultados del análisis físico y químico del suelo de la parcela experimental, posterior a la cosecha.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005

ema
entidad mexicana
de acreditación s.c.
Acreditación No.: SA-0986-2009/11
Vigente a partir del: 2011-08-17
Acreditación Otorgada bajo la Norma NMX-
EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005)
Requisitos Generales para la Competencia de
Laboratorios de Ensayo*

Total de páginas: 1 de 2

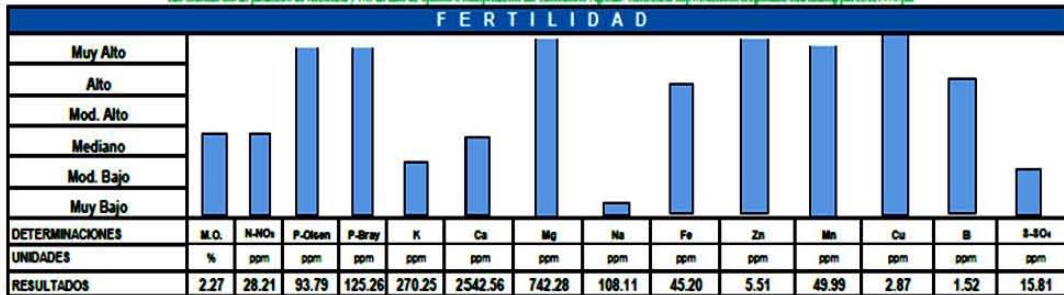
INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR115-TS-11

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO			
Arena	13 %	Arcilla	57 %
Limo	30 %		
Textura (Método Bouyoucos)	Arcillosa		
Punto de Saturación (est):	76.0 %	Alto	
Capacidad de Campo (est):	57.00 %		
Punto de March Permanente (est):	31.35 %		

REACCIÓN DEL SUELO		
pH (1:2 agua)	6.6	Moderadamente Ácido
pH (1:2 CaCl ₂)	6.20	Moderadamente Ácido
pH Temperatura	22.4	°C
Conductividad Eléctrica	0.722	dS/m
Carbonatos	ND	% CaCO ₃


Las Gráficas son un parámetro de referencia y NO un dato de calidad o interpretación del Laboratorio Agrolab. Referencia <http://excmex.org/poner/cobalag/pdf/tecnic1478.pdf>



LÍMITES DE DETECCIÓN								
Elemento	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
Límite de Detección (LOD) ppm	0.16	0.13	0.024	0.14	0.43	0.0097	0.061	0.0071

RELACIONES DE BASES DE CAMBIO				
Muy Alto				
Alto				
Mediano				
Bajo				
Muy Bajo				
Relación	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
Resultados	2.1	8.8	27.2	18.4
Rango Medio	4 - 15	2.5 - 15	8 - 30	10 - 40

PORCENTAJE ACTUAL Y SUGERIDO DE LAS BASES DE CAMBIO								
	H Interc.	Al+++ Interc.	Acidez Total Interc.	Ca++	Mg+	K+	Na+	CIC del Suelo
RESULTADO	0.00	0.00	0.00	12.69	6.11	0.69	0.47	19.96
% Actual	0.00	0.00	0.00	63.58	30.61	3.46	2.36	
SUGERIDO	0 - 5	0 - 0	0 - 5	65 - 75	15 - 20	4.0 - 7.0	0 - 5	

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>ND= No Determinado SD= Sin Dato LOD = Límite de Detección ppm = mg/kg</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la EMA, en las determinaciones de pH, Textura, Zn, Fe, Mn, Cu, Ca, Mg, Na y K. Análisis Técnico S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La Incoeritumbre encontrada en el Método de pH es de 98%, Textura de 9%, Na y Mg de 4%, K y Ca de 4.1%, Zn, Fe y Mn de 4.6 % y Cu de 4.2 %, la cual es obtenida por la Triababilidad.</p> <p>Incoeritumbre de la medición estimada conforme a la Norma NMX-CH-140-IMNC con factor de cobertura k=2 y un nivel de probabilidad al 95%.</p> <p>La Incoeritumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido. El muestreo se realizó por el cliente.</p> <p>Métodos utilizados: M.O (Walkley and Black), N-NO₃ (Columna de Cadmio), Bray (Extracción con CaCl₂), B (Extracción con Ca(H₂PO₄)₂·H₂O), K, Ca, Mg, Na (Extracción con Acetato de Amonio), Fe, Zn, Mn, Cu, Mo (Extracción con DTPA).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnico S.A. de C.V. no está acreditado en muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnico S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>Las muestras podrán ser desechadas a los 5 días después de la emisión de resultados**. Únicamente las muestras para análisis microbiológico serán desechadas 24 h después de ser recibidas.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p> <p>Para dudas o aclaraciones sobre sus resultados, el solicitante tiene un plazo de 5 días hábiles a partir de la fecha de emisión de resultados**.</p> <p>**La emisión del resultado, contempla el informe final destinado a ser enviado al cliente (PDF).</p> <p>La página 2 presenta los resultados del Laboratorio en unidades convencionales y solo para fines ilustrativos.</p>	<p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p> 



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 3. Ficha técnica de la variedad de girasol SYN3950 H0.

SYN3950 H0



Características

Ciclo	Medio
Materia Grasa	Alta
Madurez Relativa	Norte: 101 Oeste: 115 Sur: 125
Días a floración	Norte: 70 Oeste: 68 Sur: 74

Densidad de Plantas a cosecha/M2

Buenas Condiciones	5/5.5
Otras Condiciones	4.5/5

Características de la planta

Color de aquenio	Negro
Posición del capítulo	Muy descendente
Altura de la Planta	Intermedia

Comportamiento frente a enfermedades

Esclerotinia	Altamente Tolerante
Verticillium	Tolerante
Downy mildew resistente a razas	300-330
Roya negra	Resistente

Interacción con el ambiente

Vuelco/Quebrado	Muy Bueno
Estabilidad/Adaptabilidad	Excelente
Competitividad	Alto Potencial de rendimiento, excelente estabilidad. Muy alto contenido de AC Oléico

Anexo 4. Resultados del análisis químico del lixiviado de lombricomposta, empleado en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005

ema
entidad mexicana
de acreditación s.c.

Acreditación No.: SA-0086-008/11
Vigente a partir del: 2011-08-17
Acreditación Otorgada bajo la Norma NMX-EC-17025-MANC-2006 (ISO/IEC 17025:2005)
Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR115-TS-11

INFORMACION DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION					
Orden de trabajo	11379	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto	Tipo de Muestra	Lixiviado
Registro de Lab	CO-16-111	Lugar de Cosecha	Rancho La Purisima	Nombre de Quien Toma la Muestra	Ignacio Fernando Vizcarra
Fecha de Recepción	2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purisima	Cultivo a Establecer	Girasol
Fecha de Reporte	2016-06-06	Ciudad	Zumpango	Destino Comercial	SD
Fecha de Muestreo	17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México	Puerto o Aduana de Entrada y Salida	SD
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agrícola	Destino Final del Producto	SD
Método de Muestreo	SD	Observaciones	Muestra No. o Código: 3, Variedad: Lombricomposta, Etapa de Desarrollo: Presiembra.		

Agrolab Agrolab

Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS	Rango	
Materia Orgánica (%)	18 - 70	1.25
Ceniza (%)		1.35
Carbono Total (%)		0.72
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	9.04
Nitrógeno Total (%)	1-3	0.08
Fosforo (%)	0.2-1	0.00
Potasio (%)	0.2-2	0.40
Sodio (%)		0.23
Calcio (%)	1-6	< LOD
Magnesio (%)	0.4-1	< LOD
N-NO3 (mg/kg)	0 - 878	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.28
Sulfatos (%)	0 - 0.898	0.11
Cobre (mg/kg)	26 - 572	4.08
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	142.48
Zinc (mg/kg)	99 - 349	2.27
Manganeso (mg/kg)		1.27
Boro (mg/kg)		8.07
pH	7.14 - 8.4	6.80
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	18.58

LIMITES DE DETECCION

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0462	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnico S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NTOTAL, es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza, (Cálculo por multa), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo (%M.O./1.72)), pH, Conductividad (1.5 agua por potenciómetro), Cl (Titración con AgNO3), N-NO3 (Columna de Cadmio), CO3 (Titración con H2SO4), P, K, S-SO4, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO3 y HClO4 y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Humicos, Fulvicos y Carbono Orgánico (Konanova, Extracción con Na2P2O7 10H2O, Reacción con H2SO4+H2O2+207 y Titración con FeSO4*7H2O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbon orgánico/nitrógeno total)).</p> <p>El resultado emitido solo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos transitorios 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de registrar su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o emendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO (5) días de ser emitido el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Continuación Anexo 4. Resultados del análisis químico del lixiviado de lombricomposta, empleado en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR115-TS-11


Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	
PROPIEDADES FÍSICAS	Rango	RESULTADOS
Materia Orgánica (g/kg)	180 - 700	12.47
Ceniza (g/Kg)		13.53
Carbono Total (g/kg)		7.24
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	9.04
Nitrógeno Total (g/kg)	10-30	0.80
Fosforo (g/kg)	2-10	0.04
Potasio (g/kg)	2-20	4.03
Sodio (g/kg)		2.29
Calcio (g/kg)	10-60	< LOD
Magnesio (g/kg)	4-10	< LOD
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 878	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.28
Sulfatos (g/kg)	0 - 8.96	1.08
Cobre(mg/kg)	26 - 572	4.08
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	142.48
Zinc (mg/kg)	99 - 349	2.27
Manganeso (mg/kg)		1.27
Boro (mg/kg)		8.07
pH	7.14 - 8.4	6.80
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	18.58

LÍMITES DE DETECCIÓN											
Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NTOTAL es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una Información Técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza, (Calcínación por mufla), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo:(%M.O/1.72)), pH, Conductividad (1.5 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO₃), H-NO₃ (Columna de Cadmio), CO₃ (Titulación con H₂SO₄), P, K, S-SO₄, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO₃ y HClO₄ y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Korhanova, Extracción con Na₄P₂O₇ 10H₂O, Reacción con H₂SO₄+H₂O₂ y Titulación con FeSO₄ 7H₂O + Fenantrolina), Relación Carbono:Nitrógeno (Cálculo: (carbon orgánico/nitrogeno total)).</p> <p>El resultado emitido solo afecta a la muestra que fue recibida en las Instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La Información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o emendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente Informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este Informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente Informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 5. Resultados del análisis químico de la lombricomposta, empleada en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005

ema
entidad mexicana
de acreditación a/c
Acreditación No.: SA-0006-000/11
Vigente a partir del: 2011-06-17
Acreditación Otorgada bajo la Norma NMX-EC-17025-INNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005)
Regulados Generales para la Competencia de Laboratorios de Ensayo

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS

INFORMACION DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION					
Orden de trabajo	11379	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto	Tipo de Muestra	Lombricomposta
Registro de Lab	CO-16-110	Lugar de Cosecha	Rancho La Purisima	Nombre de Quien Toma la Muestra	Ignacio Fernando Vizcarra
Fecha de Recepción	2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purisima	Cultivo a Establecer	Girasol
Fecha de Reporte	2016-06-06	Ciudad	Zumpango	Destino Comercial	SD
Fecha de Muestreo	17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México	Puerto o Aduana de Entrada y Salida	SD
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agrícola	Destino Final del Producto	SD
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 2, Variedad: Humus, Etapa de Desarrollo: Presiembra.		

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS		
Materia Orgánica (%)	Rango	41.23
Ceniza (%)		58.78
Carbono Total (%)		23.91
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	23.44
Nitrógeno Total (%)	1-3	1.02
Fosforo (%)	0.2-1	0.53
Potasio (%)	0.2-2	0.40
Sodio (%)		0.13
Calcio (%)	1-6	2.15
Magnesio (%)	0.4-1	0.53
N-NO3 (mg/kg)	0 - 878	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.05
Sulfatos (%)	0 - 0.898	0.68
Cobre (mg/kg)	26 - 572	37.45
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	8140.11
Zinc (mg/kg)	99 - 349	238.82
Manganeso (mg/kg)		234.95
Boro (mg/kg)		27.03
pH	7.14 - 8.4	7.58
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	0.69

LIMITES DE DETECCION

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnico se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le da al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NITOTAL es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza, (Calcificación por mufla), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo (%M.O./1.72)), pH, Conductividad (1:5 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO3), N-NO3 (Columna de Cadmio), CO3 (Titulación con H2SO4), P, K, S-SO4, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO3 y HClO4 y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Korhanova, Extracción con NaIP207*10H2O, Reacción con H2SO4+H2Cr2O7 y Titulación con FeSO4*7H2O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbon orgánico/nitrógeno total)).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7, Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Continuación Anexo 5. Resultados del análisis químico de la lombricomposta, empleada en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005

Accreditación No.: SA-2006-008/11
Vigente a partir del: 2011-06-17
Acreditación otorgada bajo la Norma NMX-EC-17025-ANEC-2009 (ISO/IEC 17025:2005)
Resultados Generados para la Competencia de Laboratorios de Ensayo

Total de páginas: 1 de 2

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES

Revisión: AR118-TS-11

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab


Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	
PROPIEDADES FÍSICAS	Rango	RESULTADOS
Materia Orgánica (g/kg)	180 - 700	412.25
Ceniza (g/Kg)		587.75
Carbono Total (g/kg)		239.12
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	23.44
Nitrógeno Total (g/kg)	10-30	10.20
Fosforo (g/kg)	2-10	5.30
Potasio (g/kg)	2-20	4.04
Sodio (g/kg)		1.26
Calcio (g/kg)	10-60	21.48
Magnesio (g/kg)	4-10	5.26
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 878	0.00
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.05
Sulfatos (g/kg)	0 - 8.98	6.84
Cobre(mg/kg)	26 - 572	37.45
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	8140.11
Zinc (mg/kg)	99 - 349	238.82
Manganeso (mg/kg)		234.95
Boro (mg/kg)		27.03
pH	7.14 - 8.4	7.58
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	0.69

LIMITES DE DETECCION

Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NTOTAL es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza (Calcificación por mufla), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo: %M.O/1.72), pH, Conductividad (1:5 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO₃), N-NO₃ (Columna de Cadmio), CO₃ (Titulación con H₂SO₄), P, K, S-SO₄, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO₃ y HClO₄ y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Konanova, Extracción con Na₄P₂O₇*10H₂O, Reacción con H₂SO₄+K₂C₂O₇ y Titulación con FeSO₄*H₂O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbono orgánico/nitrógeno total)).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 18 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o emendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 6. Ficha técnica del biofertilizante utilizado en esta investigación.



FICHA TÉCNICA

PRODUCTO ELABORADO CON TECNOLOGÍA DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, (UNAM).

MICORRIZA FER

Es un biofertilizante cuya acción se basa en la actividad de los hongos micorrizicos arbusculares de la especie *Glomus intraradices* (ahora llamados *Rizopagus irregularis*).

COMPOSICIÓN: 100 000 propágulos de hongos micorrizicos arbusculares, de los cuales por lo menos 30 000 son esporas.

PRESENTACIÓN: Un kilo.

AZO FER

Es un biofertilizante cuya acción se basa en la actividad de la bacteria *Azospirillum brasilense*. Este tipo de bacterias viven de forma natural en el suelo cercano a las raíces de las plantas, desde donde establecen una simbiosis con las raíces.

COMPOSICIÓN: 500 millones de bacterias de la especie *Azospirillum brasilense* por cada gramo de Azofer.

PRESENTACIÓN: Una bolsa con 380 gramos.

La aplicación se puede realizar con los siguientes métodos:

- Para inoculación en semilla.
- Para cultivos establecidos.
- Para producción de plántulas.

Los detalles de aplicación se incluyen en la ficha de cada cultivo.

Junto con los hongos Micorrizicos se recomienda usar también la bacteria *Azospirillum brasilense* disponible en los productos Azofer y Maxifer. Esta asociación genera un efecto sinérgico en el que la planta potencia al máximo su crecimiento y por lo tanto el rendimiento de los cultivos.



Anexo 7. Resultados del análisis químico de la composta de estiércol bovino, empleada en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Total de páginas: 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES**

Revisión: AR110-TS-11

INFORMACION DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION

Orden de trabajo 11379	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto	Tipo de Muestra Composta
Registro de Lab CO-16-109	Lugar de Cosecha	Rancho La Purisima	Nombre de Quien Toma la Muestra
Fecha de Recepción 2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purisima (Finca)	Cultivo a Establecer Girasol
Fecha de Reporte 2016-06-06	Ciudad	Zumpango	Destino Comercial SD
Fecha de Muestreo 17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México	Puerto o Aduana de Entrada y Salida SD
Cantidad de Muestra 1	Uso Comercial	Agrícola	Destino Final del Producto SD
Método de Muestreo Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 1, Variedad: Estiércol Ovino, Etapa de Desarrollo: Presiembra.	

Agrolab Agrolab

Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	RESULTADOS
PROPIEDADES FISICAS		
Materia Orgánica (%)	18 - 70	21.85
Ceniza (%)		78.15
Carbono Total (%)		12.67
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	20.44
Nitrógeno Total (%)	1-3	0.62
Fosforo (%)	0.2-1	0.18
Potasio (%)	0.2-2	0.95
Sodio (%)		0.16
Calcio (%)	1-6	1.10
Magnesio (%)	0.4-1	0.72
N-NO3 (mg/kg)	0 - 878	949.77
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.10
Sulfatos (%)	0 - 0.898	0.36
Cobre (mg/kg)	26 - 572	18.40
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	7003.39
Zinc (mg/kg)	99 - 349	61.22
Manganeso (mg/kg)		388.71
Boro (mg/kg)		24.85
pH	7.14 - 8.4	7.22
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	2.60

LIMITES DE DETECCION											
Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Agrolab Agrolab

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus órdenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NTOTAL es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza, (Cálculo por mufla), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo:(%M.O/1.72)), pH, Conductividad (1:5 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO3), N-NO3 (Columna de Cadmio), CO3 (Titulación con H2SO4), P, K, S-SO4, Ca, Mg, Cu, Fe,Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO3 y HClO4 y Lectura por ICP Plasma), Ácidos Húmicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Konanova, Extracción con Na4P207*10H2O, Reacción con H2SO4+K2Cr2O7 y Titulación con FeSO4*7H2O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbon orgánico/nitrógeno total)).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información insrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 16 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no haberlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	<div style="text-align: right;">  Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General </div>



Km 7. Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

**DOCUMENTO CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005**

Continuación Anexo 7. Resultados del análisis químico de la composta de estiércol bovino, empleada en la presente investigación.



Análisis Técnicos, S.A de C.V.
Laboratorio de Inocuidad Acreditado en ISO/IEC 17025:2005



Total de páginas: 1 de 2

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS COMPLETO DE FERTILIDAD
REPORTE EN UNIDADES CONVENCIONALES**

Revisión: AR118-TS-11

Agrolab Agrolab

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA / SAMPLE INFORMATION			
Orden de trabajo	11379	Nombre del Productor	Victor Mazutti Soto
Registro de Lab	CO-16-109	Lugar de Cosecha	Rancho La Purisima
Fecha de Recepción	2016-05-25	Lugar de Muestreo	Rancho La Purisima (Finca)
Fecha de Reporte	2016-06-06	Ciudad	Zumpango
Fecha de Muestreo	17-05-16; 10:00 hrs.	Estado	Estado de México
Cantidad de Muestra	1	Uso Comercial	Agricola
Método de Muestreo	Aleatorio	Observaciones	Muestra No. o Código: 1, Variedad: Estiércol Ovino, Etapa de Desarrollo: Presiembra.
		Tipo de Muestra	Composta
		Nombre de Quien Toma la Muestra	Ignacio Fernando Vizcarra
		Cultivo a Establecer	Girasol
		Destino Comercial	SD
		Puerto o Aduana de Entrada y Salida	SD
		Destino Final del Producto	SD

Agrolab Agrolab

Parámetros en Composta	Rango Típico en Composta de Vaca	
PROPIEDADES FISICAS	Rango	RESULTADOS
Materia Orgánica (g/kg)	180 - 700	218.51
Ceniza (g/Kg)		781.49
Carbono Total (g/kg)		126.75
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	11-19	20.44
Nitrógeno Total (g/kg)	10-30	6.20
Fosforo (g/kg)	2-10	1.77
Potasio (g/kg)	2-20	9.53
Sodio (g/kg)		1.59
Calcio (g/kg)	10-60	11.01
Magnesio (g/kg)	4-10	7.17
N-NO ₃ (mg/kg)	0 - 878	949.77
Cloruros (mg/kg)	137 - 6650	0.10
Sulfatos (g/kg)	0 - 8.98	3.59
Cobre(mg/kg)	26 - 572	18.40
Hierro (mg/kg)	1106 - 13886	7003.39
Zinc (mg/kg)	99 - 349	61.22
Manganeso (mg/kg)		388.71
Boro (mg/kg)		24.85
pH	7.14 - 8.4	7.22
Carbonatos (1=bajo, 3= alto) (meq/kg)	2 - 3	ND
Conductividad (mS/cm)	1-8	2.60

LÍMITES DE DETECCIÓN											
Elemento	Fe	Zn	Mn	Cu	B	S	P	Mg	Na	K	Ca
Límite de Detección (LOD) ppm	0.1152	0.0309	0.0611	0.0240	0.0137	0.0492	0.0772	1.1711	0.6387	0.0077	0.5542

Esperamos que los resultados obtenidos sean de su utilidad, para cualquier aclaración estamos a sus ordenes.

COMENTARIOS	AUTORIZA
<p>SD= Sin Dato ND = No Determinado</p> <p>NOTA: Análisis Técnicos se encuentra Acreditado ante la EMA, únicamente en la determinación de Nitrógeno Total. Análisis Técnicos S.A de C.V no se hace responsable por el destino comercial o final que se le de al producto.</p> <p>La Incertidumbre encontrada en la Validación del Método de NTOTAL es del 3.4% de acuerdo a la trazabilidad obtenida</p> <p>La Incertidumbre es un dato de Calidad del sistema ISO 17025 como una información técnica</p> <p>La Incertidumbre no se suma ni se resta al resultado obtenido</p> <p>Métodos utilizados: M.O, Ceniza, (Calcificación por mufla), NT (Método Kjeldahl), Carbono Total (Cálculo:(%M.O/1.72)), pH, Conductividad (1.5 agua por potenciómetro), Cl (Titulación con AgNO₃), N-NO₃ (Columna de Cadme), CO₂ (Titulación con H₂SO₄), P, K, S-SO₄, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Hg, Pb, Ni, Cr, As, Cd, Na, Mn, B (Digestión con HNO₃ y HClO₄ y Lectura por ICP Plasma), Asidos Múnicos, Fúlvicos y Carbono Orgánico (Kjeldahl, Extracción con Na₂P₂O₇*10H₂O, Reacción con H₂SO₄+K₂C₂O₄ y Titulación con FeSO₄*7H₂O + Fenantrolina), Relación Carbono/Nitrógeno (Cálculo: (carbono orgánico/nitrógeno total)).</p> <p>El resultado emitido sólo afecta a la muestra que fue recibida en las instalaciones de Análisis Técnicos S.A. de C.V., por lo cual no se hace responsable de la representatividad del resultado para el total del producto. Análisis Técnicos S.A. de C.V. no es responsable del muestreo.</p> <p>La información inscrita en el presente "Informe de resultados de análisis" se trata con estricto apego al aviso de privacidad de Análisis Técnicos S.A. de C.V. acatando a los artículos tercero transitorio, 10 y 17 de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, con la finalidad de regular su tratamiento legítimo, controlado e informado, a efecto de garantizar la privacidad y el derecho a la autodeterminación informativa de las personas.</p> <p>El presente Informe de Resultados no será válido si presenta raspaduras, tachaduras o enmendaduras.</p> <p>El cliente tiene cinco días naturales posteriores a la recepción del presente informe para poder hacer alguna observación o reclamación al respecto, ya que en caso de no hacerlo en este periodo de tiempo se considerará este informe como aceptado.</p> <p>La muestra se elimina a los CINCO DÍAS de ser enviado el presente informe.</p> <p>La muestra se recibió en condiciones para su análisis.</p>	 <p>Lic. Carlos Sepúlveda Ibarra Director General</p>



Km 7, Carr Pachuca-Actopan, Pachuca Hidalgo C.P. 42088
Tel 01 771 7132801 Fax 01 771 71 382 55
info@agrolab.com.mx

DOCUMENTO
CONTROLADO
ISO/IEC 17025:2005

Anexo 8. Plaga que se presentó en la etapa de establecimiento del cultivo de girasol, en el ciclo P-V 2016.



a. Escarabajo escrito o larva aterciopelada *Chauliognathus scriptus* Germ. (Coleóptera: Cantharidae).



b. Daño que causa la larva *Chauliognathus scriptus* Germ., en la emergencia de los cotiledones del girasol.

Continuación Anexo 8. Plaga que se presentó en la etapa de establecimiento del cultivo de girasol, en el ciclo P-V 2016.

Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria



Adulto de *Chauliognathus scriptus*,
Créditos: Ursino, 2012.

Derivado del análisis y revisión de literatura técnico-científica, se encontraron fuentes documentales que refieran a esta especie, como plaga de importancia económica en países como Argentina. En este sentido, el control químico de la plaga es difícil, para ello se utilizan insecticidas de contacto o que actúan por ingestión, sin embargo, la gran cantidad de setas (pelos) que presenta la larva, impiden a los productos ejercer una acción efectiva.

Con el afán de reducir la densidad de población en los ciclos posteriores, se sugiere un barbecho profundo después de que termine el ciclo de cultivo con la finalidad de exponer los insectos a la luz y a los depredadores. Así mismo, resulta efectiva la rotación de cultivos como trigo, triticale, maíz y frijol.

Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria

Si deseas más información acude a:
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
KM 4.5 Carretera Toluca – Morelia, Zinacantepec, México.
Tel. 01 (722) 2 78 58 86 / 2 78 12 37
Ext. 23086

Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Dirección de Sanidad Agropecuaria.
Rancho San Lorenzo, Conjunto SEDAGRO Metepec, México.
Tel. 01 (722) 2 75 64 26 / 2 75 64 00
Ext. 5740 y 5741

Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM)
Av. Independencia 1327 Ote. Toluca, México
Tel. 01 (722) 2 13 99 37
Fax. 2 13 07 05

Alerta fitosanitaria
01 (800) 98 79 879
alerta.fitosanitaria@senasica.gob.mx

www.cesavem.org
cesavem@hotmail.com

Cesavem EdoMéx 2016

Para mayor información consulta las páginas de:

SAGARPA www.sagarpa.gob.mx

SENASICA www.senasica.gob.mx

"ESTE PROGRAMA ES PÚBLICO, ABIERTO A CUALQUIER PARTIDO POLÍTICO. QUEDA PROHIBIDO EL USO PARA FINES DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA".

Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria



***Chauliognathus scriptus* (Germ)**
Larva aterciopelada

COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DEL ESTADO DE MÉXICO

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

c. Portada del folleto informativo de la presencia de la plaga expedida por SAGARPA (2016).

Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria
Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria
Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria

Nombre común

Larva aterciopelada

Nombre científico

Chauliognathus scriptus (Germ)

Importancia

Este insecto representa una especie nueva en el territorio mexicano. Se detectó por primera vez en el municipio de Zumpango, Estado de México en el mes de julio de 2016, y es una amenaza para el cultivo del girasol, al no contar con enemigos naturales.



Larva de *Chauliognathus scriptus*,
Créditos: CNRF.

Taxonomía

Reino: Animal
Clase: Insecta
Orden: Coleoptera
Familia: Cantharidae
Género: *Chauliognathus*
Especie: *Chauliognathus scriptus*

Biología y daños

Los estadios larvales son los que causan el mayor daño, el cual inicia cuando la plántula no ha nacido y se caracteriza por la mordedura en la base del tallo, abarcando pequeñas porciones o gran parte de las primeras hojas al nacer. Si la planta dañada es abandonada posteriormente por la larva, la cicatrización de los tejidos provoca una deformación que desaparece a medida que la planta se desarrolla, sin embargo, el avance en el daño puede prolongarse por algunas semanas hasta que la planta finalmente muere. La larva es de color negro, presenta aspecto aterciopelado, de forma aplanada y cabeza rojiza. Mide de 15 a 20 mm de largo y se desplaza con rapidez, a través de movimientos ondulatorios sobre la superficie del suelo, los hospedantes principales de esta plaga son el cártamo, en



Crédito: CNRF



Crédito: CNRF

donde daña flores y hojas; mientras que en el cultivo de girasol se alimenta de raíces y tallos. Los adultos pueden observarse durante los meses de verano sin causar daños, generalmente se presentan a principios y en plena floración; se establecen en las flores, a bajos niveles poblacionales, se reporta que el daño que causan es menor.



Adulto. Crédito: Guía de daños y reconocimiento en campo de Larva aterciopelada

d. Contraportada del folleto informativo de la presencia de la plaga expedida por SAGARPA (2016).

Continuación Anexo 8. Plaga que se presentó en la etapa de establecimiento del cultivo de girasol, en el ciclo P-V 2016.



e. Prueba de germinación en laboratorio para descartar problemas de viabilidad en la semilla.

Anexo 9. Enfermedades que se presentaron en la etapa de establecimiento, del cultivo de girasol en el ciclo P-V 2016.



a) Verticiliosis por *Verticillium dahliae* Kleb.



b) Mancha de la hoja por *Septoria helianthi*.

Continuación Anexo 9. Enfermedades que se presentaron en la etapa de establecimiento, del cultivo de girasol en el ciclo P-V 2016.



c) Mancha de la hoja y mancha necrótica del tallo por *Alternaria helianti*.



d) Roya blanca por *Albugo tragopogonis*.