



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**DEFINICIÓN DE LA FECHA ÓPTIMA DE SIEMBRA
DEL CULTIVO DE GIRASOL EN EL VALLE DE
SANTO DOMINGO, B.C.S.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

JUAN MORALES FUENTES

ASESOR: DR. GUSTAVO MERCADO MANCERA

COASESOR: DR. JESÚS NAVEJAS JIMÉNEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2015



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.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Georgina Fuentes Meráz y Aureliano Morales Cerón; por que fueron, son y serán siempre el gran motivo de la búsqueda de mi superación personal, mi motor, mi inspiración a seguir adelante; agradezco a la vida el tiempo que me brinda de su existencia, para aprender de ustedes los valores necesarios y la pasión con los que se deben vivir y emprender los sueños... Donde quiera que estén mis viejos, siempre irán en mi corazón.

A mis hermanos Horacio, Moasir y José Antonio; por estar siempre unidos y apoyarnos en los momentos complicados que la vida nos pone.

A mi primo Jorge Venegas y su esposa Olga Martínez; por apoyarme y regalarme esta etapa de mi vida, muchas gracias por alentarme a seguir en los momentos difíciles.

Al Dr. Gustavo Mercado y al Dr. Jesús Navejas por su gran apoyo y dedicación para la realización de este trabajo y el cumplimiento de este objetivo en mi vida.

A los señores Juan, Salud y Adolfo que son parte del personal del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S., por su gran apoyo en el desarrollo experimental de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por hacer de la estancia como estudiante algo inolvidable.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>i</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>ii</i>
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos particulares.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. El girasol, una planta domesticada en territorio mexicano.....	3
2.2. Importancia económica del cultivo de girasol.....	4
2.2.1. Importancia nacional de la producción de girasol.....	4
2.2.2. Importancia mundial de la producción de girasol.....	6
2.3. Especie vegetal: Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.).....	6
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	7
2.3.2. Descripción de la planta de girasol.....	7
2.3.3. Beneficios nutricionales.....	8
2.4. Los genotipos de girasol: variedades e híbridos.....	9
2.5. Fenología del girasol.....	10
2.5.1. Componentes de rendimiento.....	12
2.6. La temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas.....	13
2.6.1. Acumulación de calor.....	15
2.7. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de girasol.....	17
2.8. Estudios previos con la determinación de fechas de siembra en clima árido.....	18
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Descripción del sitio de estudio.....	20
3.1.1. Localización.....	20

	Página
3.1.2. Clima.....	21
3.1.3. Suelo.....	22
3.1.4. Orografía.....	23
3.1.5. Hidrografía.....	23
3.2. Metodología.....	23
3.2.1. Variables a evaluar.....	24
3.2.2. Análisis estadístico.....	26
3.3. Materiales.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Tendencia de la temperatura y precipitación promedio mensual del periodo 1974-2014 de la estación Cd. Constitución, en B.C.S.....	27
4.2. Comportamiento de los rendimientos del cultivo de girasol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.....	28
4.3. Componentes de rendimiento del cultivo de girasol.....	31
4.4. Relación de las condiciones ambientales con la producción de girasol (fecha óptima de siembra).....	35
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur (Troyo <i>et al.</i> , 2010).....	20
Figura 2. Tendencia de la temperatura y precipitación promedio mensual (1974-2014), Cd. Constitución, B.C.S.....	27
Figura 3. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol sembrado el 11 de febrero, en Cd. Constitución, 2014.....	36
Figura 4. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol sembrado el 26 de febrero en Cd. Constitución, 2014.....	37
Figura 5. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 5 de febrero, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.....	38
Figura 6. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 15 de febrero, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.....	39
Figura 7. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 5 de marzo, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.....	40
Figura 8. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 21 de marzo, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.....	41

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Consumo y participación nacional en la producción de girasol.....	5
Tabla 2. Producción de girasol en México para los años 2008 a 2013.....	5
Tabla 3. Escala fenológica del girasol.....	10
Tabla 4. Precipitación media anual en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.....	21
Tabla 5. Temperatura máxima y mínima media anual en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.....	21
Tabla 6. Textura del suelo en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.....	22
Tabla 7. Valores de pH de suelo, en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.....	22
Tabla 8. Rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra Cd. Constitución, 2014.....	28
Tabla 9. ANDEVA del rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	29
Tabla 10. DMS del rendimiento (Fecha de siembra \times Genotipo) del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	29
Tabla 11. Rendimiento comercial en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.....	30
Tabla 12. ANDEVA del rendimiento ($t\ ha^{-1}$) comercial en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California Cd. Constitución, 2014.....	30
Tabla 13. Componentes de rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra Cd. Constitución, 2014.....	31
Tabla 14. ANDEVA de altura de plantas (m) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	32
Tabla 15. ANDEVA de diámetro de capítulos (cm) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	32
Tabla 16. ANDEVA de peso de 1,000 semillas (g) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	32
Tabla 17. ANDEVA de peso hectolítrico ($kg\ hl^{-1}$) de semillas en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.....	33

Tabla 18. Componentes de rendimiento evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 33

Tabla 19. ANDEVA de altura de planta (m) evaluadas en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 34

Tabla 20. ANDEVA del peso de 1,000 semillas (g) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 34

Tabla 21. ANDEVA de peso hectolítrico (kg hl⁻¹) de semillas evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 34

Tabla 22. ANDEVA de diámetro de capítulos (cm) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 35

Tabla 23. DMS del diámetro de capítulos (cm) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014..... 35

RESUMEN

El girasol es una planta originaria de México, cuenta con una enorme diversidad en germoplasma de variedades silvestres y domesticadas; es un cultivo con alto contenido de aceite en el grano (45%), por eso se emplea en la elaboración de aceites y grasas vegetales. La producción de girasol en el país ha sido intermitente a lo largo del tiempo, actualmente se estudia la conveniencia de sembrarlo en diversas zonas, con el fin de contra restar la dependencia del mercado exterior. La presente investigación se realizó en el Valle de Santo Domingo, B.C.S., con el objetivo de definir la fecha óptima de siembra del cultivo de girasol en la zona antes mencionada; los parámetros evaluados en dos experimentos fueron: las tendencias climáticas (temperatura y precipitación), el comportamiento del cultivo de girasol en diversas fechas de siembra, los componentes de rendimiento (diámetro de capítulo, altura de planta, peso de 1,000 semillas, peso hectolítrico de semillas y el rendimiento); así como la acumulación de calor en las fechas de siembra, para establecer su influencia sobre el comportamiento fenológico y el rendimiento del girasol. Los resultados obtenidos fueron: en el experimento factorial el mayor rendimiento de grano obtenido fue de 3.54 t ha^{-1} , en la fecha del 26 de febrero de la variedad Expol 4; asimismo, el mayor peso hectolítrico; al comparar los resultados en un experimento de bloques completos al azar con siembras comerciales de la variedad Olisun 2 del 15 de febrero, presentó el mayor rendimiento de grano con 3.81 t ha^{-1} . La acumulación de calor es muy importante para el cultivo, lo cual favorece su desarrollo. En este estudio, el total de calor acumulado varió entre 1,782.6 y 2,086.1 Grados Día de Desarrollo obtenidos en las fechas del 5 de febrero y 21 de marzo, respectivamente.

I. INTRODUCCION

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, 2012). Es un cultivo con alto contenido de aceite en el grano (45 %), por tal motivo se utiliza para la elaboración de aceites y grasas vegetales para la alimentación humana, como fuente de proteína y energía en la alimentación animal, como planta de ornato y recientemente en la industria de los biocombustibles (Osuna, 2012).

La producción de girasol en México ha sido muy intermitente, pues en algunos periodos se sembró en una importante cantidad 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; es así como la producción de girasol se vio sumamente afectada, pues para el año 2008 sólo se produjeron 5.33 toneladas de este grano (SAGARPA, 2012). A partir de ese año se presenta un incremento en la producción de girasol, pues la demanda para la elaboración de aceite y grasa vegetal por sus beneficios a la salud humana es cada día más importante en el país. Ese mismo año, el Comité Nacional del Sistema Producto Oleaginosas en México inicia un programa de fomento para la siembra del cultivo en diversos estados de la república.

Es así como en el Valle de Santo Domingo B.C.S. en el ciclo O-I 2010 y P-V 2011, se destinaron aproximadamente 1,000 hectáreas de girasol; actualmente con cifras del SIAP, en el año 2013 se establecieron sólo 528 hectáreas de este cultivo en la zona, pues para el estado se estudió la conveniencia del cultivo, que se adapta a las condiciones que se tienen, junto con otros atributos que posee el cultivo de girasol como es su tolerancia al estrés hídrico, su bajo requerimiento de agua y fertilizantes, su baja incidencia de plagas y enfermedades, y su fácil mecanización; las características señaladas aunadas a la necesidad que tiene México de reducir la importación de aceite de esta oleaginosa, hace relevante la necesidad de actualizar el paquete tecnológico de este cultivo en aspectos agronómicos como la fecha de siembra, variedades y fertilización; aspectos que influyen en la producción del grano, así como en la producción y la composición del aceite en el girasol. Lo anterior, con la finalidad de incrementar su productividad y generar un conocimiento del

cultivo, que permita al productor tener herramientas e información sobre las labores y el manejo adecuado de las mismas.

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general.

- Definir la fecha óptima de siembra del cultivo de girasol en el valle de Santo Domingo, B.C.S.

1.2. Objetivos particulares.

- Determinar la tendencia de las variables climáticas (temperatura y precipitación) con base en los datos normales de los años (1978-2014) de la estación meteorológica de Cd. Constitución, B.C.S.
- Estimar la acumulación de calor en el cultivo de girasol, mediante la medición y el cálculo de los grados días de desarrollo, en el valle de Santo Domingo, B.C.S.
- Analizar el rendimiento de girasol en el ciclo 2013-2014 en el valle de Santo Domingo, B.C.S; mediante las diferentes fechas de siembra.

1.3. Hipótesis.

Ho: El rendimiento del cultivo de girasol está influenciado por la fecha de siembra y las tendencias de las variables climáticas, por lo tanto, este presentará variación entre las fechas evaluadas.

II. ANTECEDENTES

2.1. El girasol, una planta domesticada en territorio mexicano.

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).

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). 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 1200 a. C (*Ídem*).

Más tarde con el descubrimiento arqueológico de aquenios prehistóricos de México en Tabasco y Morelos, la región Mesoamericana es la zona con semillas más antiguas y de mayores tamaños, como consecuencia de lo que llaman el proceso de domesticación. En San Andrés, Tabasco ocurrió el hallazgo de un aquenio y tres en el caso de la Cueva del Gallo, Morelos, sus dimensiones de largo-ancho (LxA) corregidas por el índice de carbonización son mayores (51.9 y 57.5, respectivamente) que aquéllas del este de EUA, las cuales varían de 21.7 a 39.2. El aquenio de girasol de San Andrés está fechado para el período Arcaico Tardío (2875-2575 a. C.) mientras los tres aquenios de la Cueva del Gallo son más tardíos que los del Período Formativo (330-250 a.C.); con estos hallazgos se establece a México como centro de origen del girasol domesticado; aunque actualmente los girasoles cultivados comercialmente en México son derivados genéticamente de razas mejoradas que han sido importadas a México por los Menonitas y la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación); sin embargo, la

antigüedad y el tamaño de las “semillas” arqueológicas mexicanas y la importancia de los girasoles entre grupos indígenas del pasado indican que los girasoles fueron domesticados en Mesoamérica por sus semillas grandes comestibles y por sus grandes cabezuelas florales (*Op. Cit.*).

Los girasoles cultivados han sido seleccionados con base en sus características morfológicas distintivas. Las plantas de huerto continúan empleándose: 1) como fuente de semillas comestibles o para obtención de aceite; en general estas plantas son monocefálicas (con un solo tallo y una cabezuela principal) y 2) 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 (*Ídem*).

2.2. Importancia económica del cultivo de girasol.

2.2.1. Importancia nacional de la producción de girasol.

En el país se cuenta con un déficit en la producción, pues en la siguiente tabla se puede observar que las importaciones de semilla de girasol tiene una tendencia a incrementarse, en el año 2004 en el país solo se produjeron 232 toneladas, por lo tanto eso representa un 2 % de la demanda nacional de la semilla de girasol; se tiene una tendencia a la baja en los siguientes años, pero es en el año 2010 cuando la producción y la superficie sembrada comienza a incrementarse, aunque se importan 13,399 toneladas, en el país se produce 2,901 toneladas lo que representa un 22 % de lo que requiere el mercado nacional de semilla de girasol. Esto es consecuencia de un impulso y apoyos por parte del gobierno para incrementar la superficie sembrada del cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Consumo y participación nacional en la producción de girasol.

Indicador	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Importaciones (ton)	11,572	12,271	17,542	11,458	8,254	14,970	13,399
Producción Nacional (ton)	232	31	178	7	5	131	2,901
Participación Nacional %	2	0	1	0	0	1	22

Fuente: Plan Rector Nacional: Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas (2012).

En la Tabla 2 se puede observar la superficie sembrada del cultivo de girasol, que para el año 2012 es de 1,344 hectáreas, lo que representa un retroceso en la producción del cultivo de girasol; pues mientras para los años 2010 y 2011 se tenía una tendencia a la alza en superficie sembrada con 2,042 y 2,650 hectáreas respectivamente; en cuanto al Precio Medio Rural (PMR) se alcanzó el máximo en el año 2012 con un valor de \$6,434.36 pesos por hectárea; con estos datos de producción se puede observar lo variable de la misma, se puede decir que para el cultivo de girasol no se tiene un abasto constante de semilla que es la materia prima en la producción de aceites.

Tabla 2. Producción de girasol en México para los años 2008 a 2013.

Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
2013	528.0	528.0	1096.20	5,500	6,029.10
2012	1,344.10	1,279.51	1,308.01	6,434.86	8,416.86
2011	2,650.33	1,849.83	2,826.48	5,391.63	15,239.35
2010	2,042.59	1,878.59	3,797.19	4,706.08	17,869.89
2009	230.00	216.00	331.50	3,712.07	1,230.55
2008	3.50	3.50	5.33	6,026.27	32.12

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2013).

2.2.2. Importancia mundial de la producción de girasol.

Los principales países productores de semilla de girasol son en orden de importancia, Rusia, Ucrania, Argentina, China, Francia, Estados Unidos, Bulgaria, Hungría, Rumania y Turquía. Estos 10 países juntos, produjeron el 77 por ciento del girasol a nivel mundial.

Sin embargo, los países líderes son Rusia, Ucrania y Argentina, que produjeron en 2009 el 47 por ciento de la producción mundial de girasol. En este año, Rusia produjo 6.4 millones de toneladas; Ucrania, 6.3 millones de toneladas y Argentina 2.4 millones de toneladas de girasol (Nuñez, 2011).

2.3. Especie vegetal: Girasol (*Helianthus annuus L.*).

El girasol, *Helianthus annuus L.*, es una planta anual, herbácea, dicotiledónea, perteneciente a la familia Asteraceae y al género *Helianthus*, que incluye 68 especies, de las cuales *H. annuus L.* es la más extendida en todo el mundo, existiendo diferentes subespecies de la misma, silvestres ó cultivadas como plantas oleaginosas, forrajeras y ornamentales. En México también se le conoce como Guaco, Patito, Tlacopatle (del náhuatl Tlacopatli), Maíz de teja, Maíz de Texas, Chimalatl, Chimalácatl, Flor de sol, Acahuatl y Pacolote. El nombre del género proviene de la palabra griega “helios” que significa sol y “anthos” que significa flor y fue creado por Lineo en 1753; mientras que el nombre específico *annuus*, alude a la anualidad de su ciclo de vida (Moreno *et al.*, 2012; Avilés, 2013).

2.3.1. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica del girasol es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Tracheophyta
Sub-división: Pteropsidae
Clase: Angiospermae
Sub-clase: Dicotyledoneae
Orden: Synandreae
Familia: Asteraceae
Subfamilia: Asteroideae
Tribu: Heliantheae
Género: *Helianthus*
Especie: *annuus*
Nombre científico: *Helianthus annuus L.*

2.3.2. Descripción de la planta de girasol.

A continuación se presenta una descripción botánica general de la planta de girasol.

a) Raíz: La planta de girasol tiene una raíz pivotante, se forma por un eje principal dominante y abundantes raíces secundarias, el conjunto de estas forma un fuerte sistema radical que puede alcanzar hasta 4 metros de profundidad, en suelos secos; mientras que en suelos húmedos las raíces tienen un mayor desarrollo en sentido horizontal (Ortegón *et al.*, 1993; Avilés, 2013).

b) Tallo: El tallo es erecto, vigoroso, cilíndrico, con tejido interior macizo, con una superficie exterior rugosa, surcada y vellosa, puede alcanzar los dos metros de altura, mientras que el diámetro varía entre 2 y 6 cm (Ortegón, *et al.*, 1993; Avilés, 2013).

c) Hojas: Las hojas son opuestas en la parte inferior del tallo y alternas en el centro y parte superior, grandes, trinervadas, con peciolo largos (10 a 15 cm) y surcados, que conducen el agua hacia el tallo y éste a su vez hacia el suelo, incrementando el aprovechamiento hídrico de la planta. En cuanto a la forma es variable, se dice que en general son cordiformes y acuminadas, con ásperas vellosidades en el haz y el envés, pueden medir entre 10 y 30 cm tanto de ancho como de largo; el número varía entre 12 y 40.

Además posee una inflorescencia (llamada capítulo o cabeza) que está formada por numerosas flores situadas en un receptáculo al que se le denomina capítulo, está formada por un número de flores que fluctúa entre 500 y 1500; existen dos tipos de flores, unas son liguladas, el número varía entre 30 y 70 y están dispuestas radialmente en 1-2 filas, son asexuadas y raras veces unisexuales femeninas. Las lígulas tienen una longitud de 6 a 10 cm y una anchura de 2 a 3 cm; tienen forma lanceolada, con la parte superior aterciopelada y la parte inferior finamente ciliada; el color puede ser amarillo-dorado, amarillo-claro y amarillo-anaranjado; las flores tubulosas son hermafroditas, están dispuestas en arcos espirales que parten desde el centro del disco, están separadas entre ellas por una pálea, que tiene 2-3 lóbulos, amarillos-verdosos, su borde se compone de brácteas protectoras que forman el involucre, el conjunto constituye el receptáculo y cuyo diámetro varía entre los 10 y 40 cm (Ortegón *et al.* 1993; Nuñez, 2010).

d) Fruto: En botánica el fruto del girasol se llama aquenio, el cual es seco, indehiscente y se compone por el pericarpio y la semilla; el pericarpio (cáscara) es seco, fibroso y está separado de la semilla (almendra) a la cual protege, su color puede ser blanco estriado (negro y blanco), negro, pardo o rojizo, pero los más comunes son el estriado y el negro. El aquenio o semilla mide alrededor de 4 a 6 mm de ancho por 8 a 12 mm de largo; en cuanto al contenido de aceite oscila entre 40 y 55 %, según la variedad y los efectos del ambiente donde se produce la semilla; mientras que el peso de 1000 semillas varía de 40 a 80 gramos, y cambia con las causas antes citadas (Ortegón *et al.*, 1993; Osuna *et al.*, 2012).

2.3.3. Beneficios nutricionales.

La producción se destina principalmente para la elaboración de aceite; a continuación se enlistan algunos de los beneficios a la salud humana mediante el consumo de la semilla o de aceite, según Nuñez (2010).

- Al consumir la semilla cruda o tostada, por cada 100 g aporta 582 kcal, vitaminas (A, B-6, C y E, 2.03 mg de tiamina, 9.4 mg de Niacina, 8.4 mg de hierro, y ácido pantoténico, entre otros.

- La ausencia de ácido linolénico lo hace más resistente a la termo-oxidación comparado con el aceite de soya.
- El aceite de girasol, solo con su consumo normal, puede cubrir $\frac{3}{4}$ partes de las necesidades de vitamina E en una persona adulta. La semilla de girasol tostada contiene 6 mg de alfa-tocoferol por ración de 28 g, pero también se presenta en el aceite de girasol en forma de tocoferoles con una concentración de 600-800 mg kg⁻¹.
- Tiene propiedades hipocolesterolemiantes, inhibe la absorción intestinal de colesterol ingerido con el alimento o de origen endógeno.

2.4. Los genotipos de girasol: variedades e híbridos.

En el valle de Santo Domingo, B.C.S., en el ciclo primavera-verano 2011, el INIFAP en un experimento sembró cinco variedades (Olisun, Olisun 2, Expol 3, Expol 4 y EX-PCF501HO) y siete híbridos de girasol (63M80, 64A64, 64H41, 64H45, 65A25, 65A40 y 83M91), los cuales presentaron un rendimiento variable. La mejor fecha de siembra, de acuerdo con los promedios de producción de semilla de los 12 genotipos de girasol, fue la del 9 de febrero (con 3.8 t ha⁻¹), mientras que la del 24 de febrero y la del 12 de marzo se consideraron inferiores con una producción media de 2.7 y 2.6 t ha⁻¹, respectivamente; finalmente, la fecha que presentó el menor rendimiento fue la del 28 de marzo (2.0 t ha⁻¹) (Navarro *et al*, 2012).

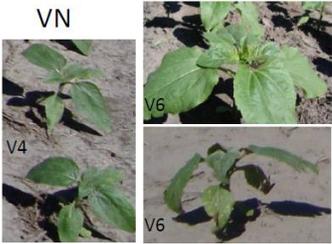
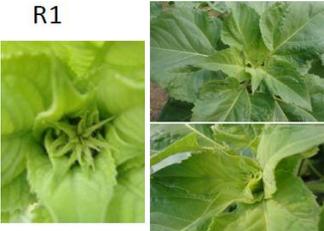
El promedio general en rendimiento de semilla de los materiales, considerando todas las fechas establecidas, fue de 2.8 t ha⁻¹. El rendimiento más alto de los materiales, como promedio de fechas establecidas, fue de 3.2 t ha⁻¹ y el mínimo de 2.4 t ha⁻¹. Por otra parte, se observó que hay algunos materiales cuyo comportamiento productivo es superior en la primera fecha de siembra, entre ellas las variedades Olisun, Expol 4, Expol 3 y EXPCF501HO que presentaron una producción entre 4.0 y 5.6 t ha⁻¹; sin embargo, presentaron la mayor reducción en la producción de semilla al retrasarse la fecha de siembra llegando a perder de 0.61 a 1.1 t ha⁻¹ por cada 16 días de retraso a partir de la fecha del nueve de febrero. Otras variedades presentaron mayor estabilidad entre fechas de

siembra, caso de 83M91, 65A40, 65A25, 63M80, 64A64, 64H41 y 64H45; materiales cuya reducción en la producción de semilla oscila entre 0.26 y 0.51 t ha⁻¹ por cada 16 días de retraso, partiendo de la fecha nueve de febrero (Navarro *et al*, 2011; Osuna *et al*, 2012).

2.5. Fenología del girasol.

Navarro *et al.*, 2012 muestra la fenología del cultivo, como fue descrita por Schneiter y Miller en una guía, los cuales determinan las principales etapas del crecimiento y desarrollo del cultivo, la nomenclatura para los estadios y una breve descripción de las mismas, además se presenta una adaptación de imágenes de un folleto del INTA y se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 3. Escala fenológica del girasol.

Escala fenológica de girasol	Estados vegetativos
<p>VE</p> 	<p>VE: El hipocótilo y los cotiledones han emergido sobre la superficie del suelo y la primera hoja verdadera tiene menos de 4cm de largo.</p>
<p>VN</p> 	<p>Vn: El número (n) de hojas verdaderas (más de 4cm de largo) se numeran. Por ejemplo V2 o V8 implicando sus ocho hojas verdaderas. El estado vegetativo continúa hasta aproximadamente V10-12 (dependiendo del genotipo) donde cambia al estado Reproductivo(R).</p>
<p>R1</p> 	<p>R1: La yema terminal forma una cabeza floral en miniatura. Vista de arriba parece como una estrella con muchos puntos.</p>
<p>R2</p> 	<p>R2: La yema inmadura se alarga de 0.5-2.0 cm por arriba de la hoja más cercana del tallo. No considerar las hojas pegadas a la parte posterior de la yema.</p>

Continuación Tabla 3. Escala fenológica del girasol.

Escala fenológica de girasol	Estados vegetativos
<p>R3</p> 	<p>R3: El entrenudo debajo del órgano reproductivo continúa su crecimiento; la inflorescencia llega a más de 2 cm de la última hoja.</p>
<p>R4</p> 	<p>R4: La inflorescencia comienza a abrirse. Las flores liguladas comienzan a verse.</p>
<p>R5</p> 	<p>R5: En esta etapa se produce la antesis de las flores tubuladas. Las flores liguladas están completamente desarrolladas y expandidas y todos los discos de flores tubuladas son visibles. Esta etapa puede ser dividida en sub-etapas dependiendo del porcentaje del capítulo que se encuentra en antesis. Por ejemplo si el 50 % del capítulo está en antesis, el estado fenológico puede considerarse R5, 5.</p>
<p>R6</p> 	<p>R6: La antesis es completa y las flores liguladas perdieron turgencia y se están marchitando. Estas flores pueden marchitarse o caer inmediatamente.</p>

Continuación Tabla 3. Escala fenológica del girasol.

Escala fenológica de girasol	Estados vegetativos
<p>R7-8</p> 	<p>R7: El receptáculo comienza a cambiar de color, se vuelve amarillo claro.</p> <p>R8: El receptáculo está completamente amarillo pero las brácteas continúan verdes.</p>
<p>R9</p> 	<p>R9: Las brácteas cambian a un color marrón. La mayor parte del receptáculo se torna marrón. Ésta etapa está asociada a la madurez fisiológica del cultivo.</p>

Fuente: Navarro *et al.* (2012), Zuil (s/f).

2.5.1. Componentes de rendimiento.

Aguilar *et al.* 2002 encontraron en un estudio sobre densidad de siembra en girasol que el rendimiento agronómico por planta presenta una tendencia a disminuir conforme se incrementa la densidad de población; la variación encontrada fue de 71, 52 y 46 g pl⁻¹ para 2.5, 5.0 y 7.5 pl m⁻², respectivamente. En contraste, el rendimiento por m² se incrementa, debido a que el mayor número de plantas por m² compensó la reducción en el rendimiento por planta y así con 2.5, 5 y 7.5 pl m⁻² se lograron 177, 262 y 343 g de semilla m⁻², respectivamente. En los componentes del rendimiento por planta, al elevar la densidad de 2.5 a 5.0 y 7.5 pl m⁻², se redujo el peso de 100 semillas de 5.9 a 6.4 y 5.2 g, respectivamente.

Olalde *et al.*, 2000 encontraron en clima cálido que el girasol con aplicación de nitrógeno (N) mostró mayor área del capítulo, número de semillas por m², peso de cien semillas y, en

consecuencia, un rendimiento más alto. Con 10 g de nitrógeno m^{-2} el rendimiento se incrementó en 185 g m^{-2} , el peso de 100 semillas en 1.32 g, el número de semillas por m^2 en 2260 y, el área del capítulo en 81 cm^2 . En cualquier nivel de N, el aumento en densidad de población redujo el área del capítulo y el número de semillas por capítulo, no obstante, el número de semillas por unidad de área aumentó, y se relacionó con el incremento en el rendimiento de semilla.

2.6. La temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

El crecimiento de un cultivo es el proceso de acumulación y traslocación de la materia fotosintetizada y está controlado principalmente por la escasez de agua, la nutrición y la intensidad de la irradiación. A diferencia, el desarrollo es el progreso del cultivo a través de sus diversas etapas fenológicas. El desarrollo de una planta consiste esencialmente en cambios en su estructura morfológica y en la actividad biológica que se crea. Estos cambios incluyen latencia y germinación de la semilla, desarrollo de la vegetación inicial, diferenciación de la floración temprana, elongación rápida del tallo, floración, polinización y el fijado, llenado y maduración de las semillas (Campos, 2005).

La planta es un producto, tanto de una constitución genética, así como del medio ambiente en el que se desarrolla. La constitución genética es una cantidad fijada para cada tipo de planta, y determina su potencial de crecimiento máximo bajo unas condiciones favorables a su desarrollo. En otras palabras, el crecimiento de las plantas está en función de varias condiciones ambientales o factores de crecimiento que pueden ser considerados como variables, y cuya magnitud y combinación determinan el crecimiento que puede obtenerse (Tisdale y Nelson, 1996).

El ambiente se define como la suma de todas las condiciones externas e influencias que afectan la vida y el desarrollo de un organismo. Entre los factores ambientales conocidos que influyen en el crecimiento de las plantas. La temperatura es definida como una medida de la intensidad de calor, que afecta directamente las funciones de fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la pared celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividad enzimática y coagulación de las proteínas de la planta (*Ídem*).

La velocidad de crecimiento de cualquier planta cultivada está limitada por dos valores de temperatura, uno mínimo y otro máximo, fuera de los cuales se detiene el crecimiento, además de existir un valor óptimo; estos tres valores reciben el nombre de temperaturas cardinales y varían para cada especie (Campos, 2005).

Los vegetales no tienen temperatura corporal alta, lo que es característico de los animales superiores; la temperatura de la mayoría de las plantas es muy cercana a la ambiental, las plantas absorben o pierden calor conforme el ambiente se hace más cálido o más frío (Torres, 1995).

El efecto de la temperatura en la fotosíntesis es complejo y diferente con las plantas de especies diferentes tanto como el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera, la intensidad de la luz, y la duración de la luz de una intensidad limitada. El consenso actual entre los fisiólogos es que, si la luz es limitante, la temperatura tiene poco efecto en la proporción de la fotosíntesis, pero si el dióxido de carbono es limitante y la intensidad de la luz no lo es, la fotosíntesis se incrementa por un aumento en la temperatura (Tisdale y Nelson, 1996).

La respiración es afectada por los cambios de temperatura; podría decirse que la respiración tiene lugar más lentamente a bajas temperaturas y se incrementa con las temperaturas más elevadas. Aunque a temperaturas muy altas, la proporción de respiración es inicialmente grande pero no se mantiene. Después de algunas horas a elevadas temperaturas la proporción, por lo menos en algunas plantas, desciende muy rápidamente (*Ídem*).

Las altas temperaturas pueden matar a las plantas por coagulación de las células, lo que sucede a los 50 °C, esto ocurre en las partes de la hoja a donde difícilmente llega el agua; aunque no se llegue a la coagulación, el calor daña las células por inactivación de las enzimas, desnaturalización de proteínas o destrucción de las mismas, así como el rompimiento de la microestructura de las lipoproteínas, liberando amoníaco que es muy tóxico (Rojas y Rovalo, 1985).

2.6.1. Acumulación de calor.

La dinámica del desarrollo vegetal muestra en gran medida un determinismo climático, el cual se ha tratado de cuantificar desde que R. Reaumur en 1730 inventó el termómetro. En 1735, Reaumur introduce el concepto de unidad calor o térmica, dando las primeras nociones de constancia térmica requerida para que una planta alcance su madurez y crea un método predictivo del desarrollo vegetal, en función de la temperatura. Desde esa fecha, se han realizado una gran cantidad de intentos por mejorar el concepto de constante térmica, basándose en que la velocidad de desarrollo aumenta linealmente con la temperatura; es entonces que se crea el concepto de días-grados, donde se considera la acumulación de calor efectiva por sobre una temperatura umbral o punto crítico. Un día-grado o una unidad térmica corresponde a un grado de la temperatura media por sobre este umbral, se dice, que cada etapa de desarrollo de un vegetal se cumple cuando la integración en el tiempo de los días-grados alcanza un determinado valor L , el cual sería constante para cada fase fenológica (Castillo y Santibáñez, 1987; Ledesma, 2000).

La diferencia entre la temperatura media del día y la temperatura base considerada, es la cantidad de grados día “útiles para el crecimiento” para ese día, y es utilizada como índice. La suma de estos índices se ha relacionado positivamente con el crecimiento (Aguirrezábal *et al.*, 2001).

El concepto de unidades calor, no obstante su falta de bases teóricas firmes, se ha utilizado ampliamente para propósitos de planeación y operación agrícolas, ya que su cálculo y aplicación es muy fácil. El éxito de este concepto depende de la estrecha relación que existe entre temperatura y radiación solar, temperatura y fotoperiodo, y la adaptación de variedades a fotoperiodos locales.

Según Villalpando (1984), los índices para calcular unidades calor pueden agruparse dentro de las tres categorías básicas siguientes: 1) Exponencial, 2) Fisiológico y 3) Residual.

1. Exponencial: El índice exponencial supone que para un incremento de 10°C en la temperatura, la tasa de crecimiento se duplica. Este método tiene la deficiencia que se asigna una alta eficiencia para crecimiento óptimo a temperaturas muy altas, lo

cual puede no ser correcto. La fórmula para calcular unidades calor por este método es al siguiente:

$$U.C. = \sum_{i=1}^n 2^{\frac{(T_i - 4.5)}{10}}$$

donde:

U.C. = Unidades calor o constante térmica
 T_i = Temperatura media diaria
 4.5 = Temperatura mínima para crecimiento

2. Fisiológico: Este tipo de índice está basado en la respuesta fisiológica de las plantas a la temperatura. Estos índices han sido desarrollados tanto bajo condiciones controladas en cámaras de crecimiento, como bajo condiciones de campo. Para maíz bajo condiciones de campo se determinó lo siguiente:

$$U.C. = \frac{(Y_{max} + Y_{min})}{2}$$

donde:

Y max = 1.85 (T max - 10) - 0.026 (T max - 10)²
 Y min = T min - 4.4
 T max = Temperatura máxima
 T min = Temperatura mínima

3. Residual: El índice residual acumula unidades calor arriba de una cierta temperatura base. Para calcular las unidades calor se emplea la siguiente fórmula básica:

$$U.C. = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

donde:

T max = T máxima diaria
 T min = T mínima diaria
 T base = Temperatura base

Algunas aplicaciones del concepto de unidades calor a la agricultura son las siguientes:

- 1) Estimación y predicción de etapas fenológicas de los cultivos (emergencia, floración, madurez fisiológica, entre otras).
- 2) Clasificación de especies y variedades con unidades calor como una medida estándar en lugar de días, para evitar las diferencias que se presentan para una misma variedad de una región a otra.
- 3) Para zonificar cultivos con base a las unidades calor requeridas.
- 4) Estimación y predicción de etapas biológicas de insectos.

En el presente estudio se utilizó el método residual para la determinación de la acumulación de calor.

2.7. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de girasol.

Aguirrezábal *et al.* (2001) reportaron que para que el cultivo de girasol tenga un buen desarrollo requiere de un clima templado o templado cálido dentro de su ciclo; la temperatura es un factor muy importante en su desarrollo, adaptándose muy bien a un amplio margen que va desde los 13-17 hasta los 25-30 °C; por ejemplo, bajo una temperatura media superior a 19 °C, la germinación y emergencia pueden lograrse en menos de ocho días. Navarro *et al.* (2012) señalaron que la temperatura óptima para el cultivo es de 26 °C, sin embargo, su desarrollo se da entre los 6 a los 40 °C. Para la germinación la temperatura óptima se encuentra entre 8 y 10 °C. Así mismo la temperatura media diaria determina el ritmo de crecimiento y modifica el ciclo de cada variedad, ya que la manifestación de sub-períodos necesita la acumulación de una determinada cantidad de unidades calor. La integral térmica (expresada por la suma de las temperaturas activas, es decir, con medias superiores a 5 °C) necesaria para el crecimiento de girasol varía en función de la duración del periodo de vegetación, entre 1,600 y 2,000 unidades calor (Ortegón *et al.*, 1993). El ciclo vegetativo del girasol oscila entre 100-150 días, dependiendo de la variedad, la fecha de siembra, la latitud y el manejo del cultivo (Navarro *et al.*, 2012).

Se puede cultivar desde áreas cercanas al nivel del mar y de hasta poco más de 2,500 metros sobre el nivel del mar, ya sea en condiciones de riego, temporal o humedad residual (Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, 2012). Esta especie posee mecanismos de adaptación a los déficits hídricos, tanto a corto como a largo plazo. El efecto de un déficit hídrico en la etapa vegetativa del cultivo puede reducir en forma importante la superficie transpiratoria, disminuyendo el área foliar principalmente a través de una disminución en la tasa de expansión de las hojas, y en menor medida, en la tasa de aparición de las mismas (Aguirrezábal *et al.*, 2001).

Méndez *et al.* (2006) hicieron una recopilación de información en cuanto a los requerimientos de agua en el cultivo de girasol, pues citan a Guzmán-Pérez (1987), que para que el girasol pueda alcanzar un normal desarrollo de planta y una producción rentable (1,800- 2,800 kg ha⁻¹) de semilla requiere un mínimo de 300 a 550 mm de lluvia bien distribuidos, y con base a experiencias locales en algunas regiones de Venezuela, indicaron que son necesarios 400 mm que deberán presentarse hasta la floración y de 150 a 200 mm para la formación del grano; además se tiene que tener especial cuidado en que las lluvias no se prolonguen durante la fecundación, ya que esto puede afectar notoriamente la consistencia y contenido de aceite del grano y durante la madurez es preferible un ambiente seco; esta condición beneficia la cosecha y contrarresta el desarrollo de enfermedades fungosas.

2.8. Estudios previos con la determinación de fechas de siembra en clima árido.

El crecimiento de un cultivo es afectado por un grupo complejo de factores ambientales, los de mayor impacto son: la precipitación pluvial, la radiación y la temperatura estacional. La relación entre estos factores y el crecimiento y rendimiento del cultivo estará en función del clima en que éste se desarrolle (Escalante *et al.*, 2001). La temperatura medida como unidades calor o grados días o tiempo termal, también ha mostrado una relación alta con el rendimiento, por ejemplo, en maíz; además ya se ha utilizado como base para la clasificación del desarrollo y madurez de los cultivos. En una región de clima cálido, la producción de biomasa y rendimiento del frijol 'Michoacán 12-A-3' varía en función de la época y fecha de siembra.

El genotipo y la temperatura durante la etapa reproductiva son los principales factores que afectan el rendimiento de grano y el contenido de aceite en algunas oleaginosas, como es el caso de la canola; estos factores pueden ser controlados al seleccionar los cultivares, época de siembra y regiones de cultivo (Ortegón *et al.*, 2006).

La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del rendimiento en grano. La biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento (Hernández y Soto, 2012).

III. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del sitio de estudio.

La presente investigación se llevó a cabo en el Valle de Santo Domingo, perteneciente al municipio de Comondú, estado de Baja California Sur, el cual presenta las siguientes características fisiográficas y climáticas.

3.1.1. Localización.

El municipio de Comondú se encuentra en la parte central del Estado de Baja California Sur, entre los meridianos $110^{\circ}52'07''$ y $112^{\circ}47'12''$ al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos $23^{\circ}35'25''$ y $26^{\circ}24'16''$ de latitud norte. Colinda al norte con el municipio de Mulegé, al este con el municipio de Loreto y Golfo de California, al oeste con el Océano Pacífico y al sur con el municipio de La Paz. La cabecera municipal es Ciudad Constitución (Mendoza, 1987).

El Valle de Santo Domingo se encuentra en el Distrito de Riego 066 en el municipio de Comondú, Baja California Sur (Figura 1), ocupando una superficie de 72,409 ha que representa el 45.38 % de la extensión municipal (Troyo *et al.*, 2010).

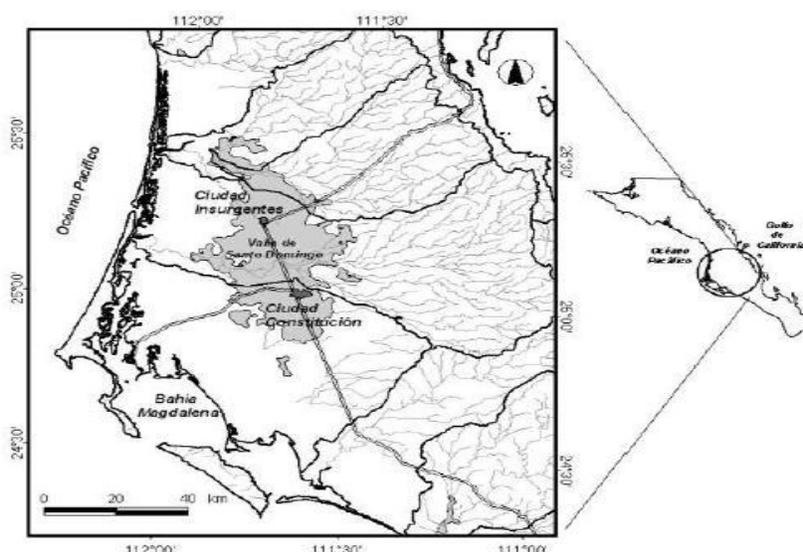


Figura 1. Ubicación geográfica del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur (Troyo *et al.*, 2010).

3.1.2. Clima.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1983) el clima de Comondú, se ubica en el grupo BW, que es de las zonas más secas o muy áridas. En la región del valle de Santo Domingo hacia el este hay climas de muy seco cálido y cálido, ya en la región de la Sierra de La Giganta presenta un clima seco semicálido (Inafed, 2011).

La precipitación es escasa con un promedio anual que varía de 101 a 150 mm, esto es en la mayor parte del distrito (78.8 %) y para el resto del distrito la precipitación es menor de 100 mm (Meza y Reygadas, 2001).

La precipitación en el Valle de Santo Domingo se distribuye de la siguiente manera (Tabla 4).

Tabla 4. Precipitación media anual en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Precipitación (mm)	Superficie (ha)
>0 – 100	39,208.4
>100 – 150	146,373.8

Fuente: Meza y Reygadas (2001).

Las temperaturas que se registran en el 95 % del distrito presentan temperaturas mínimas promedio de 13 y 14 °C, siendo sus límites inferior y superior de 12 y 15 °C respectivamente (Tabla 5); estas temperaturas se presentan en la mayor parte del área occidental del distrito. La temperatura máxima promedio anual varía de los 25 °C a los 30 °C, un 78 % de la superficie del valle es afectada por temperaturas de entre 29 °C y 30 °C en la parte oriental.

Tabla 5. Temperatura máxima y mínima media anual en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Temperatura mínima (°C)	Superficie (ha)	Temperatura máxima (°C)	Superficie (ha)
12	7,653.8	25	674.8
13	64,716.0	26	1,405.4
14	112,937.8	27	7,218.2
15	273.9	28	30,904.3
		29	61,552.6
		30	83,790.6

Fuente: Meza y Reygadas (2001).

3.1.3. Suelo.

En el área del Distrito de Riego 066, existen ocho clases texturales de suelo, predominando los suelos de textura franco arenosa en el 19 % de la superficie, un 5 % más de la superficie tiene suelos de textura franco arcillo-arenosos. Un 27 % restante tiene textura de clase media lo que ubica a estos suelos como considerados aptos para la mayoría de los cultivos agrícolas (Tabla 6) (Meza y Reygadas, 2001).

Tabla 6. Textura del suelo en el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Textura	Superficie (ha)	Textura	Superficie (ha)
Arcillo-arenoso	922.1	Franco	4,093.2
Arcilloso	1,416.1	Franco-arcillo-arenoso	9,764.1
Arena franca	409.7	Franco-arcilloso	1,011.5
		Franco-arenoso	35,644.0
		Franco-limoso	601.8

Fuente: Meza y Reygadas (2001).

En cuanto al pH, valores que van de entre 6 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de los cultivos y la mayor disponibilidad de nutrimentos se da en valores de 6-7. Un 15.5 % de los suelos del valle de Santo Domingo se han clasificado como medianamente alcalinos cuyos valores van de 7.9 y 8.4 y solo el 0.5 % de la superficie tiene suelos con pH neutro (Tabla 7) (*Ídem*).

Tabla 7. Valores de pH de suelo, en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

CLASE	pH	Superficie (ha)
Fuertemente ácido	5.1 - 5.5	101.8
Neutro	6.6 - 7.3	903.7
Ligeramente alcalino	7.4 - 7.8	15,858.9
Medianamente alcalino	7.9 - 8.4	28,805.2
Fuertemente alcalino	8.5 - 9.0	3,389.3

Fuente: Meza y Reygadas (2001).

3.1.4. Orografía.

El municipio de Comondú se divide en dos sub-provincias geológicas que son los llanos de Magdalena y de Sierras Volcánicas y de Mesetas. El principal sistema montañoso que atraviesa al municipio se llama Sierra de la Giganta, este sistema atraviesa a la Península de Baja California de noreste a sureste, esta sierra se ubica en la parte este del municipio con una elevación de 1,680 msnm. En el oeste existen grandes llanuras. Los Llanos de Magdalena tienen una ligera pendiente de este a oeste y se erosiona fácilmente por la acción del viento (Inafed, 2011).

3.1.5. Hidrografía.

En el Valle de Santo Domingo existen arroyos y escurrimientos efímeros o intermitentes. El arroyo que destaca es el de Las Bramonas, que cruza el valle en dirección este a oeste y descarga en la costa del Océano Pacífico por la región de Bahía Magdalena (Troyo *et al.*, 2010).

Las lluvias que se presentan eventualmente son torrenciales pero breves, lo que hace posible que se recargue el acuífero dentro del valle. Este acuífero es el más importante de la región ya que se destina el 97 % para uso agrícola y el 3% restante para otros usos (SEMARNAT, 2010).

3.2. Metodología.

Se estableció un experimento con tres variedades de girasol siguientes: Olisun 1, Olisun 2, y EXPOL 4 en dos fechas de siembra: el 10 de febrero y el 26 de febrero de 2014. Para ello, se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones ($n=4$) y arreglo factorial axb ; el factor “a” evaluó el efecto de fecha de siembra ($a=2$) y el factor “b”, el efecto de variedad ($b=3$). Dos surcos espaciados a 0.8 m y con una longitud de 6 m integraron el área del factor b; las mediciones se realizaron considerando 2 m de longitud de los dos surcos del centro de cada variedad, dando un área de 3.2 m² de parcela útil. Las variables determinadas fueron: el rendimiento de grano en t ha⁻¹ y se midió en cinco plantas de cada

repetición por variedad, la altura de planta antes de cosecha, diámetro del capítulo en centímetros, el peso de 1000 semillas en gramos y el peso hectolítrico en Kg hl⁻¹ (Manivannan, 2008). El monitoreo de la fenología del cultivo se midió empleando grados-día de desarrollo (GDD), a través del cálculo de las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas diarias de la estación climatológica de Cd. Constitución, B.C.S. La temperatura base empleada para el cálculo de GDD fue de 6°C (Izquierdo *et al.*, 2008). Adicionalmente se realizó un experimento de cuatro fechas de siembra en predios bajo el esquema de productores cooperantes en el Lote 41 de la colonia Nueva California, ubicada en el mismo valle de Santo Domingo, B.C.S., las cuales fueron sembradas únicamente de la variedad Olisun 2, las fechas de siembra fueron: primer fecha fue el 5 de febrero de 2014, la segunda fue el 15 de febrero de 2014, la tercera fue el 5 de marzo de 2014 y finalmente la cuarta fecha fue el 21 de marzo de 2014; realizando las mediciones antes mencionadas en las plantas de estos lotes.

Con datos recabados (clima y de fenología del cultivo por parte de los investigadores del INIFAP), se calcularon los grados-día de desarrollo (GDD) requeridos para completar cada fase fenológica del cultivo de girasol establecido en esta región. Para el cálculo se aplicó la fórmula $GDD = T_{med} - T_b$, donde T_{med} es la temperatura media del día (°C), T_b es la temperatura base del cultivo de girasol, la cual es de 6 °C.

Se recabaron datos de temperatura y precipitación del periodo 1974-2014, para estimar la tendencia de estos parámetros, así como para estimar las unidades calor en el ciclo del cultivo.

3.2.1. Variables a evaluar.

a) Tendencia de la temperatura y precipitación promedio mensual del periodo 1974-2014 de la estación de Cd. Constitución en B.C.S.: Se sistematizó la información de dicha estación climatológica y se agrupó de forma diaria y mensual para obtener el promedio del periodo de tiempo considerado y así en forma gráfica, contrastar las tendencias con el periodo de estudio del cultivo en campo.

b) Comportamiento de los rendimientos del cultivo de girasol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.: Se analizaron los datos de rendimiento de las diversas fechas de siembra evaluadas en el año de 2014.

c) Componentes de rendimiento del cultivo de girasol: las mediciones se realizaron considerando 2 m de longitud de los dos surcos del centro de cada variedad, dando un área de 3.2 m² de parcela útil. Se consideraron los siguientes:

- Diámetro de capítulo: Se midió en la etapa final del cultivo, por la parte media del capítulo, con la ayuda de un vernier.

- Altura de planta: Esta fue medida con una regla, desde la base de la planta hasta el final del capítulo; de igual forma en la última etapa del ciclo del cultivo.

- Peso de 1,000 semillas: Una vez cosechados los capítulos, se desgranaron de forma manual, para poder contar 1,000 semillas y pesar con la ayuda de una balanza granataria.

- Peso hectolítrico de semillas: Se utilizó una probeta de 1 litro de capacidad para llenarla con la semilla, y después ser pesada en la balanza granataria.

- Rendimiento: Fue tomado de los capítulos de las plantas que se encontraron dentro de la parcela útil; se desgranaron manualmente y se pesaron, para después hacer la estimación del rendimiento en t ha⁻¹.

d) Relación de las condiciones ambientales con la producción de girasol (fecha óptima de siembra): Se correlacionaron los datos climáticos y la acumulación de calor con las diversas fechas de siembra para establecer su influencia sobre el comportamiento fenológico y rendimiento de este cultivo.

3.2.2. Análisis estadístico.

Se realizaron los análisis de varianza correspondientes y la prueba de separación de medias por el método de Tukey, a una $p > 0.05$. Los datos se analizaron en el programa estadístico Statgraphics (Statgraphics Inc., 2013).

3.3. Materiales.

Se requirió de los siguientes materiales.

- Cinta métrica.
- Vernier
- Cámara fotográfica.
- Balanza granataria.
- Libreta de campo.
- Bolsas de papel.
- Computadora.
- Vehículo para el traslado y recorrido en la zona agrícola del Valle de Santo Domingo.
- Hojas de papel.
- Marcadores.
- Maskin tape

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tendencia de la temperatura y precipitación promedio mensual del periodo 1974-2014 de la estación de Cd. Constitución en B.C.S.

En la Figura 2, se presentan las tendencias de la precipitación y temperaturas (media, máxima y mínima) promedio mensual del análisis de información del periodo de 1974 al 2014 de la estación de Cd. Constitución, la cual se encuentra dentro del área de estudio.

Se observa que las condiciones climáticas son propias de los climas semiáridos, en donde la baja precipitación obliga a establecer los distintos sistemas de producción bajo condiciones de riego. Por lo tanto, en la zona de estudio el cultivo de girasol se establece bajo condiciones de riego (del tipo aspersión mediante pivote central), por lo que la temperatura es la variable climática que influirá en el desarrollo de este cultivo.

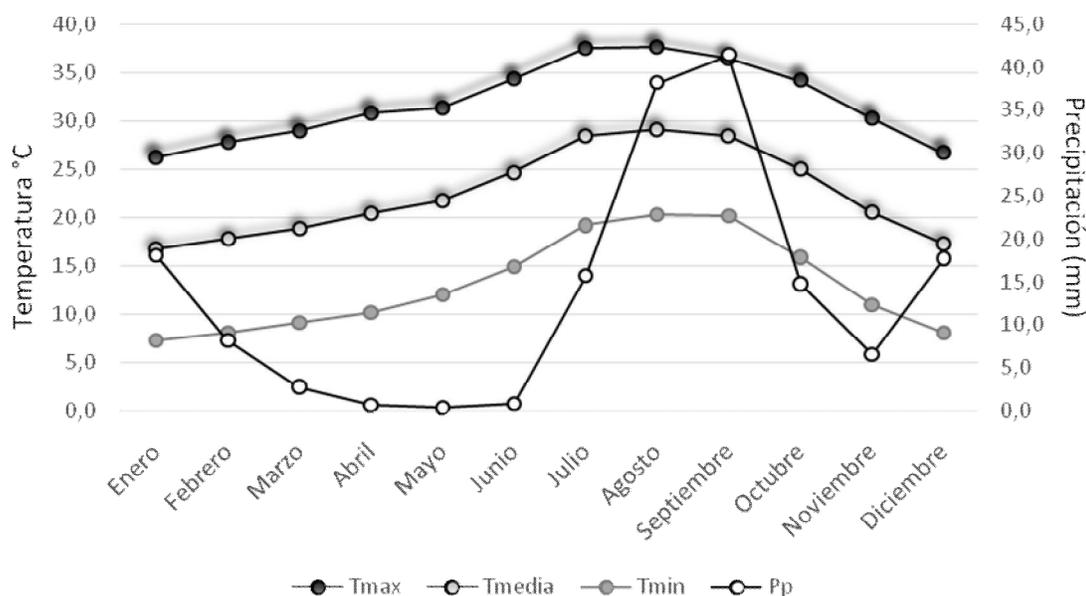


Figura 2. Tendencia de la temperatura y precipitación promedio mensual (1974-2014), Cd. Constitución, B.C.S.

Por lo tanto, la temperatura muestra una variación a través del año, la media oscila entre los 17 y 28 °C, sin embargo, durante el periodo invernal, las temperaturas mínimas llegan a ser menores de 10 °C, lo cual disminuye el desarrollo de este cultivo, situación que fue evaluada con el establecimiento de seis fechas de siembra que más adelante se analizan.

Durante el periodo de verano (junio-septiembre), el establecimiento de los cultivos en la zona de estudio se ve mermado por las altas temperaturas, estas llegan a ser superiores a 40°C, que para el cultivo de girasol son temperaturas extremas y que pueden mermar sus rendimientos.

4.2. Comportamiento de los rendimientos del cultivo de girasol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

A partir de las dos fechas de siembra evaluadas (11 y 26 de febrero) se obtuvieron los siguientes resultados promedios (Tabla 8).

Tabla 8. Rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Componente / Genotipo	Fecha de siembra					
	11 de febrero			26 de febrero		
	Olisun	Olisun 2	Expol 4	Olisun	Olisun 2	Expol 4
Rendimiento (t ha ⁻¹)	1.72	2.14	2.58	2.37	3.28	3.54

De la Tabla 8, se observan las diferencias entre los genotipos y las fechas de siembra, para la fecha del 11 de febrero de 2014 el mejor genotipo fue Expol 4 con 2.58 t ha⁻¹, seguido de Olisun 2 con un rendimiento de 2.14 t ha⁻¹ y finalmente el genotipo Olisun con 1.72 t ha⁻¹; esto comparado con la segunda fecha (26 de febrero de 2014), donde los rendimientos fueron 2.37, 3.28 y 3.54 para los genotipos Olisun, Olisun 2 y Expol 4, respectivamente; lo cual representa una disminución en el rendimiento que va del 27 al 34 % en los tres genotipos.

Al observar las diferencias entre los genotipos en las dos fechas de siembra, se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) correspondiente (Tabla 9).

Tabla 9. ANDEVA del rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Fechas (a)	1	0.51656004	0.51656004	0.27319308	4.543	NS
Genotipo (b)	2	0.43700475	0.21850238	0.64585399	3.682	NS
Interacción (axb)	2	0.02504558	0.01252279	11.2691031	3.682	*
Error	15	2.11680946	0.14112063			
Total	23	3.33681063				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

En la Tabla 9 se observa que no hubo significancia entre las fechas de siembra y entre los genotipos, sin embargo, si hubo significancia en la interacción Fecha de siembra x Genotipo, para lo cual se realizó la prueba de separación de medias (DMS) correspondiente al 0.95 % de probabilidad (Tabla 10).

Tabla 10. DMS del rendimiento (Fecha de siembra x Genotipo) del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Interacción	Rendimiento (t ha⁻¹)
Expol 4 x Fechas	3.060.9 A
Olisun 2 x Fechas	2.714 B
Olisun x Fechas	2.044.9 B

NOTA: Letras iguales indican similitud estadística.

En la Tabla 10, se observa que estadísticamente se separan las medias en dos grupos, el grupo A esta la interacción “Expol 4 x Fechas”, donde el rendimiento promedio de las dos fechas de siembra es de 3.060.9 t ha⁻¹; el segundo grupo es B, donde se tiene a “Olisun 2 x Fechas” y “Olisun x Fechas” con rendimientos de 2.714 y 2.044.9 t ha⁻¹, respectivamente.

Para comparar los resultados de esta investigación se tomaron datos de campo de otros productores de la zona de trabajo, los cuales producen la variedad Olisun 2 (Tabla 11).

Tabla 11. Rendimiento comercial en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Variable	Fecha de siembra			
	5 de febrero	15 de febrero	5 de marzo	21 de marzo
Rendimiento (t ha ⁻¹)	3.69	3.81	3.51	3.06

En la zona del Valle de Santo Domingo, B.C.S., algunos productores establecieron predios con el cultivo de girasol; pero únicamente sembraron la variedad Olisun 2, las cuales fueron muestreadas y se obtuvieron los resultados promedio de rendimiento (Tabla 11). En la fecha del 5 de febrero de 2014 (Fecha 1) se tuvo un rendimiento de 3.69 t ha⁻¹, la siguiente fecha fue 15 de febrero de 2014 (Fecha 2) y el rendimiento fue de 3.81 t ha⁻¹, que representa un 3.3 % mayor que en la fecha anterior; así en la fecha del 5 de marzo de 2014 (Fecha 3) se obtuvo un rendimiento de 3.51 t ha⁻¹, lo que es 4.89 % menor que la Fecha 1 y 7.86 % menor que en la Fecha 2; finalmente en la fecha de siembra del 21 de marzo de 2014 (Fecha 4), el rendimiento fue de 3.06 t ha⁻¹; siendo 17.07 % menor que el rendimiento de la Fecha 1, 19.68 % menor que en la Fecha 2 y 12.82 % menor que la Fecha 3.

Al observar estas diferencias se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) correspondiente (Tabla 12).

Tabla 12. ANDEVA del rendimiento (t ha⁻¹) comercial en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Repetición	3	0.11913075	0.03971025	0.28157423	3.87	NS
Fechas	3	1.29450425	0.43150142	3.0596554	3.87	NS
Error	9	1.26926475	0.14102942			
Total	15	2.68289975				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

En cuanto al rendimiento no existió diferencia estadística significativa entre las cuatro fechas de siembra, sin embargo, en la Fecha 2 (15 de febrero de 2014) se obtuvo el mayor rendimiento.

4.3. Componentes de rendimiento del cultivo de girasol.

Se evaluó la altura de planta, el diámetro del capítulo, el peso de 1,000 semillas y el peso hectolítrico, para cada variedad y fecha de siembra (Tabla 13).

Tabla 13. Componentes de rendimiento del cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Componente / Genotipo	Fecha de siembra					
	11 de febrero			26 de febrero		
	Olisun	Olisun 2	Expol 4	Olisun	Olisun 2	Expol 4
Altura de planta (m)	1.49	1.46	1.53	1.47	1.77	1.73
Diámetro de capítulo (cm)	20.0	21.8	21.5	21.25	18.75	18.0
Peso de 1,000 semillas (g)	58.0	64.8	49.3	43.9	41.8	41.2
Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)	24.98	20.08	18.47	21.87	26.15	22.80

En la Tabla 13 se observan los resultados de las mediciones de los componentes de rendimiento, en cuanto a la altura de planta con excepción del genotipo Olisun, en la fecha del 26 de febrero presentaron mayor altura (Olisun 2 con 1.77 m). En el caso del diámetro de capítulo es más grande en la fecha del 11 de febrero para los genotipos Olisun 2 y Expol 4 con 21.8 y 21.5 cm, respectivamente; únicamente en Olisun se presentó mayor el diámetro de capítulo en la fecha del 26 de febrero con 21.25 cm. En cuanto al peso de 1,000 semillas en los tres genotipos se presentó mayor en la fecha de siembra del 11 de febrero con valores que van desde 49.3 hasta 64.8 g. Finalmente, para el peso hectolítrico el genotipo Olisun tuvo un peso mayor en la fecha del 11 de febrero con 24.98 kg hl⁻¹, el genotipo que presentó el peso más alto fue Olisun 2 con 26.15 kg hl⁻¹, en la fecha del 26 de febrero.

En las variables altura de planta, diámetro de capítulos, peso de 1,000 semillas y peso hectolítrico no existió significancia entre las fechas de siembra y genotipos (Tabla 14, 15, 16 y 17).

Tabla 14. ANDEVA de altura de plantas (m) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Fechas (a)	1	1734	1734	0.05036524	4.543	NS
Genotipo (b)	2	1130.333333	565.166667	0.15452669	3.682	NS
Interacción (axb)	2	1093	546.5	0.15980482	3.682	NS
Error	15	1310	87.33333333			
Total	23	5483.833333				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Tabla 15. ANDEVA de diámetro de capítulos (cm) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Fechas (a)	1	18.375	18.375	0.28344671	4.543	NS
Genotipo (b)	2	3.083333333	1.54166667	3.37837838	3.682	NS
Interacción (axb)	2	27.25	13.625	0.382263	3.682	NS
Error	15	78.125	5.208333333			
Total	23	141.9583333				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Tabla 16. ANDEVA de peso de 1,000 semillas (g) en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Fechas (a)	1	1354.50375	1354.50375	0.03807551	4.543	NS
Genotipo (b)	2	148.27	74.135	0.69566894	3.682	NS
Interacción (axb)	2	387.79	193.895	0.26598632	3.682	NS
Error	15	773.60125	51.5734167			
Total	23	2679.63625				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Tabla 17. ANDEVA de peso hectolítrico (kg hl⁻¹) de semillas en el cultivo de girasol bajo dos fechas de siembra. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Fechas (a)	1	35.5266667	35.5266667	0.27051354	4.543	NS
Genotipo (b)	2	37.3158333	18.6579167	0.51508668	3.682	NS
Interacción (axb)	2	94.9158333	47.4579167	0.20250456	3.682	NS
Error	15	144.156667	9.61044444			
Total	23	444.578333				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Como se mencionó anteriormente, para complementar este estudio, se evaluaron algunos componentes de rendimiento de siembras comerciales de la variedad Olisun 2 de productores en la Colonia Nueva California, Cd. Constitución, los valores se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Componentes de rendimiento evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Variable	Fecha de siembra			
	5 de febrero	15 de febrero	5 de marzo	21 de marzo
Altura de planta (m)	1.42	1.57	1.45	1.42
Diámetro de capítulo (cm)	15.35	16.00	14.85	12.60
Peso de 1000 semillas (g)	50.5	51.1	51.7	49.3
Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)	32.3	34.3	35.8	31.7

Se observa en la Tabla 18 las mediciones realizadas de los componentes de rendimiento en los predios de productores de la variedad Olisun 2, en las distintas fechas de siembra; con respecto a la altura de planta la fecha del 15 de febrero presentó las plantas más altas, con un valor promedio de 1.57 m; así como las plantas con el diámetro de capítulo más grande con 16 cm. Para el caso del peso de 1,000 semillas se presentaron valores muy similares, entre la fecha del 15 de febrero y 5 de marzo con valores de 51.1 y 51.7 g, respectivamente. Por último, el peso hectolítrico fue mayor en la fecha del 5 de marzo con 35.8 kg hl⁻¹.

Se realizó el análisis de varianza (ANDEVA) y no existió significancia entre las distintas fechas de siembra para las mediciones de altura de planta, peso de 1,000 semillas y peso hectolítrico (Tabla 19, 20 y 21).

Tabla 19. ANDEVA de altura de planta (m) evaluadas en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Repetición	3	738.6875	246.229167	0.71392329	3.87	NS
Fechas	3	533.6875	177.895833	0.51579583	3.87	NS
Error	9	3104.0625	344.895833			
Total	15	4376.4375				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Tabla 20. ANDEVA del peso de 1,000 semillas (g) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Repetición	3	101.0525	33.6841667	0.88426004	3.87	NS
Fechas	3	12.1875	4.0625	0.10664673	3.87	NS
Error	9	342.8375	38.0930556			
Total	15	456.0775				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Tabla 21. ANDEVA de peso hectolítrico (kg hl⁻¹) de semillas evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Repetición	3	9.781875	3.260625	0.46028292	3.87	NS
Fechas	3	42.886875	14.295625	2.01802782	3.87	NS
Error	9	63.755625	7.08395833			
Total	15	116.424375				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

El componente de rendimiento donde se presentó significancia fue en el diámetro de capítulo (Tabla 22).

Tabla 22. ANDEVA de diámetro de capítulos (cm) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	Ft 0.05	Significancia
Repetición	3	5.841875	1.94729167	1.19746338	3.87	NS
Fechas	3	26.286875	8.76229167	5.38826494	3.87	*
Error	9	14.635625	1.62618056			
Total	15	46.764375				

NOTA: NS=No significativo. * Significativo al 95 %.

Existió significancia entre las fechas de siembra, por lo que se realizó la prueba de separación de medias (DMS) correspondiente al 0.95 % de probabilidad (Tabla 23).

Tabla 23. DMS del diámetro de capítulo (cm) evaluados en siembras comerciales, en cuatro fechas de siembra de girasol de la variedad Olisun 2, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Fechas	Diámetro de Capítulo (cm)
15 de febrero	16.0 A
5 de febrero	15.35 A
5 de marzo	14.93 B
21 de marzo	12.60 B

NOTA: Letras iguales indican similitud estadística.

Se clasificó en la prueba de separación de medias para el diámetro del capítulo en dos grupos, en el grupo “A”, se encuentran las fechas de siembra del 15 y 5 de febrero con 16.0 y 15.35 cm respectivamente; en el grupo “B” las fechas 5 y 21 de marzo con valores de 14.93 y 12.60 cm.

4.4. Relación de las condiciones ambientales con la producción de girasol (fecha óptima de siembra).

Como parte del trabajo se recabaron datos de temperatura (máxima y mínima) de la estación meteorológica de Cd. Constitución, B.C.S., para calcular los grados día de desarrollo (GDD) durante el ciclo de cultivo, en el experimento factorial de las dos fechas de siembra y los tres genotipos de girasol. En la Figura 3, se presenta el registro diario de

las temperaturas y la acumulación de calor en la fecha de siembra del 11 de febrero de 2014 (Fecha 1); de igual forma se marcan los umbrales de temperatura máximo y mínimo del girasol, que son 40°C y 6°C respectivamente. Dentro de los 109 días después de la siembra (DDS) en los que se cosechó (R-8), se acumularon un total de 1,811.8 GDD, en cuanto a las temperaturas existió un periodo en el que se superó el umbral máximo en los 93, 94, 95 y 96 DDS, con la temperatura máxima alcanzada de 41.6 °C en el día 95; dicho periodo coincide con la etapa fenológica de floración de cultivo (R-5), situación que pudo haber tenido un efecto en los componentes de rendimiento; destacando el rendimiento y altura de planta máximo de Expol 4 con 2.58 t ha⁻¹ y 1.53 m, el diámetro de capítulo y peso de 1,000 semillas máximos fue de Olisun 2 con 21.8 cm y 64.8 g, respectivamente; por último el peso hectolítrico fue mayor en Olisun con un valor de 24.98 kg hl⁻¹; finalmente en el día 106 también se superó el umbral máximo de temperatura con 40.8 °C.

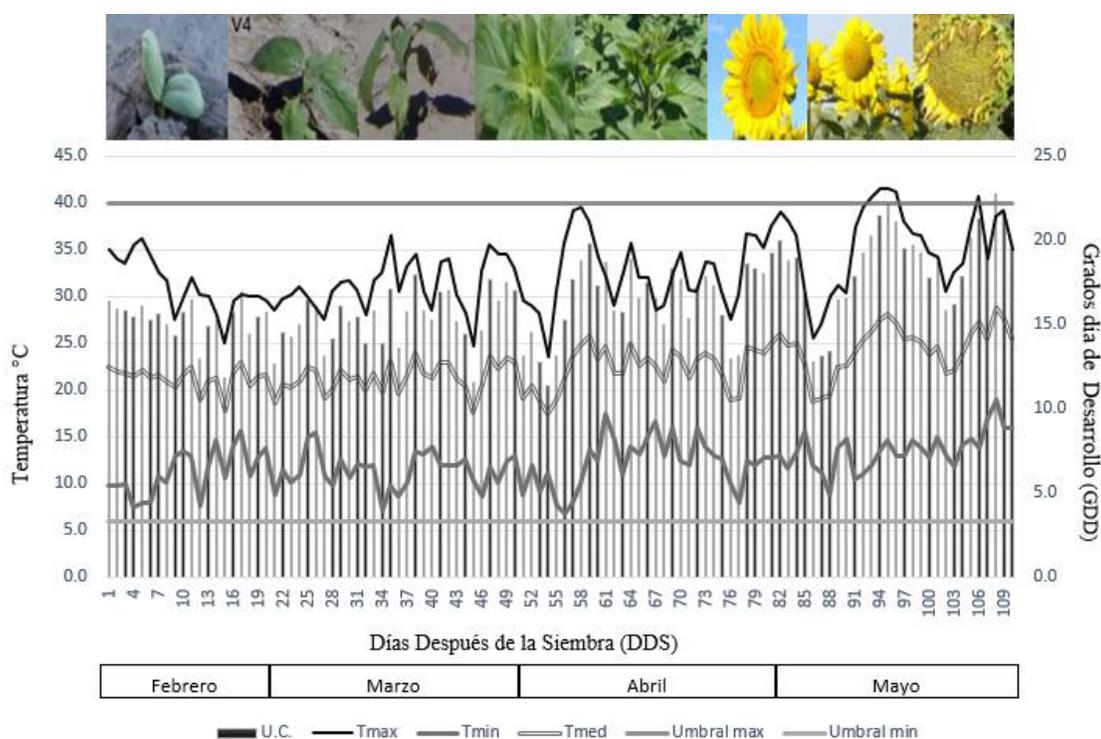


Figura 3. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol sembrado el 11 de febrero, en Cd. Constitución, 2014.

Para la fecha del 26 de febrero (Fecha 2) se elaboró la Figura 4, en donde se representa el ciclo del cultivo de girasol que fue de 113 días después de la siembra (DDS), hasta llegar a la etapa fenológica R-8, con una acumulación de calor de 2,020.3 GDD; el comportamiento

de las temperaturas estuvo dentro de los umbrales, sin embargo, en los días 78, 79, 80 y 81 DDS se presentó un periodo en que se sobrepasó el umbral máximo de temperatura, con un máximo de 41.6 °C; el ciclo del cultivo en estos días se encontró en la etapa R-4, caracterizada por el inicio en la apertura de la inflorescencia; en el DDS 91 nuevamente se superó el umbral máximo con 40.8 °C y finalmente los DDS 97 y 98 se presentaron las temperaturas más altas en el ciclo de cultivo con 42.0 y 45.8 °C, el cultivo iniciaba la etapa R-6 donde la antesis es completa y las flores liguladas comienzan a marchitarse; no obstante los datos demuestran que no se vio afectado el rendimiento, pues los genotipos presentaron un rendimiento promedio superior a la primer fecha de siembra, siendo Expol 4 el que tuvo el rendimiento más alto con 3.54 t ha⁻¹; esto no sucedió con todos los componentes de rendimiento, pues al contrastar estos con la primer fecha, en el diámetro de capítulo se redujo en la Fecha 2 poco más de 0.5 cm, el genotipo Olisun fue con 21.25 cm el de mayor diámetro, también el peso de 1,000 semillas en esta fecha se redujo, el máximo alcanzado fue de 43.9 g por el genotipo Olisun; los componentes de rendimiento donde la Fecha 2 es superior fueron en la altura de planta con 1.77 m promedio de Olisun 2 y el peso hectolítrico, el promedio más alto fue Olisun 2 con 26.15 kg hl⁻¹.

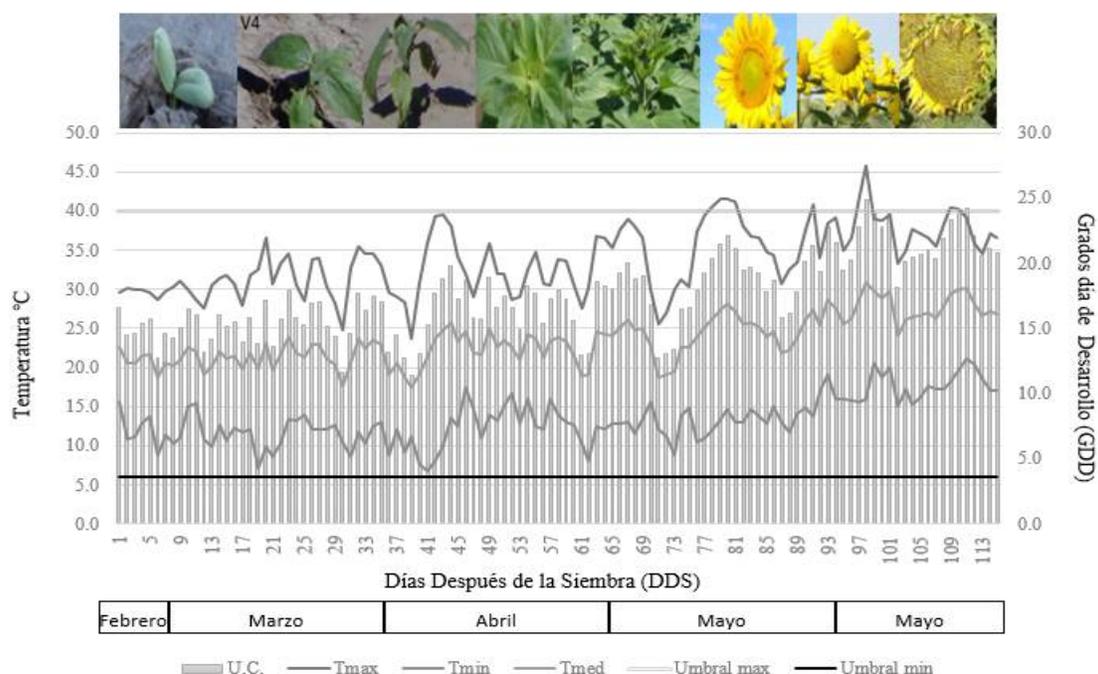


Figura 4. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol sembrado el 26 de febrero en Cd. Constitución, 2014.

Se contabilizaron los grados día de desarrollo (GDD) de siembras comerciales de la variedad Olisun 2 de productores en la Colonia Nueva California, Cd. Constitución, B.C.S., (Figura 5), el ciclo de cultivo de la fecha de siembra del 5 de febrero de 2014 (Fecha 1); donde se acumularon 1,782.6 grados día de desarrollo (GDD), con 111 días de ciclo; dentro de este periodo de cultivo se presentaron temperaturas fuera de los umbrales máximos y mínimos; dentro de los primeros 4 días se presentaron temperaturas que superaron el umbral mínimo (6°C) con 4.8 °C como mínima el día 3 después de la siembra; en los días 99, 100, 101 y 102 DDS se presentó un periodo en el que se rebasó el umbral máximo, siendo la temperatura máxima de 41.6 °C el día 101. Bajo estas condiciones se obtuvo un rendimiento promedio de 3.69 t ha⁻¹, en altura de planta fueron en promedio de 1.42 m, el diámetro de capitulo promedio fue de 15.35 cm, un peso de 1,000 semillas de 50.5 g y el peso hectolítrico fue de 32.2 kg hl⁻¹.

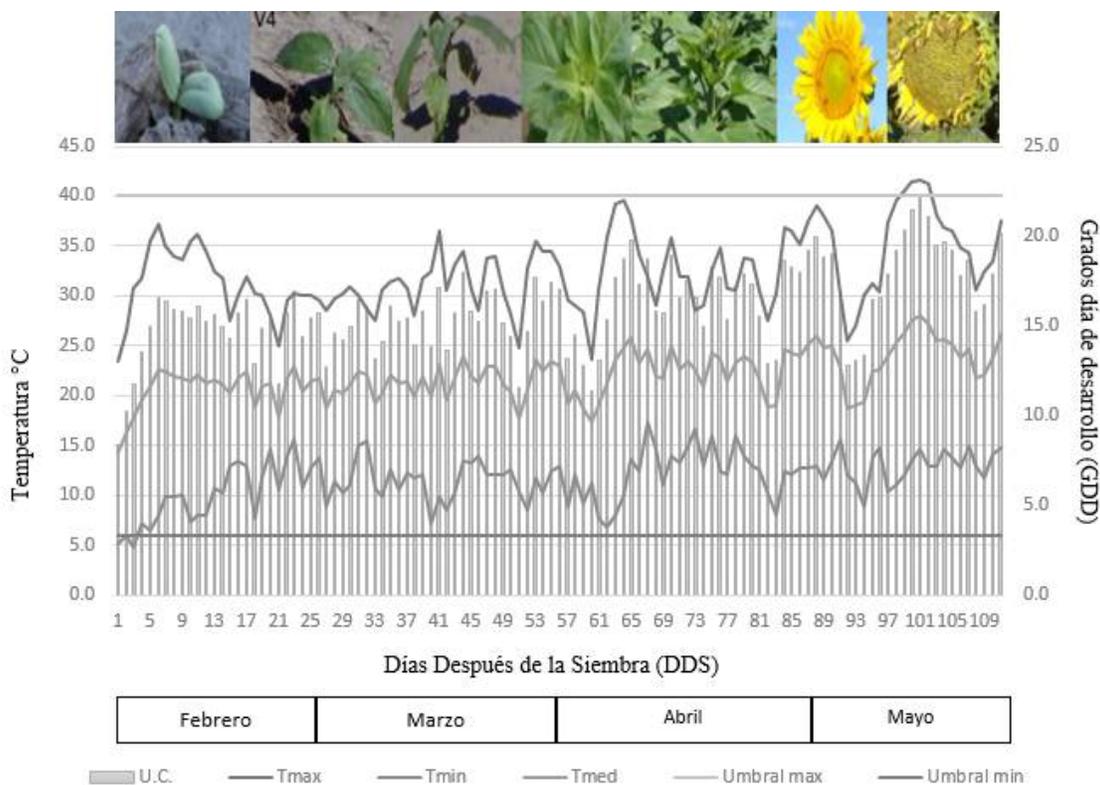


Figura 5. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 5 de febrero, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Se calcularon los grados día de desarrollo (GDD) de la fecha de siembra del 15 de febrero de 2014 (Fecha 2) y se muestra en la Figura 6, en la cual se acumularon 1,959 GDD en 114 días de ciclo, y se obtuvo un rendimiento promedio de 3.81 t ha⁻¹ que fue el promedio más alto de las cuatro fechas establecidas. En cuanto a los umbrales de temperatura durante el ciclo de cultivo se presentó el primer periodo en los días 90, 91, 92 y 93 DDS, con una máxima de 41.6 °C, posteriormente en el DDS 103 se presentó una temperatura máxima de 40.8 °C y al final del ciclo se presentaron otros dos días en donde se rebasó dicho umbral, el día 110 DDS presentó la temperatura máxima del ciclo con 45.8 °C. Bajo estas condiciones a lo largo del ciclo de cultivo, los resultados de los componentes de rendimiento evaluados fueron: altura de planta promedio de 1.57 m y diámetro de capitulo promedio de 16 cm, valores más altos en comparación con las otras fechas de siembra; el peso de 1,000 semillas fue de 51.1 g y el peso hectolítrico de 34.3 kg hl⁻¹.

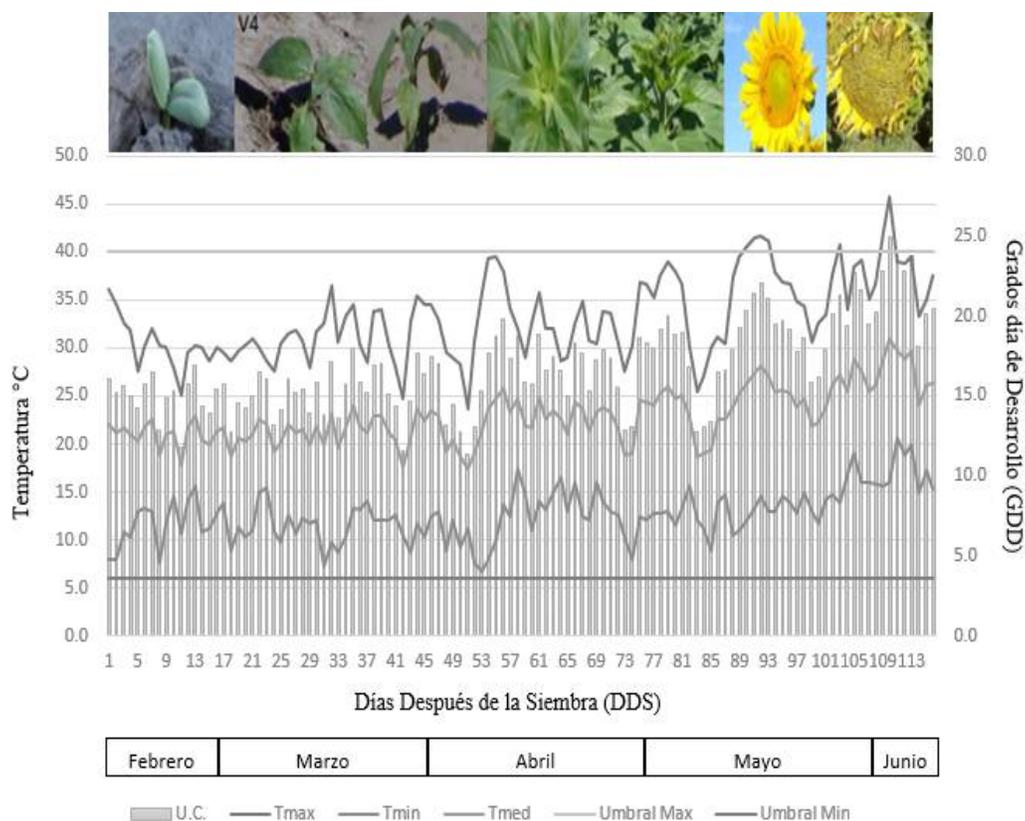


Figura 6. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 15 de febrero, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

De igual forma se calculó la acumulación de calor mediante los GDD en la fecha de siembra del 5 de marzo (Fecha 3), en el ciclo de cultivo de 113 días se acumularon 2,028.3 GDD, el esquema se muestra en la Figura 7, en donde se observan los días en que se superó el umbral máximo de temperatura (días 71, 72, 73 y 74 DDS) con una temperatura máxima de 41.6 °C, luego para el día 84 DDS se alcanzaron los 40.8 °C, posteriormente en el 90 y 91 DDS fue de 42.0 y 45.8 °C, respectivamente. De acuerdo con la fenología del cultivo fue en estos días cuando inició la floración, situación que tuvo un efecto en el rendimiento promedio, pues para esta fecha se alcanzaron las 3.51 t ha⁻¹ menor con respecto a la Fecha 1 en un 4.87 % y con la Fecha 2 en 7.87 %, se presentaron dos días más con temperaturas de 40.5 y 40.2 °C, para los 102 y 103 DDS. En cuanto a los componentes de rendimiento evaluados, también existió una disminución en la altura de planta con un promedio de 1.45 m, 12 cm menor que en la Fecha 2, al igual que para el diámetro de capítulo promedio obteniéndose 14.85 cm, 1.15 cm menos que en la Fecha 2; contrario a lo que sucedió en el peso de 1,000 semillas, donde en esta fecha de siembra se presentó el promedio más alto con 51.7 g, de la misma manera el promedio del peso hectolítrico fue mayor en esta fecha con 35.8 kg hl⁻¹.

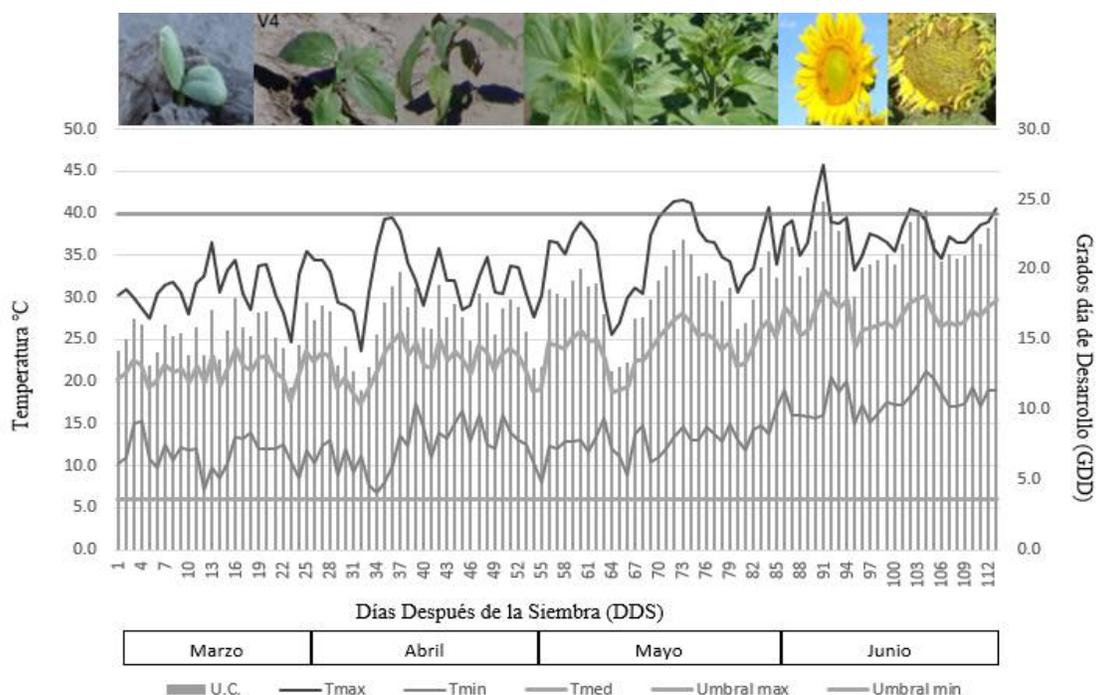


Figura 7. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 5 de marzo, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

Finalmente en la fecha del 21 de marzo (Fecha 4), en 110 días de ciclo de cultivo se acumularon 2,086.1 GDD y el esquema del ciclo de cultivo se muestra en la Figura 8; presentándose en los 55, 56, 57 y 58 DDS temperaturas superiores al umbral máximo de temperatura, coincide con el fin de la etapa vegetativa del cultivo; también en los 74 y 75 DDS se presentaron las temperaturas máximas en el ciclo, estos días coinciden con la etapa R2, donde la yema inmadura se alarga de 0.5-2.0 cm por arriba de la hoja más cercana al tallo; de igual manera el los 86 y 87 DDS se superó el umbral máximo de temperatura con 40.5 y 40.3 °C, en dichos días el cultivo se encontraba todavía en etapa de floración; por último en los 97 y 102 DDS se superó el umbral con temperaturas de 40.5 °C para ambos días. Los periodos en los que las temperaturas superaron el umbral máximo del cultivo tuvieron influencia en el rendimiento, esta fecha de siembra representó el promedio más bajo con 3.06 t ha⁻¹, esto representa una reducción del 17 % con respecto a la Fecha 1, 19.68 % menos que en la Fecha 2 y 12.82 % menos que en la Fecha 3. Con respecto a los componentes de rendimiento en esta fecha se presentaron los valores promedio más bajos, con 1.42 m en altura de planta, 12.60 cm en diámetro de capítulo, 49.3 g en peso de 1000 semillas y 31.7 kg hl⁻¹ en peso hectolítrico.

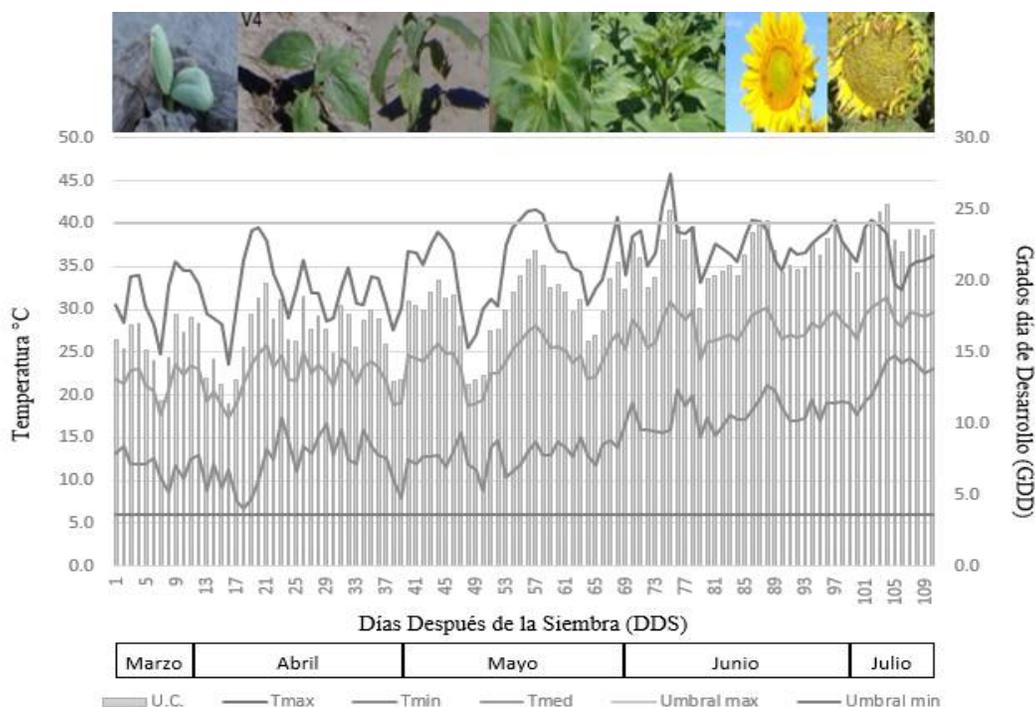


Figura 8. Unidades Calor acumuladas en el ciclo de cultivo del girasol de la variedad Olisun 2 sembrado el 21 de marzo, con productores cooperantes en la Colonia Nueva California. Cd. Constitución, 2014.

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- a) Las condiciones ambientales presentes en el tiempo de trabajo en campo fueron satisfactorias en las fechas de siembra del 11 y 26 de febrero del 2014, donde se presentaron las temperaturas máximas que sobrepasaron el umbral máximo del cultivo en la etapa final de este, lo cual no afectó el rendimiento y sus demás componentes evaluados aquí.
- b) El mayor rendimiento de grano obtenido fue de 3.54 t ha^{-1} , en la fecha del 26 de febrero de la variedad Expol 4; asimismo, el mayor peso hectolítrico.
- c) Al comparar estos resultados con los obtenidos con los productores cooperantes de la Colonia Nueva California, Cd. Constitución, se observó que la variedad Olisun 2 que fue sembrada el 15 de febrero, presentó el mayor rendimiento de grano con 3.81 t ha^{-1} , lo que permite observar que a medida que la fecha de siembra se atrasa hacia el mes de marzo en la región, los rendimientos disminuyen, situación que se debe al efecto de las altas temperaturas que afectan el desarrollo y fructificación del capítulo.
- d) Estos resultados dejan evidencia del efecto que tiene el medio ambiente sobre el comportamiento fenológico del cultivo, que se traduce a decir de los productores del Valle de Santo Domingo, B.C.S., en ventajas y desventajas económicas.
- e) La acumulación de calor es muy importante para el cultivo, lo cual favorece el desarrollo de este. En este trabajo, el total de calor acumulado varió entre 1,782.6 y 2,086.1 GDD obtenidos en las fechas del 5 de febrero y 21 de marzo, respectivamente.
- f) El ciclo de cultivo fue en promedio de 112 días, y este varió entre los 109 y 114, variación debida a la programación de la cosecha de la toma de muestras, puesto que la cosecha comercial se realizó 15 días después en cada sitio muestreado, una vez que se alcanzó el porcentaje de humedad del grano.

VI. LITERATURA CITADA

1. Aguilar, G.L., Escalante, E. J.A., Rodríguez, G. M.T., Fucikovsky, Z.L. 2002. Materia seca, rendimiento y corriente geofitoeléctrica en girasol. *Terra* 20(3): 277-284.
2. Aguirrezábal, L., Arioli, G., Hernández, L., Pereyra, V., Miravé, J.P. 2001. Girasol: aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. INTA. Buenos Aires, Argentina. p. 97.
3. Avilés, J.C. 2013. Cultivo de girasol, *Helianthus annuus* L., en tepetate fragmentado adicionado con enmiendas orgánicas e inorgánicas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.
4. 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.
5. Campos, A.D.F. 2005. Agroclimatología cuantitativa de cultivos. Editorial Trillas. México. p.p. 45-48.
6. Castillo, G.H., Santibáñez, Q.F. 1987. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo (Cultivar aurifem). *Agricultura técnica*. Chile. 47:29-34.
7. Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. 2012. Plan Rector: Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. México. P. 98.
8. Escalante, E.L.E., Escalante, E.Y.I., Liznaga, E.C. 2007. La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Agronomía Costarricense*. 31 (2): 95-100.
9. Escalante, E.J.A., Escalante, E.L.E., Rodríguez, G.M.T. 2001. Producción de frijol, en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima cálido. *Terra Latinoamericana*. 19 (4): 309-315.
10. Hernández, C.N., Soto, C.F. 2012. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 33(2): 44-49.
11. Inafed, 2011. Municipios de Baja California Sur. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/bajasur/municipios/03001a.htm>. Consultado el 3 de marzo de 2014.

12. Izquierdo, N.G., Dosio, G.A.A., Cantarero, M., Luján, J., Aguirrezábal, L.A.N. Weight per grain, oil concentration, and solar radiation intercepted during grain filling in black hull and striped hull sunflower hybrids, *Crop Sci.* 48: 688-699.
13. Ledesma, J.M. 2000. Climatología y meteorología agrícola. Editorial Paraninfo-Thomson Learning. España. p.p. 51-52.
14. Manivannan, N., R. Karthika, B. Punitha, P. Vindhiyavarman y V. Muralidharan. 2008. Association pattern among the yield attributes in varieties and hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *HELIA* 31(49): 83-90.
15. Mendez, N.J.R., Cedeño, G.J., Cedeño, J., Gil, M.J. y Khan, P.L. 2006. Efecto del riego por surcos sobre el rendimiento de aquenios y sus componentes en cuatro cultivares de girasol (*Helianthus annuus* L.) y coeficiente K del cultivo. *ESPOL* 19(1):25-32.
16. Mendoza, V.R. 1987. Efecto de seis métodos y tres densidades de siembra en cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) bajo riego y sequía en el valle de Santo Domingo, B.C.S. Tesis Profesional. Escuela Superior de Agricultura “Hermanos Escobar”, A.C. Cd. Juárez, Chihuahua.
17. Mercado, M.G. 2011. Desertificación de cuencas agrícolas en Baja California Sur. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.
18. Meza, S.R., Reygadas, P.D.D. 2001. Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el valle de Santo Domingo, B.C.S. Publicación técnica No. 1. SAGARPA-INIFAP. 133 p.
19. Moreno, R.O.R., Cruz, M.I.R., Herrera, A.H., Turrent, F.A. 2012. Optimización de seis factores productivos para el girasol. *Terra Latinoamericana*. 30(1): 89-96.
20. Navarro A, J. A. C., J, D. Osuna A., R, Ávalos C., y M, Sánchez H. 2012. Producción de girasol en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Folleto Técnico No 8. SAGARPA-INIFAP. 20 p.
21. Nuñez, B.L.V. 2011. Análisis productivo, industrial y comercial del cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

22. Olalde, G.V.M., Escalante, E.J.A., Sánchez, G.P., Tijerina, C.L., Engleman, C.E.M., Mastache, L.A.A. 2000. Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento de girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana*. 18 (1):51-59.
23. Ortegón, M.A.S., Díaz, F.A., González, Q.J., Garza, C.I. 2006. La temperatura en la etapa reproductiva del cultivo de canola (*Brassicanapus* L.). *Agricultura técnica en México*. 32: 259-265.
24. Ortegón, M.A.S., Escobedo, M.A., Loera, G.J., Díaz, F.A., Rosales, R.E.1993. El girasol. Editorial Trillas. pp. 15-45.
25. Osuna A, J. D., R, Ávalos C., J, A. C. Navarro A., M, Sánchez H., y E, Gutiérrez P. 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.
26. Rojas, G.M., Rovalo, M.M. 1985. Fisiología vegetal aplicada. Editorial Mc GRAW-HILL. p.p. 293.
27. SEMARNAT. 2010. Programa de ordenamiento ecológico marino y regional del Pacífico Norte, caracterización del componente sectorial agricultura. México. 11 p.
28. Tisdale, S. L., Nelson, W.L. 1996. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. México. pp. 23-43.
29. Torres, R.E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. pp. 68-71.
30. Troyo, D. E., Cruz, F.A., Norzagaray, C.M., Beltrán, M.L.F., Murillo, A. B., Beltrán, M.F.A., García, H. J. L., Valdez, C. R. D. 2010. Agotamiento hidroagrícola a partir de la Revolución Verde: Extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. *Estudios Sociales*. 18(36): 178-201.
31. Villalpando, I.J.F. 1984. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 49.
32. Zuil, S. s/f. Girasol. Estados fenológicos.
http://inta.gob.ar/documentos/girasol.estadosfenologicos/at_multi_download/file/fenologia_girasol.pdf. Consultado el 8 de junio de 2014.