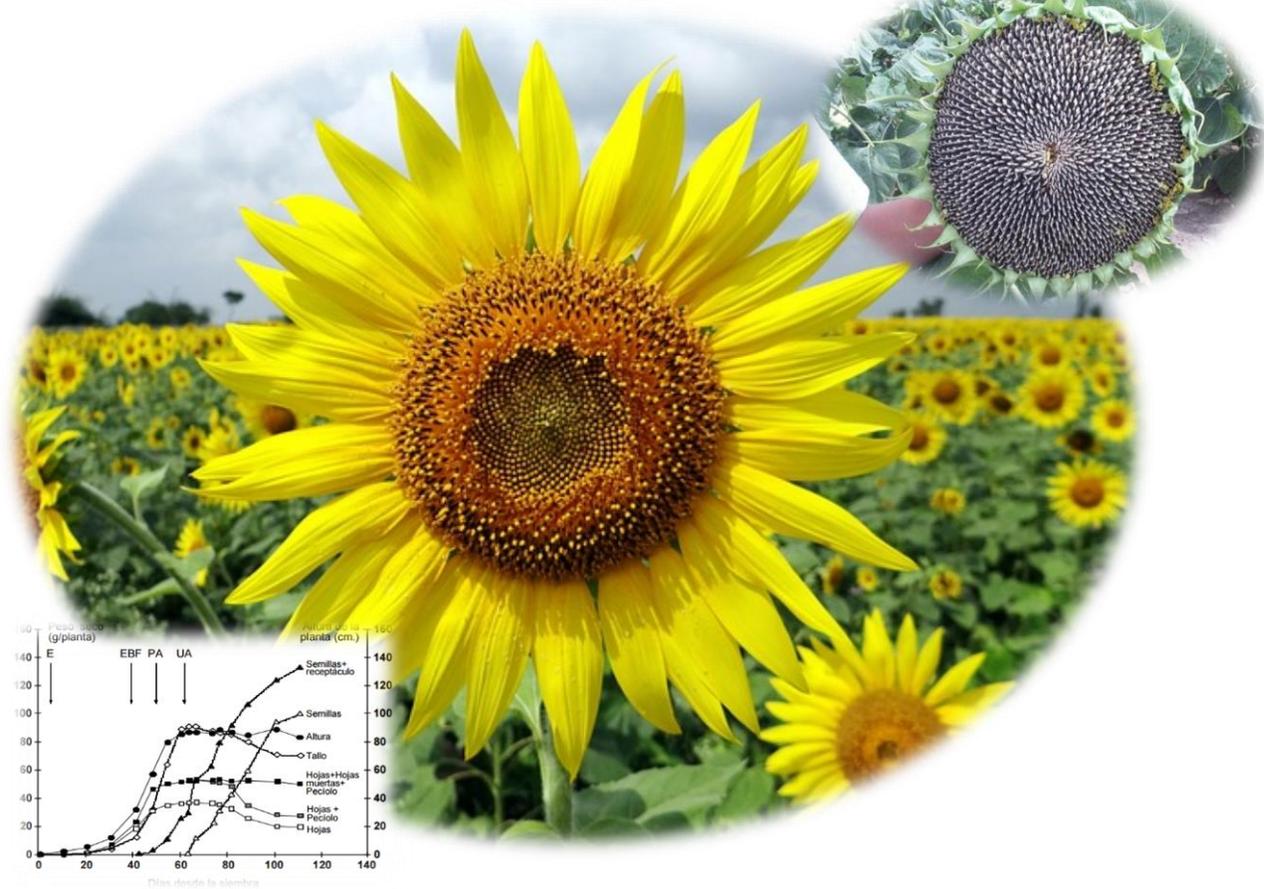


UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

EL CULTIVO DE GIRASOL

SISTEMAS DE PRODUCCION EN EL NOROESTE DE MEXICO



MC JOSE ALBERTO AVILA MIRAMONTES
ING JESUS MANUEL AVILA SALAZAR
DR FRANCISCO JOSE RIVAS SANTOYO
MC DAMIAN MARTINEZ HEREDÍA

2014-9

DIRECTORIO

MARIA RITA PLANCARTE MARTÍNEZ

Rectora

LUZ MARÍA DURÁN MORENO

*Vice Rectora
Unidad Centro*

JUAN CARLOS GALVEZ RUÍZ

Director de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

ANDRÉS OCHOA MEZA

Jefe del Departamento de Agricultura y Ganadería

FRANCISCO PACHECO AYALA

Presidente de la Academia de Fitotecnia

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN E IMPORTANCIA

COMPORTAMIENTO MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL

COMPORTAMIENTO NACIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL

PARTICIPACIÓN ESTATAL

USOS

ORÍGEN Y TAXONOMÍA

MORFOLOGÍA

CONDICIONES AGROECOLOGICAS DEL GIRASOL

FENOLOGIA

FECHA DE SIEMBRA

VARIEDADES E HÍBRIDOS

METODOS DE SIEMBRA

FERTILIZACIÓN

RIEGOS

COMBATE DE MALEZAS

PLAGAS

ENFERMEDADES

COSECHA

LITERATURA REVISADA

EL CULTIVO DE GIRASOL

(*Helianthus annuus* L.)

El girasol al igual que frijol y maíz es un cultivo originario del continente americano, específicamente en Mesoamérica, el nombre de girasol proviene de la propiedad que tiene en la etapa de floración de girar su inflorescencia hacia el sol para captar mejor su luz, (a este mecanismo fisiológico se le conoce como heliotropismo). Ente los nahuas se le conoce como *chimalatl* o *chimalxóchitl* donde el termino *chimatl* significa escudo y *xochitl* flor. Lo otomíes de Hidalgo lo llaman *yendri* mientras que en Guerrero se conoce como *quisaniquitonale*, en Michoacán *xaricamata* y en lengua pame *sunchin* (Biodiversidad mexicana, <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/girasol.html>)

Es uno de los cultivos más recientes, aunque se conoce de mucho tiempo atrás como planta de ornato y maleza de cultivos agrícolas, sobre todo en los estados del noroeste de México. Es más considerado como un cultivo con mucho futuro por sus amplias cualidades, como son: su alto contenido de aceite (> del 40%), su relativo menor requerimiento de agua, su resistencia a plagas y enfermedades, además de sus usos colaterales como forraje en ensilado o la utilización de la torta que queda después de extraer su aceite, en la elaboración de alimento balanceado para el ganado, otro de sus usos que ha cobrado cada vez más interés, es el de su consumo directo como golosina, tostado y salado, o como alimento para aves y en los últimos años su gran relevancia como ornato y en la floristería. Otro aspecto muy importante que le favorece y lo hace atractivo, es su ciclo vegetativo corto (< de 120 días).

El Girasol ha ocupado el quinto o sexto lugar tanto en superficie como en la producción anual de los diez principales cultivos oleaginosos, solo superado por palma, soya, algodón coco y colza en el ciclo 2021. La superficie de girasol a nivel mundial se ha venido incrementando año con año en los últimos 39 ciclos agrícolas, pasando de tan solo unos 12 millones de hectáreas en el ciclo 1981 a 29.532 millones de hectáreas en el ciclo 2021, lo que ha representado un incremento superior al 140%, ocurriendo en forma similar con la producción. En cuanto al rendimiento, este ha

permanecido en forma más o menos constante con un pequeño incremento en este ciclo de tan solo 400 kg/ha, como se puede observar en la figura correspondiente.

En los últimos años la producción mundial de grano de girasol ha tenido una tasa de crecimiento de 760 mil toneladas por año, encontrándose una diferencia en la producción en este periodo de 44 millones de toneladas de 1981 a 2021, esto representa un incremento en la producción de un 400 %. En cambio, su superficie solo se ha incrementado en tan solo 14 millones de hectáreas representando tan solo a un incremento de 215 % en estos últimos 39 años.

El aceite de girasol es considerado de muy buena calidad, en virtud de su alto contenido de **ácidos grasos insaturados**, como el *Ac. Óleico y linoleico*; así como a la presencia de vitaminas liposolubles, como **Vit A, D**, y sobre todo que es rico en **vitamina E** y por la alta digestibilidad de sus proteínas.

En el ciclo agrícola 20/21, a nivel mundial se sembraron alrededor de 29.53 millones de hectáreas con una producción de 58.18 millones de toneladas, siendo los principales productores Rusia, Ucrania, y Argentina con una producción de 15.67, 16.39, y 3.43 millones de toneladas, respectivamente, que en conjunto representó un 61 % de la producción mundial de grano y un 53 del área sembrada. Argentina viene a ser el principal productor de girasol en América, ya que tiene una superficie de 1.67 millones de hectáreas con una producción de 3.43 millones de toneladas.

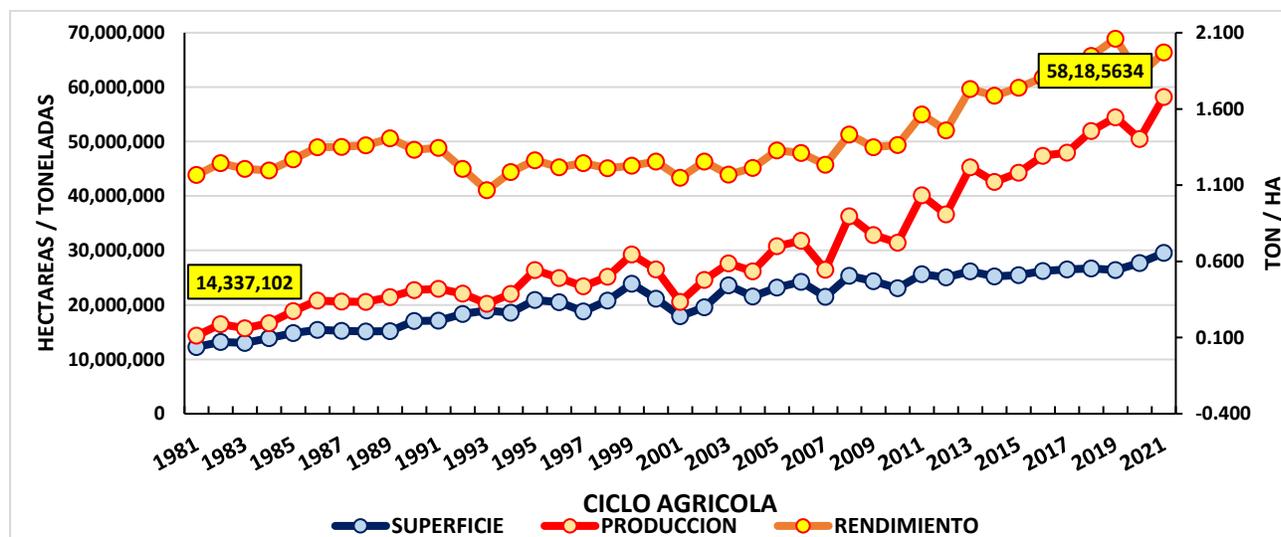


Figura GI 1.-Comportamiento mundial de la Superficie, Producción y Rendimiento de girasol en el periodo de 1981 a 2021 (<http://faostat3.fao.org>, 2023)

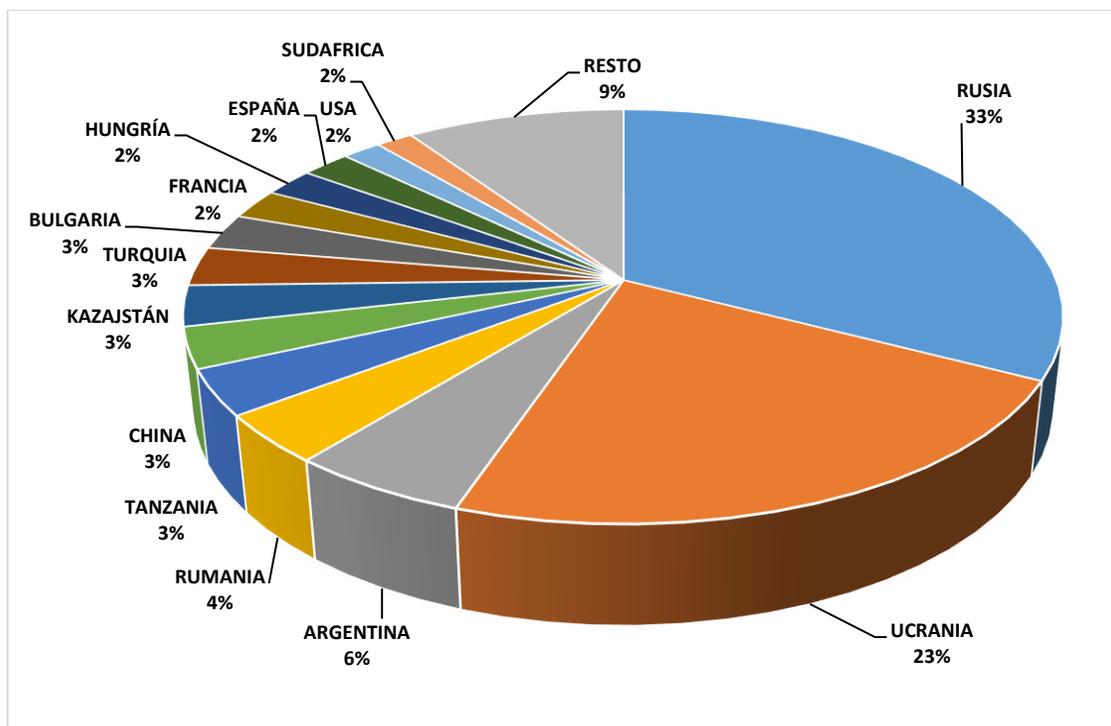


Figura Gi2.- Participación de los principales países en la siembra de girasol en el ciclo 20/21 (<http://faostat3.fao.org/>, 2023)

La participación de México a nivel mundial es muy reciente ya que la siembra de girasol inicia a partir de finales de los 60's e inicios de los 70's, donde el gobierno mostró un gran interés por este nuevo cultivo. A partir de entonces se incrementó su siembra llegando a sembrarse en el ciclo 1971 más de 54 mil hectáreas, ya que los programas de gobierno proporcionaban bastante apoyo para su siembra. Sin embargo, del periodo de 1991 a 2010 se perdió el interés en la siembra de girasol a nivel nacional siendo prácticamente nula su superficie de siembra, sin embargo, a inicios del 2014 nuevamente se presenta un incremento en su siembra, hasta el ciclo 2019, posteriormente nuevamente experimenta una disminución paulatina en su superficie hasta la fecha. Se menciona que este cultivo se siembra básicamente en doce estados de la república mexicana. Siendo los estados donde se produce este cultivo: Tamaulipas, Guanajuato, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas, los más importantes, participando con el 90.8 % de la superficie nacional en el ciclo 21/22. En el ciclo agrícola 2021/2022 se sembraron alrededor de 3,600 hectáreas en todos los tipos de girasol, tanto de forraje, ornato y floristería como para grano (SICON, 2023). En Sonora la

siembra de este cultivo se realiza básicamente en las regiones agrícolas del sur del estado como el valle del mayo, Etchojoa, Huatabampo y Valle del Yaqui, sobre todo en zonas de temporal.

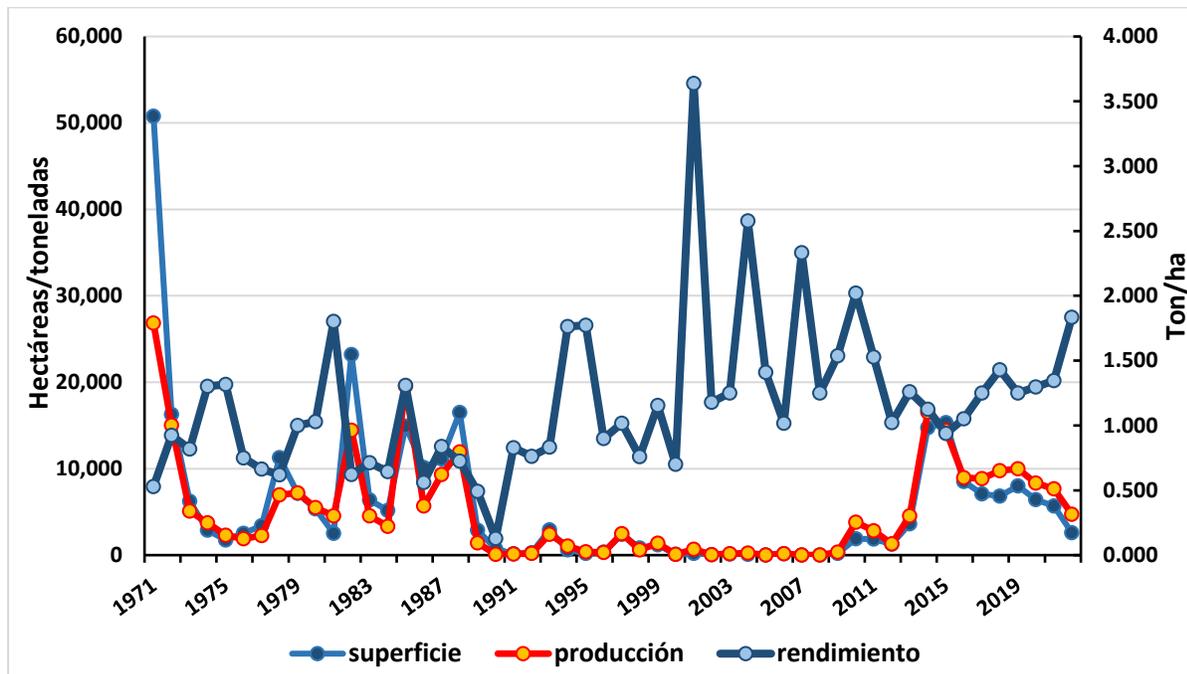


Figura Gi 3.- Comportamiento de la superficie de siembra, producción y rendimiento de girasol en México en el periodo de 1971 a 2022 (FAO.ORG/STAT/, 2020; SIACON,2023)

Cuadro Gi 1.- Participación Estatal en la siembra y producción de girasol en México en el ciclo 2021/2022 (SIACON, 2023)

ESTADO	SUPERFICIE ha	PRODUCCION ton	RENDIMIENTO ton/ha
BCS	57.00	91.31	1.602
CHIHUAHUA	43.00	96.40	2.242
Guanajuato	317.50	699.23	2.202
Hidalgo	12.00	9.74	0.812
Jalisco	23.00	39.10	1.700
México	66.00	78.50	1.189
Michoacán	2.00	3.84	1.920
SLP	640.00	1644.80	2.570
Sonora	506.00	1025.70	2.027
Tamaulipas	730.00	839.90	1.151
Tlaxcala	33.00	60.90	1.845
Zacatecas	150.00	142.50	0.950
TOTAL	2,579.50	4,731.92	1.834

USOS. -

Podemos clasificar al cultivo de girasol en base a su uso en tres tipos: 1, -**Girasol aceitero**, el cual se utiliza para la producción de aceite, principalmente para consumo humano, 2. – **Girasol no-aceitero**, el cual se destina su producción básicamente para consumo en fresco, para humanos y aves y 3. – **Conoil**, el cual puede ser utilizado para confitería descascarado, para aceite o para el mercado de mascotas (aves) (Kandel and Buetow, 2020). La mayor superficie de girasol se realiza con el fin de producir aceite. A las variedades que se utilizan para este propósito se les conoce como variedades e híbridos aceiteras. El otro tipo de variedades se destina para su consumo directo tostado y salado o para la elaboración de golosinas, a este tipo se les conoce como variedades de confitera o para alimento de aves la cual ha tomado mucho interés en los últimos años. La semilla de girasol que se consume como botana tostada y salada, se prefiere semillas de gran tamaño, pero también se consume como almendra (semilla descascarada) ya sea en botana, en ensaladas o procesada, aquí la semilla se prefiere de un tamaño medio y por ultimo las semillas chicas se utilizan como alimento de aves

Después de la extracción del aceite de la semilla de girasol, queda un residuo sólido al cual se le conoce como **torta** o **pasta**, esta pasta contiene más de un 20 % de proteína, y es utilizada para la elaboración de alimento balanceado en la alimentación animal, sin embargo, cerca de un 4 % del total de las pastas proteínicas son a base de girasol, lo que nos muestra su poca utilización. Hay que recordar que el girasol se encuentra dentro de los primeros cuatro cultivos oleaginosos a nivel mundial, solo es superado en la producción de aceite por Soya, Palma y Canola.

Debido a la belleza de su inflorescencia otro de los usos que se le ha dado a la planta de girasol es como planta de **ornato**, siendo muy utilizada actualmente en el establecimiento de jardines o en arreglos florales, en donde sobresalen variedades de porte bajo con capítulos grandes y de color normal y rojos, para ser cultivadas en maceta y jardines como lo son las variedades Big Smile, Pacino, Autumn Beauty y Holiday entre otras, en el caso de su uso para arreglos florales se prefiere más bien variedades con capitulo no muy grande y con flores que no produzcan polen, ya que es un inconveniente ya que manchan la ropa y enseres (Aguilar-Comensana, www.bio-nica.info). También el girasol es utilizado como un cultivo forrajero al cual se le atribuyen buenas

características, ya sea en ensilado o picado, en estas condiciones la planta debe ser cortada cuando tenga un 65 % de humedad, ya que a mayor contenido de humedad se fomenta la pudrición o pérdida de calidad del forraje.

A la semilla de girasol se le atribuye otra característica ventajosa con respecto del cártamo, ya que su relación cáscara –almendra es mucho menor, con valores de 75/25; 70/30 esto es que el 75 % del peso de la semilla es de almendra y el 25 % corresponde a la cascara, dependiendo estos valores de la variedad y condiciones de desarrollo. Su contenido de aceite varía desde un 35 a un 50% el cual está constituido desde un **14** a un **37** % de **ac oleico** y de un **50** a un **72** % de **ac linoleico**, y de 4 a 6% de ac palmítico y de 2.5 a 5.0 % de ac esteárico. Su índice de yodo de 130 lo cual lo coloca como un aceite semisecante, para la elaboración de pinturas. En términos generales se menciona que el aceite de girasol posee un 72% de ácidos grasos polinsaturados, 16% de ácidos grasos monoinsaturados y 12% de ácidos grasos saturados

Cuadro G1.- Composición aproximada de la semilla de girasol en por ciento de su peso

COMPONENTE	Kirman and Earle 1964	Adens 1975	Gopelar et.al.	Drehor et.al. 1982 1983
PROTEINA	13.8-19.2	25.2	20.8	18.5-23.2
LIPIDOS	48.7-52.8	49.6	54.8	38.6-54.0
CARBOHIDRATOS	23.3-26.5	20.9	18.4	-----
CENIZAS	2.4-3.0	4.3	3.9	2.0-4.1

Cuadro G2 -. -Composición de ácidos grasos en el aceite de girasol

COMPONENTE	Robertson and Russell 1972	Brignolli <i>et.al.</i> 1976	Robertson <i>et. al.</i> 1978	Harris <i>et. al.</i> 1978	Weiss 1982	Menti 1988
Ac. Palmitico	5.5-7.0	5.8	5.2	6.2	5.0-6.0	7.2
Ac. Estearico	3.7-6.5	4.1	2.7	5.4	2.0-4.0	4.1
Ac. Arachidico	-----	0.3	0.3	----	0.0-1.0	--
Ac. Oleico	16.4-36.7	20.7	37.2	14.7	18.0-35.0	16.2
Ac. Linoleico	51.5-73.5	63.5	53.8	72.4	57.0-70.0	72.5
Ac. Linolenico	0.01-0.1	0.3	trazas	---	-----	---

Estos valores son referidos a materiales de girasol clasificados como linoleicos. Actualmente los materiales de girasol se clasifican en base al contenido de ácido oleico, por lo tanto, estos materiales poseen desde un **55 a un 85%** de ácido oleico.

ORIGEN y TAXONOMIA

El girasol se considera originario de Norte América, presumiblemente tenga su origen de la parte norte de México y medio oeste de Estados Unidos hasta Canadá, donde abunda en estado silvestre. Sin embargo, en base a los achenios arqueológicos hallados recientemente en México (Morelos y Tabasco) se concluye que el centro de domesticación de girasol fue en el centro de México. Era utilizado por los indios como alimento y fuente de energía, así como en forma medicinal y religioso antes de la conquista del nuevo mundo, se dice que también lo utilizaban como un indicador para el inicio de la caza del Búfalo en NA. A mediados del siglo XVI fue introducido a España como planta de ornato, cultivándose en el siglo XVII en los jardines botánicos de Europa, donde se le conocía como **Flor Peruana del Sol**. Iniciándose su cultivo en Bavaria y Franconia en el siglo XVIII y a fines de este siglo en Francia. En Rusia se inicia su cultivo más extensamente que en otros países a partir de 1820, siendo en la actualidad el principal país productor de girasol. En los Estados Unidos la siembra de girasol para aceite cobra importancia a partir 1966 ya que en anteriores ciclos solo se sembraron variedades para confitería.

El girasol pertenece a la familia de las compuestas (*Compositae* o *Asteraceae*), subfamilia **Asteroideae**, tribu *Heliantheae*, subtribu *Helianthinae* y género *Helianthus* (*Helios*= sol; *anthus*=flor), al cual pertenecen 68 especies (Ortegón 1997). La mayoría de las especies de *Helianthus* son perennes, solo unas cuantas son de tipo anual, siendo la especie *Helianthus annuus* la que se cultiva mayormente, algunos autores la clasifican además en una variedad botánica que es *macrocarpus*. Algunas especies de *Helianthus* se cultivan como plantas de ornato, como la *H. tuberosus*, la cual produce tubérculos comestibles ricos en inulina (hidrato de carbono utilizado en medicina), la mayoría de las especies anuales desprovistas de rizomas (*H. annuus*, *H. argophyllus*, *H. debilis* etc.) y otros son perennes, con tallos engrosados, ricos en sustancias de reservas, como *H. tuberosus*, *H. oryalis*, *H. scaberrimus*, *H. atrorubens*, *H. decapetalos*, *H. giganteus*, *H. mollis* y otras más.

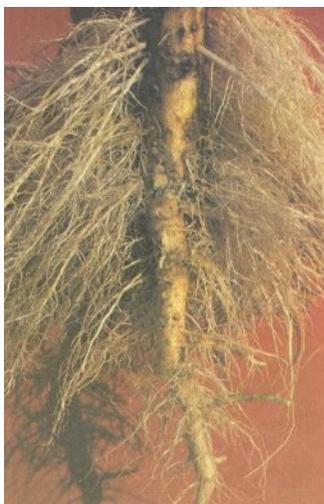
El número básico de cromosomas en el género *Helianthus* es de **17**, sin embargo, existen especies diploides, tetraploides y hexaploides. Muchos genetistas han efectuado cruza entre las

especies del género para introducir algunas características como resistencia a enfermedades, contenido de aceite etc. Se cree que *H. annuus* procede de la cruce de *H. debilis* por *H. lenticularis*, de donde se origina la variedad botánica *macrocarpus* de la que se han formado las variedades e híbridos que actualmente se siembran en forma comercial.

En 1981 Schilling y Heiser proponen una clasificación infra-genérica en la cual se clasifican dentro del género *Helianthus* cuatro secciones (*Helianthus*, *Agrestes*, *Ciliares* y *Atrorubens*) y seis series, siendo una de las secciones: *Helianthus* sin ninguna serie y en donde se encuentran 13 especies todas ellas anuales siendo las especies *H. annuus*, *H. anomalus*, *H. argophyllus*, *H. bolanderi*, *H. debilis*, *H. deserticola*, *H. paradoxus*, *H. petiolaris* y *H. praecox* dentro de otros. En la sección *Agrestes* solo se encuentra la especie *H. agrestis*, la cual también es anual. En la Sección *Ciliares* se encuentran las series *Ciliares* Con especies perennes como: *H. arizonensis*, *H. ciliaris* y *H. laciniatus*, y en la serie *Pumili* se encuentran las especies *H. cusikii*, *H. gracilentus* y *H. pumilus*. En la cuarta y última sección *Atrorubens* se encuentran las series: *Corona-solis*, *Microcephali*, *Atrorubentes* y *Angustifolii* las cuales agrupan a especies perennes al igual que las especies de la sección *Ciliares* (citado por Seiler and Rieseberg, 1997)

Se manejan dos variedades dentro de la subespecie *annuus*, la variedad botánica *annuus* en las cuales se engloban los tipos silvestres de *H. annuus* y la variedad *macrocarpus* en la cual se ubican los tipos cultivados de girasol anteriormente se le ubicaba como *H. macrocarpus*; *H. annuus* var *oleífera* (Itis, 2004)

MORFOLOGIA.

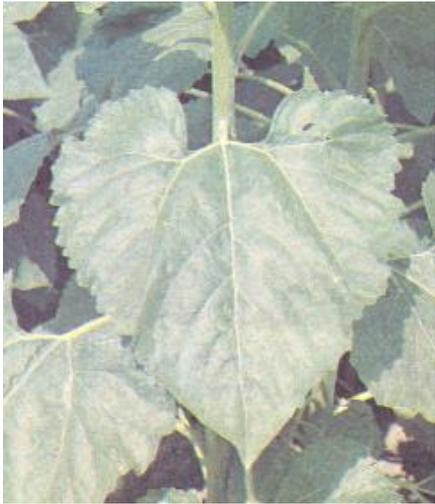


Raíz. - Presenta un sistema radicular vigoroso, con una raíz pivotante que puede llegar a profundizar hasta 4 m, con raíces adventicias, lo cual lo hace resistente a largos periodos de sequía. Sin embargo, se considera que tiene un escaso poder de penetración, esto es que si encuentra alguna capa dura o compacta en el subsuelo no penetra y tiende a deformarse, en forma muy similar a la pata de gallo del algodón. Cuando la planta de girasol se encuentra en condiciones de escasez de agua sus raíces logran profundizar más que en condiciones de alta humedad. Aguirreízabal en 1993, determino que el desarrollo de la raíz se inicia con el crecimiento de la radícula al romper la cascara de la

semilla, logrando alcanzar una profundidad de 25 a 30 cm cuando los cotiledones se expanden en la superficie del suelo, de tal manera que su crecimiento es muy rápido logrando alcanzar una profundidad de 50 cm cuando la planta ha presentado sus dos primeras hojas, la raíz puede alcanzar una profundidad de 1.0 m después de los 15 días de la germinación. Uno de los factores que más influencia tienen en el desarrollo radicular en sus primeras etapas, es la temperatura ya que a mayor temperatura del suelo 24°C se promueve el desarrollo de la raíz primaria en cuanto a la profundidad y de igual manera se fomenta el desarrollo de raíces secundarias. El crecimiento radicular se determina básicamente al principio del desarrollo de la planta ya que de la emergencia a la etapa de 10 hojas es más determinante en la tasa de crecimiento radicular que en etapas posteriores.



Tallo. - Es una planta anual, herbácea, erecta, con un solo tallo recto, más o menos cilíndrico, pubescente, fistuloso áspero, sin ramificación para los tipos cultivados, con una altura que puede oscilar desde 1 m en los tipos enanos a los altos cuya altura puede ser superior a los 3 m. El diámetro puede variar de 2 a 5 cm dependiendo de la variedad, fecha de siembra y densidad de siembra principalmente.



Hojas. - Presenta hojas oval-triangules con tres nervaduras sobresalientes, bordes aserrados y alta pubescencia, enteras y algo acorazonadas. Presenta un peciolo grande, más o menos de la misma longitud que el limbo (14 a 20 cm) hasta de 30 cm. Generalmente las hojas básales son más grandes que las superiores, se encuentran dispuestas en forma alterna, aunque en las primeras etapas las hojas dan la apariencia de estar en pares, ya que posee entrenudos alternos cortos y largos. El número de hojas puede variar de 12 a 40 dependiendo de las condiciones de desarrollo, y característica varietal. Una planta

madura, en condiciones variadas de fertilidad puede tener un área foliar de 3 000 o 6 000 cm². Para calcular el área foliar, Aguirrezaba (2001), ha propuesto un método no destructivo tomando en cuenta la anchura de la hoja, de tal manera que para calcular el área foliar de la hoja se calcularía como:

- 1.- Para valores de X (ancho) entre 0 y 21 cm: $Y = 0,8 X + 0,697 X^2$; Donde Y es la superficie de la hoja.
- 2.- Para valores de X (ancho) superiores a 21 cm: $Y = - 15,2 + 4,297 X + 0.565 X^2$

Este valor se calcularía por el número de hojas promedio por planta y número de plantas por hectárea para tener un aproximado y dividirlo por ha para tener el índice de área foliar.

INFLORESCENCIA. - Presenta una inflorescencia terminal en forma de **capítulo**, con un receptáculo más o menos plano, donde se insertan las flores sésiles, pudiéndose encontrar de 500 a 1 000 flores por capítulo. Alrededor del capítulo, se encuentran un número variado de brácteas involúcras. Esta inflorescencia puede medir de 10 a 30 cm de diámetro, según la variedad, fecha de siembra, densidad y fertilidad del suelo. En los tipos cultivados de girasol se presenta solamente una inflorescencia por planta, siendo una característica no deseable el poseer más de un capítulo por planta.

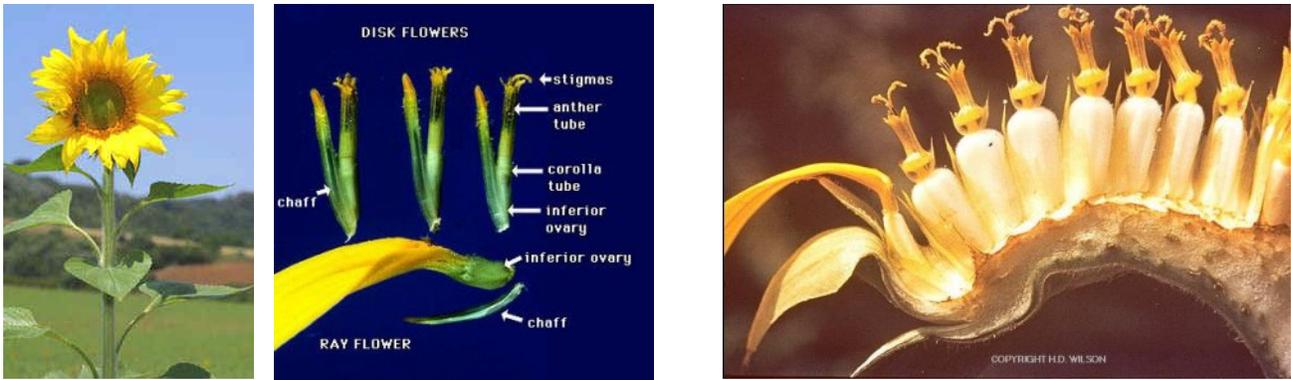


Figura Gi7.- Inflorescencia en capítulo y flores liguladas o de rayo al centro y flores tubulosas de girasol a la derecha

FLORES. - Existen dos tipos principales de flores en el capítulo del girasol, las flores estériles conocidas como **flores liguladas** o de **rayo**, que se encuentran en la parte periférica o exterior del capítulo, rodeándolo completamente ya sea en uno o dos ciclos. Estas flores están constituidas principalmente por cuatro pétalos soldados dándole la apariencia de ser un solo pétalo grande de color amarillo, estas flores debido a su color y apariencia ayudan en la atracción de insectos polinizadores como las abejas y abejorros principalmente.

El otro tipo de flor, son fértiles, y se les conoce como **flor tubulosa** o **flor de disco** y son las flores que ocupan toda el área del capítulo y pueden producir grano. Las flores de disco se encuentran dispuestas generalmente en arcos convergentes hacia el centro del capítulo, presentan un cáliz modificado en papús constituido por dos hojuelas, una corola gamopétala formada por cuatro pétalos soldados, de color cremoso o café, un androceo constituido por cuatro estambres cuyos filamentos se encuentran libres y sus anteras unidas, formando una cavidad por la cual emerge el estilo y estigma, el cual es un estigma bífido, el ovario es bicarpelar, unilocular y monospermo, con un ovario ínfero. La floración en el cultivo de girasol puede durar de 6 a 10 días dependiendo de la temperatura y desarrollo de la planta. Una de las causas de que el cultivo presente un alto porcentaje de cruzamiento, que lo coloca como una planta **alógama**, es su alto porcentaje de **autoincompatibilidad**, provocada por una **andro-esterilidad citoplasmática**, característica que también es utilizada en la formación de híbridos. Por otro lado, es común que en el cultivo del girasol se presente el fenómeno de la **dicogamia**, liberándose los granos de polen antes de que el estigma de la misma flor se encuentre en forma receptiva, lo que ocasiona una baja autofecundación, en la actualidad se busca producir híbridos con un alto porcentaje de autocompatibilidad para

asegurar una buena producción. La floración en el capítulo se inicia con las flores de la periferia avanzando hacia el centro del capítulo, siendo las flores del centro las últimas en ser fecundadas y en ocasiones no producen grano.

SEMILLA. - El grano de girasol, al cual en muchas ocasiones se refiere equivocadamente como semilla de girasol, viene a ser un fruto seco conocido botánicamente como **Aquenio**, que en el caso del girasol se caracteriza por ser de forma más o menos tetragonal con una dimensión de 1 cm de largo, de color variado desde un color negro en las variedades aceiteras, pasando por diferentes tonalidades de gris, hasta un color blanco. En algunas variedades para confitería podemos encontrar como una característica común el presentar un grano de color variegado, con un fondo claro con estrías de color oscuro. Un kilogramo de girasol puede contener de **12 000 a 25 000** granos, cuyo peso puede ser variado dependiendo del tipo de variedad, teniéndose que 1000 granos del tipo estriado pesan de 55 a 60 g y de 45 a 55 g en los de color negro. La fase de acumulación de aceite se inicia entre ocho y 10 días después de la floración, y alcanza su valor máximo una semana antes de la madurez fisiológica. En esta fase se produce el desarrollo del embrión y los procesos de la acumulación de reservas en la semilla o grano (Ávila M. M., 2009)

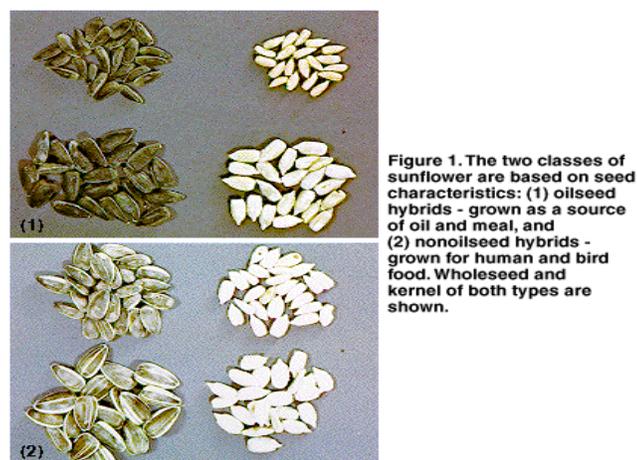


Figura Gi 8.- Diferentes tipos de semilla de girasol, tipos aceiteros arriba y los de confitería en la parte inferior (NDSU, 2007)

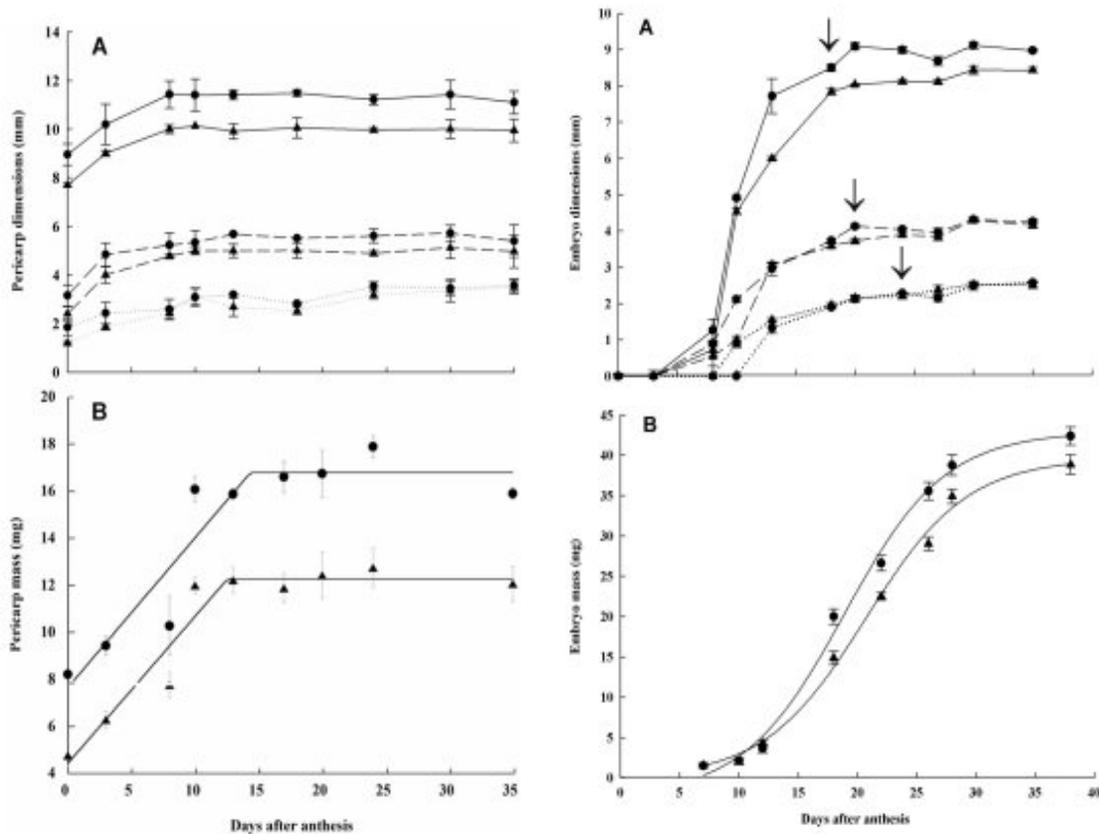


Figura Gi. – Dinámica de crecimiento del pericarpio de girasol (izq) en su dimensión A y su masa B en las dos variedades de girasol DK 3900 y DK 3040. Dinámica del crecimiento del embrión (der) en su tamaño en mm A y en su masa B en las dos variedades de Girasol DK3040 círculos y DK3900 Triángulos (Lindeström L.I., and L.F. Hernández, 2012; 2015)

DESARROLLO DE LA SEMILLA DE GIRASOL

El desarrollo de la semilla (aquenio) de girasol se inicia poco antes de la antesis alcanzando su tamaño final a los 8 días después de la antesis (*dda*) y su masa final a los 12 *dda*. Esto es que su longitud final 10.2 y 11.3 y su anchura 5.2 y 5.8 en las variedades DK3900 y DK4030 respectivamente. En el desarrollo del embrión el cambio más importante ocurre entre los 8 y 15 *dda* donde la tasa de crecimiento del embrión es muy alta logrando su máximo tamaño a los 24 *dda*, sin embargo, la máxima acumulación de material lo lleva a cabo en 5 o 7 días más tarde (29-31 *dda*). La acumulación de materia seca en el embrión sigue una curva sigmoide, observándose una fase latente los primeros 11 *dda*, antes de que se inicie la reacción lineal hasta los 31 *dda* continuando en forma muy leve hasta su madurez fisiológica (Lindeström L.I., and L.F. Hernández, 2012; 2015). [INI](#)

CONDICIONES ECOLOGICAS.

El girasol es una planta de fácil adaptabilidad ya que lo podemos encontrar desde los 35° latitud norte hasta los 45° latitud sur, en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 2 500 msnm. Es un cultivo que requiere de un clima de templado a templado-cálido.

TEMPERATURA. - Se adapta a condiciones de temperatura muy variada, desarrollándose bien en temperaturas de 22 a 30 °C, teniendo su rango óptimo de los 20 A 22 °C. A temperaturas de 13 a 17 °C su desarrollo es más lento, teniéndose el riesgo de que se presenten mal formaciones en la planta. Temperaturas medias diarias menores de 20 °C o mayores de 40 °C pueden producir esterilidad en los granos de polen y pérdida de la receptibilidad del estigma, provocando una falla en la formación del grano. El girasol para germinar requiere un mínimo de temperatura entre los 7 a 8 °C, legando a soportar en estado de plántula temperaturas bajas mas no extremas. La temperatura base para este cultivo se estima más o menos en los 7.2 °C, aunque otros investigadores coinciden en que se puede tener como mejor ajuste una temperatura base de 0°C. El centro de la red agroclimática de Dakota del Norte (NDAWN-center) utiliza para el cálculo de UC la formula $\left(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}\right) - 44\text{ }^{\circ}\text{F}$, recomienda que si la temperatura mínima es menor a la temperatura base para el calculo de las UC, se deberá tomar la temperatura base como mínima en el cálculo, esto es que si se tiene una temperatura máxima de 79 °F y una mínima de 32 °F al utilizar la fórmula para el cálculo de temperatura media diaria $= (T_{max}+T_{min})/2$, se deberá utilizar así: $(79+44)/2$ lo que nos da una temperatura media de 61.2 °F y al restarle la temperatura base de 44 °F en lugar de los 32 °F, nos da un total de 17.2 UC para ese día

Se dice que el girasol en condiciones de crecimiento normal obtiene la mayor producción de grano y aceite, cuando en la etapa de formación y llenado de grano se tienen temperaturas de 18 a 22 °C, y si esta temperatura sobrepasa los 28 ° y se tiene baja humedad, se dificulta el llenado del grano y la acumulación de aceite. Saumell menciona que temperaturas bajas constantes de más o menos 10 °C provocan desordenes fisiológicos, afectan el ápice de crecimiento de la planta, y provocan la ramificación del tallo. La temperatura también nos puede afectar la calidad del aceite de girasol, ya que si se presentan temperaturas altas en el llenado del grano se favorece el contenido de ácido oleico y condiciones de temperaturas frescas al ácido linoléico.

$$UC = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - 44 \text{ } ^\circ F,$$

$$UC = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - 6.7 \text{ } ^\circ C,$$

AGUA. - En lo que respecta a la humedad, es considerado como un cultivo que requiere poca agua para su desarrollo normal, para producir puede requerir en su ciclo una precipitación de 400 a 500 mm bien distribuidos. Se considera que el girasol como cultivo es muy eficiente en el uso de agua cuando se encuentra en condiciones de sequía, pero es poco eficiente en condiciones de alta humedad ya que posee tasas de transpiración y respiración muy altas. La eficiencia en el uso de agua es de 577 gH₂O/g MS siendo menor a la de maíz y sorgo. La planta de girasol posee un alto índice de saturación lumínica, con una tasa de asimilación fotosintética entre 40 a 50 mg CO₂/dm²/h.

SUELOS. - Prefiere suelos de textura media con pH de 6.5 a 7.5, con buena permeabilidad y gran capacidad de retención de humedad y nutrientes. Aunque es considerado como un cultivo con cierta tolerancia a la salinidad el efecto de las sales en su germinación es muy variada de tal manera que si se tiene una CE de 0.70 no hay problemas, pero si se incrementa a 4.5 dS el porcentaje puede reducirse hasta en un 25 % y si es de 9.5 dS la germinación sería entre 30 y 60%, sin embargo, el girasol puede producir en suelos con una C.E. de 3.7 a 5.2 mmhos/cm sin problemas de reducción del rendimiento. No se desarrolla en forma adecuada en suelos con problemas de compactación piso de arado o baja permeabilidad.

FOTOPERIODO. - La mayoría de las especies son consideradas como insensibles al fotoperíodo, pero prefieren condiciones de 12 a 14 horas –luz, en base a los trabajos que Allard y Garner; ya que se encontraron que plantas de girasol con fotoperíodos de 14:23 h y 11:93 h florecían casi al mismo tiempo, sin embargo, encontraron diferencias en la respuesta en algunas especies como *H. angustifolius* considerada como planta de día corto y *H. maximilianus* como planta de día largo. Sin embargo, podemos considerar que el fotoperíodo acelera o retrasa el desarrollo de girasol durante la fase de formación de hojas. La longitud del día durante el período de iniciación foliar puede afectar el número de hojas o retrasar el momento de la iniciación de las yemas florales. Muchas variedades de girasol pueden retrasar o adelantar hasta 15 días la fecha de floración como respuesta al fotoperíodo. Después de iniciado el proceso reproductivo el fotoperíodo deja de tener influencia

sobre la planta de girasol (Alba y Llanos 1990). La planta de girasol posee un movimiento orientado al sol en la etapa de floración a esta respuesta se le conoce como **Heliotropismo**.

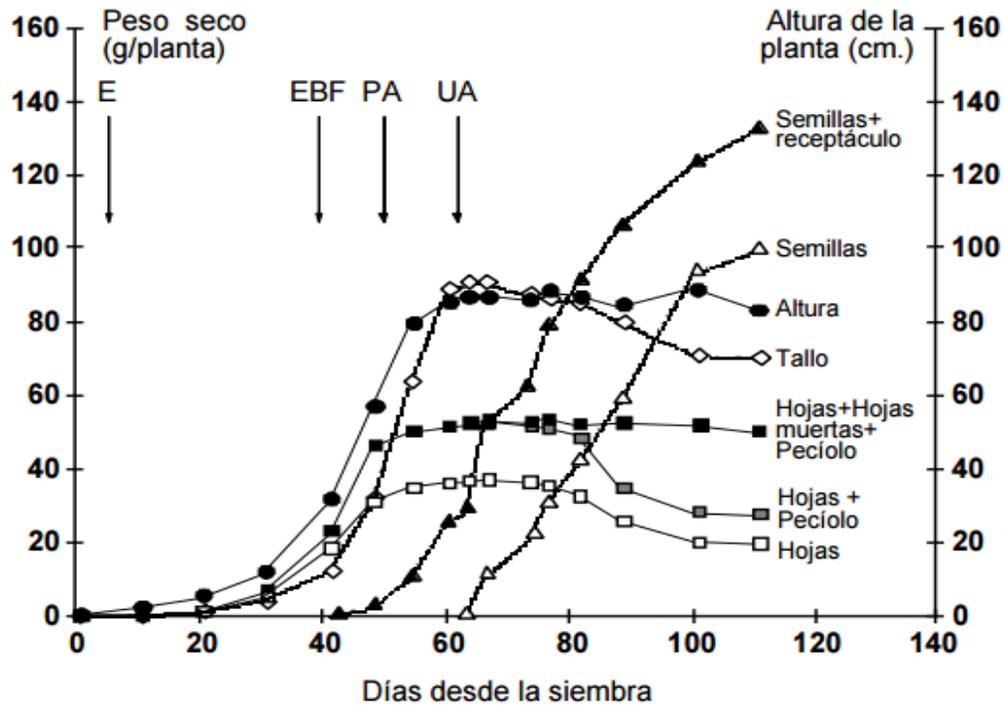
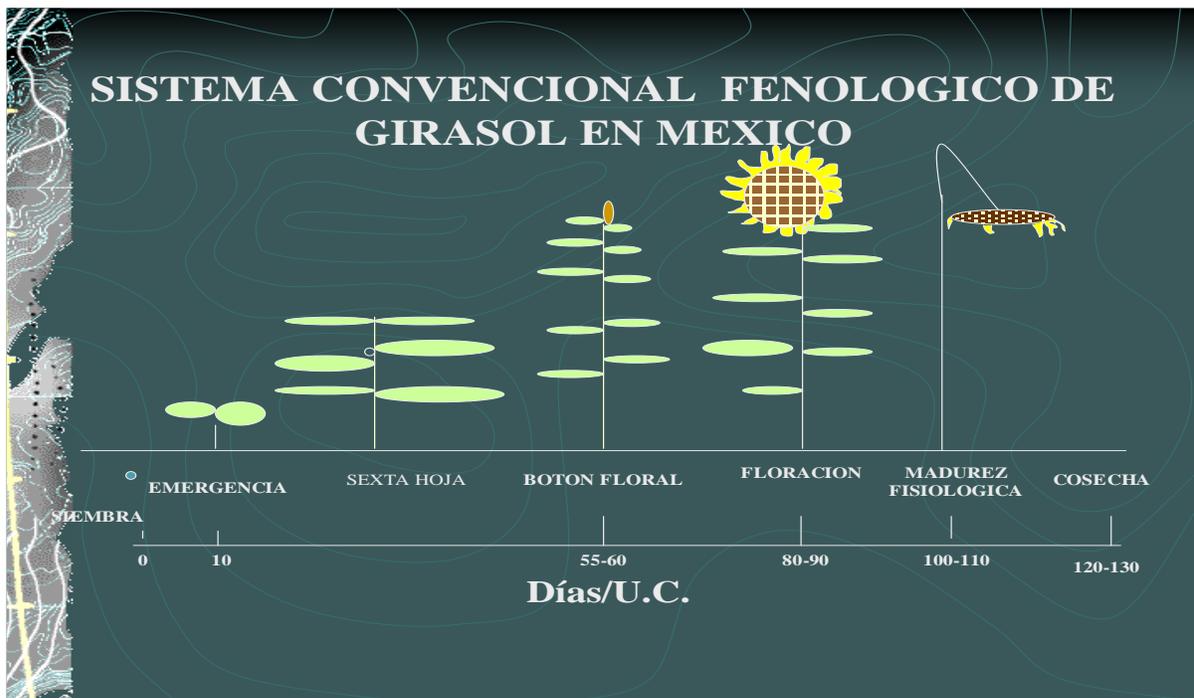


Figura Gi 9.- Desarrollo de la planta de girasol y desarrollo del grano desde la siembra (Aguirrezabal *et al.*, 2001)

El desarrollo de la planta de girasol se inicia, como se ha mencionado anteriormente con el crecimiento de la radícula en la germinación y desarrollo de la plúmula, en cuanto al crecimiento del tallo se puede observar que este se da en forma significativa a partir de los 10 a 15 días después de la siembra, en esta etapa la tasa de crecimiento del tallo es muy activa de tal manera que en tan solo 40 días después, el tallo alcanza su máxima altura (60 dds). En los primeros 20 a 25 días se inicia la formación del botón floral, por lo que es muy importante que en esta etapa no se presenten problemas que impidan el desarrollo normal del capítulo, ya que se asegurara el tamaño óptimo del capítulo, así como el número de flores tubulosas y liguladas, observándose las primeras estructuras florales aproximadamente a los 40 a 50 días siendo la apertura del capítulo unos 10 días después, dándose inicio a la floración a los 50 65 días después de la siembra. El desarrollo del aquenio se inicia poco después (10 d) de que las flores de la zona periférica del capítulo han abierto y han sido

fecundadas exitosamente, de tal manera que aproximadamente después de los 60 a 65 días de iniciada la floración, los granos empiezan a ganar peso, alcanzando su máximo a los 40 a 50 días después. En este proceso también se lleva la acumulación de aceite la cual se inicia los 10 días después de la fecundación de la flor alcanzando su máximo contenido a los 30 a 35 días después de la fecundación de la flor.

DESARROLLO FENOLOGICO DEL GIRASOL



En 1981 Schneiter y Miller proponen un método para determinar con mayor precisión las diferentes etapas fenológicas del cultivo del girasol, distinguiendo dos fases; la primera que corresponde a la etapa vegetativa la cual comprende desde la siembra a inicio de botón floral, esta etapa se identifica con la letra **V**, siendo la etapa de emergencia caracterizada como **VE** y etapas posteriores como **Vn** donde "n" indica el número de hojas verdaderas que se han desarrollado (hojas > de 4 cm de longitud). La segunda fase conocida como reproductiva es dividida en nueve etapas, basándose en el desarrollo de la inflorescencia, desde su aparición y floración hasta la madurez fisiológica del grano. Dentro de la fase vegetativa las etapas más importantes es la de **V6-14** ya que en estas etapas se desarrolla el sistema radicular en forma adecuada y se inicia la diferenciación del botón floral, siendo en estas etapas en donde se determina el tamaño del capítulo

y el número de flores por capítulo, siendo dos de las principales componentes de rendimiento en girasol.

ETAPAS FENOLOGICAS DE SCHNEITER Y MILLER, 1981:

R₁ = La inflorescencia está rodeada por brácteas involúcras inmaduras visibles, dándole la apariencia de que proceden de un mismo punto.

R₂ = El entrenudo de la base de la inflorescencia y la hoja más próxima (> de 4cm) es de 0.5 a 2.0 cm.

R₃ = La inflorescencia continúa alargándose, excediendo más de 2.0 cm sobre la hoja más próxima en el tallo.

R₄ = Se inicia la apertura del capítulo y se observan pequeñas flores de rayo, las brácteas rodean al capítulo.

R₅ = Esta es la etapa en la cual se inicia la antesis, las flores de rayo se encuentran completamente extendidas y se observan todas las flores de disco. Esta etapa es subdividida en valores decimales, dependiendo del porcentaje del área del capítulo que está en floración: ej. R_{5.8} nos indicaría que el 80 % del área del capítulo se encuentra en floración.

R₆ = La floración ha sido concluida y las flores de rayo empiezan a perder turgencia y se muestran marchitas.

R₇ = La porción inferior de la parte posterior del capítulo se torna amarillento, pudiéndose iniciar tanto en la porción de la periferia del capítulo como de la porción central.

R₈ = El dorso del capítulo se torna amarillento, pero las brácteas permanecen de color verde, pudiéndose presentar pequeñas manchas de color café.

R₉ = Las brácteas se tornan amarillas y cafés, en este momento una gran porción del dorso puede a comenzar a tornarse en manchas de color café. Esta etapa es referida como **Madurez Fisiológica**.

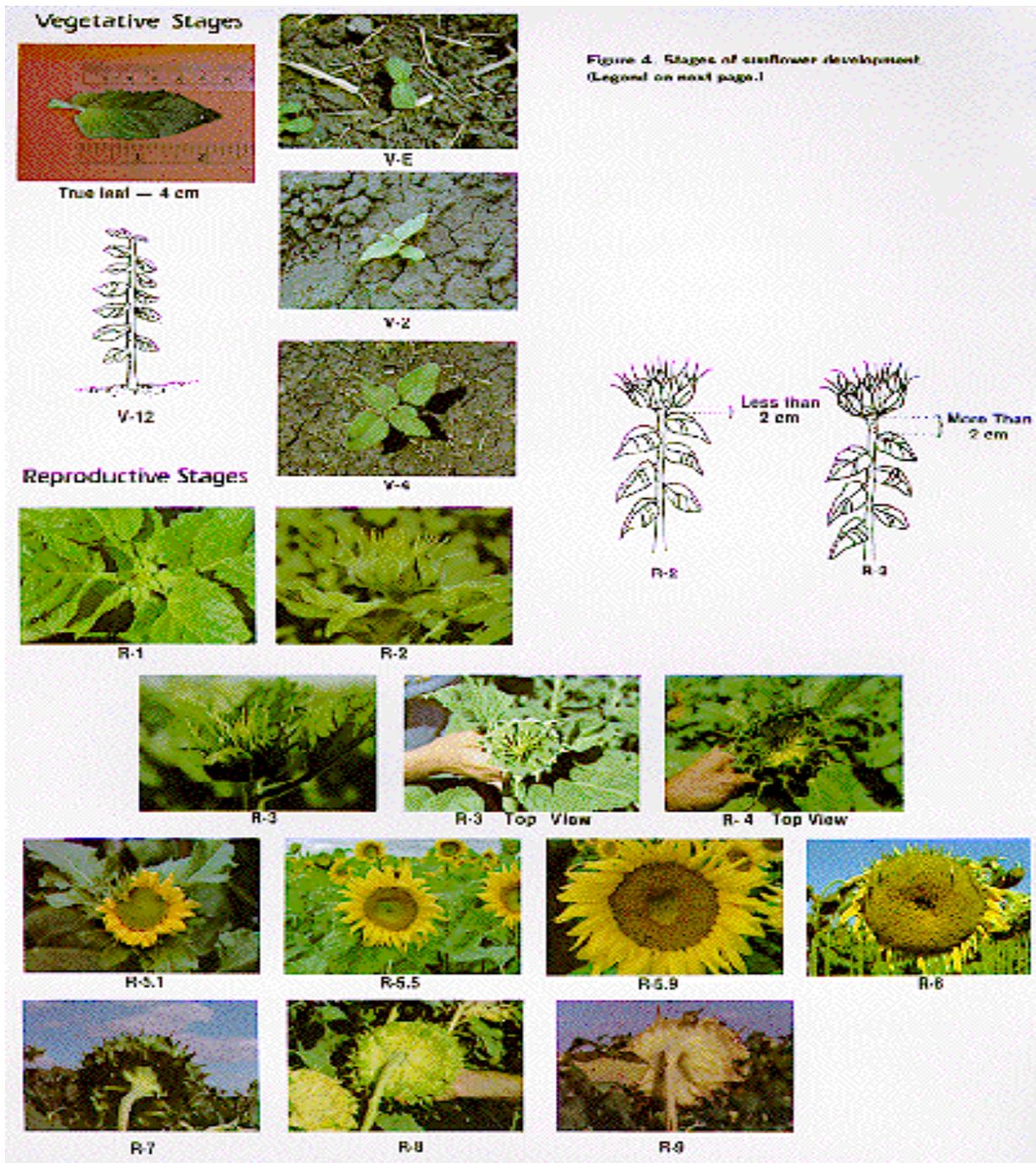


Figura Gi 11.- Imágenes de las diferentes etapas fenológicas del girasol (NDSU, 2007)

También se ha utilizado en los últimos años la relación de las unidades calor y el desarrollo de las distintas etapas fenológicas del cultivo del girasol como una herramienta para determinar la época más adecuada para la aplicación de las prácticas necesarias, además de poder determinar con

antelación la aparición de las diferentes etapas fenológicas y presencia de plagas. En el cuadro se pueden apreciar la variación dentro de los valores en cuanto a la acumulación de unidades calor en las diferentes etapas del cultivo de girasol que se manejan en varias de las regiones productoras

Cuadro Gi 3.-Requerimiento de Unidades Calor en las Diferentes Etapas Fenológicas de Girasol. Jafar, M.N.; L.R. Stone; D.E. Goedrum citan varios resultados en cuanto a las unidades calor en girasol y sus etapas. (Agr. Jour. 85:281-286).

ETAPA FENOLOGICA	NDAWN ⁽²⁾	1985	1986	2007(1)	
VE	206	0	0	167	131
V₄	347	146	141	349	
V₁₀	557	283	309	545-600	
V₂₄		497	546		
R₁	1048	567	621	919	627
R₂	1188	673	724	1,152	
R₃	1328	777	821	1,394	
R₄	1469	877	930	1,492	
R₅	1609	969	1008	1,546	974
R_{5.5}	1749	1020	1044	1,623	
R₆	1889	1120	1172	1,780	1182
R₇	2030	1245	1296	2,052	
R₈	2170	1361	1406	2,211	
R₉	2310	1628	1640	2,470	1544

(1) .- Fuente: NDSU Carrington Research Extension Center – 2 years of data averaged from five sunflower hybrids. Las UC se calcularon a TEMPERATURA base de 44 °F

(2) .-NORTH DAKOTA AGRICULTURAL WHEATHER NETWORK center: Tb=44 °F

FECHA DE SIEMBRA:

En el girasol es importante considerar la fecha de siembra, ya sea bajo condiciones de temporal como de riego, para obtener los máximos rendimientos. Debiéndose sembrar en temporal de tal manera que se evite coincidir las etapas de floración y formación de grano con temperaturas extremas (tanto $>$ de 40°C como baja). En caso de que no exista peligro de heladas se debe sembrar de tal forma que la cosecha se dé al término del temporal, con el fin de facilitar la cosecha mecánica y el secado del grano.

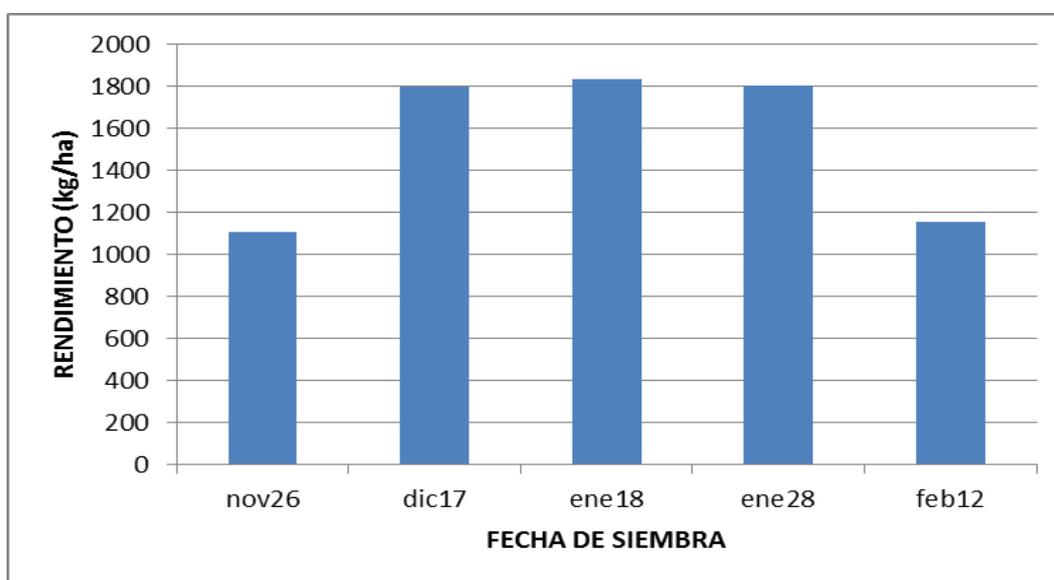


Figura Gi12.- Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento de grano de girasol en la Costa de Hermosillo. (Miranda Blanco y Álvarez R.M., DAG-1985).

En latitudes mayores la siembra del girasol se efectúa tan pronto como la temperatura del suelo permita la germinación de la semilla ($>10^{\circ}\text{C}$), de tal manera que se aprovecha un período largo donde se tengan condiciones favorables para un buen desarrollo vegetativo. La fecha de siembra tiene un efecto en el desarrollo de la planta de girasol, fechas tempranas tienen el riesgo de presentarse heladas tardías en etapas muy susceptibles. Provoca además un alargamiento del ciclo y en casi todas sus etapas de desarrollo, y son de mayor rendimiento y acame. Por otro lado, una fecha de siembra tardía traería como consecuencia una planta más baja con un capítulo más chico y menor

peso de grano, mayores problemas de plagas, bajo rendimiento y un acortamiento del ciclo. Al parecer el período de botón floral hasta antesis es poco afectado, permaneciendo más o menos constante en cualquier fecha de siembra (Unger 1985).

En los estados de Puebla, Tlaxcala, Guerrero, Morelos, Guanajuato Jalisco Zacatecas y Durango, en las siembras de temporal la siembra se efectúa a principios de junio (1-10) hasta el 20 de julio o sea cuando se inicia el establecimiento de la época de lluvias. En las siembras bajo riego, la siembra del girasol se efectúa principalmente en el ciclo O-I siendo las fechas óptimas de siembra del 15 de noviembre al 30 de diciembre para los estados de Morelos, Jalisco y Guerrero y de marzo a abril en el estado de Tamaulipas.

En el estado de Sonora en la parte sur (Valle del Yaqui y Mayo) en suelos de barrial se recomienda la siembra del **15 de noviembre al 15 de diciembre** para variedades o híbridos tardíos y del **15 de noviembre al 31 de diciembre** para variedades e híbridos precoces. En varios trabajos desarrollados en la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, se encontró que la fecha de siembra del girasol en la costa de Hermosillo se encuentra del 15 de diciembre al 28 de enero, ya que siembras anteriores al 15 de diciembre son muy propensas a daños por heladas tardías (febrero) y fechas posteriores a enero son de menor rendimiento debido a la presencia de altas temperaturas en la época de floración afectando además la calidad del grano ya que se tiene un mayor porcentaje de grano vano, menos contenido de aceite y mayores problemas de plagas y enfermedades (Miranda y Alvares, 1985). Como se mencionó anteriormente, la fecha de siembra tiene una fuerte influencia en el contenido de ácidos grasos oleico y linoleico, en siembras tardías se tiene un mayor contenido de ac oleico (cuando la etapa de formación del grano coincide con altas temperaturas), de acuerdo con los trabajos de Unger y Ortégón.

VARIEDADES E HIBRIDOS:

Los primeros materiales que se sembraron en México provenían del extranjero, principalmente se trataban de variedades rusas como: **Peredovick, Vniimk 8931, Vniimk, Smena, Manchurian, Armavirek y Cernianca** entre otras, dentro de las desventajas de estos materiales podemos mencionar su altura ya que su desarrollo bajo nuestras condiciones se favorecía su

crecimiento alcanzando alturas mayores de 2.0 metros, además el grosor del tallo dificultaba su corte al momento de la cosecha. Posteriormente se empezaron a introducir nuevos materiales siendo algunos de ellos híbridos de otras partes del mundo. Los híbridos empezaron a mostrar sus ventajas con respecto a las variedades que se estaban utilizando, desplazándolas paulatinamente. Dentro de las ventajas que se observan en los híbridos tenemos en primer lugar una mayor uniformidad en la planta, mayor contenido de aceite, resistencia a plagas y enfermedades un menor porte que facilite las labores de cosecha, e incremento en los porcentajes de autofecundación.

Existen varios tipos de híbridos; híbridos simples, híbridos dobles e híbridos triples., en el caso del girasol la mayoría de sus híbridos proceden de cruza simple y triples (**AxB**), **Ax(BxC)** y pocos de cruza dobles (**AxB**) x (**CxD**).

En algunos trabajos que se han efectuado en la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, los híbridos DO-704XL, DO-707, y DO-827 mostraron rendimientos adecuados siendo el híbrido DO-827 uno de los más estables en distintas fechas de siembra y el DO-707 presentó el porcentaje más alto de aceite (41 %), otros híbridos que se han mostrado con buena producción son: IS-7111, IS-7000, Pag-SF-100, Cargil-206, y DO-855. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) recomienda los siguientes materiales para su siembra en los valles del Yaqui y mayo. En el sur del estado las variedades que son recomendadas actualmente para su siembra son las variedades Sierra y Olisun 2 (Castillo-Torres, 2017). En la región temporalera de San Luis Potosí las variedades recomendadas son Daytona y Cobalt II que son híbridos de alto oleico, obtenidos de cruza simple (Barrón-Contreras J.L., 2017)

En el sur de Tamaulipas la siembra de girasol la realizan en el ciclo primavera-verano bajo condiciones de temporal, siendo las variedades RIB-77, Victoria y Primavera las recomendadas por el INIFAP-CIRNE. En cambio, para la región norte y centro, tanto para riego como para temporal, se recomiendan las variedades **Sierra**, y **Barracuda** para aceite y para confitería **Panther** y **Jaguar** (Gonzalez-Quintero, 2017).

El híbrido Sierra HO, de la compañía Nuseed, es un híbrido simple, con alto potencial de producción y alto contenido de oleico, de ciclo medio-largo y porte alto con buen sistema radicular

con buena tolerancia a sequía. El híbrido Daytona HO, también pertenece a esta compañía y se caracteriza por ser precoz y de baja altura e ideal bajo condiciones de baja humedad, con tolerancia al acame. Es un híbrido con alto oleico y resistente al herbicida Imazamox (tipo Clearfield) y tolerante a enfermedades

Cuadro Gi4.- Híbridos que han sido recomendados por en CIRNO

HÍBRIDO	TIPO FLORACIÓN	DÍAS A CICLO	ALTURA CM	DIAMETRO CAPÍTULO	ACEITE %
SUN HI-338	P	80	120	1.5	43
IS-241	P	80	120	1.5	43
IS-903	P	80	120	1.5	43
IS-907	P	80	120	1.5	43
SAFFOLA-304	T	90	135	1.8	43
BIG-TOP	T	90	135	1.8	43
IS-893	T	90	135	1.8	43
IS-7000	P		120		40
IS-7111	I		130		40
IS-7775	T		130		40
IS-3001	T		130		40

La mayoría de las compañías dedicadas a la formación de nuevos materiales genéticos de girasol están interesados en formar materiales con mejores características de calidad en el aceite, por lo que se busca en la actualidad, materiales con un mayor contenido de Ac. Oleico, de tal manera que se desarrollaron materiales con un contenido moderado de Ac. Oleico a las cuales se les ha denominado variedades tipo **NuSUN**, que poseen de un **55** a **79** % de oleico, tales como las variedades: **DKF35-10NS; DKF30-33NS; IS-5880-NS; IS-4668-NS; 3080 DMR NS**. Como puede observarse todas ellas tienen la terminación **NS**. También se ha logrado obtener a través del mejoramiento genético materiales con mayor contenido de oleico, este tipo de híbridos y variedades se les diferencia como tipos **HO** (HIGH OLEIC), lo que indica que son materiales con un contenido de ácido oleico superior al **80** % en su aceite, que en forma comparativa sería de igual calidad al de olivo, salvo que obtenido a un costo mucho menor. Como ejemplo podemos mencionar los híbridos:

SIERRA HO, BADGER HO; 343 DMR HO; 378 DMR HO estos dos últimos poseen además resistencia a mildiu vellosos (Downy Mildew Resistant: **DMR**) **Y HIGH OLEIC 120**

En el ciclo agrícola 2010, el INIFAP llevo a cabo pruebas para determinar la respuesta de varios materiales genéticos bajo las condiciones del valle del Yaqui, donde se observó que el híbrido que obtuvo el mayor rendimiento fue el híbrido: **MH 7240**, seguido por **Dekasol 3945, Dekasol 3940, Dekasol 4065** y **MH 8544**, con rendimientos de 3.559, 3.229, 3,096, 2.967 y 2.897 ton/ha respectivamente. También se mostraron en esta evaluación que el rendimiento promedio de todos los materiales fue superior a las 2.8 ton/ha. Syngenta posee materiales como el híbrido 7111 HO/CL/DM

En varios países se ha venido incrementando la utilización de variedades e híbridos de girasol con tolerancia y/o resistencia hacia herbicidas específicos, tal es el caso de materiales de girasol bajo la tecnología **CLEARFIELD** los cuales son materiales que poseen tolerancia a la aplicación de imidazolinonas tal como el **Imazapir (Arsenal) Imazamox (Beyond)**, sin embargo, estos productos poseen una residualidad de 3 a 12 meses en el suelo por lo que su aplicación conlleva un mayor riesgo. Otro tipo de materiales que han estado desarrollando, son las variedades **ExpressSun** los cuales son variedades que poseen resistencia al herbicida **TRIBENURON METYL** que es muy utilizado para el control de malezas de hoja ancha en trigo. Hay que aclarar que tanto los materiales *Clearfield* como los *ExpressSun* han sido obtenidos a través de mejoramiento genético tradicional y no a través de la ingeniería genética. Sin embargo, la utilización de materiales genéticamente modificadas en girasol puede presentar un reto para su cultivo, debido al impacto que estos materiales pudieran tener en la genética de las plantas de girasol silvestre que permanecen como malezas en mucho de los cultivos que actualmente se explotan. Nuseed Sunflower CO. maneja los materiales aceiteros: **FALCON** (NuSun/ExpressSun); **DUET** (NuSun/CL/DMR); **TALON** (MO/ExpressSun); **CAMARO II** (NuSun/CL/DMR); **TORINO** (NuSun/CL); **DAYTONA** (HO/CL); **HORNET** (HO/CL/DMR) y **SIERRA** (HO).

MYCOGEN SEED maneja los materiales: **8H288** (HO/CL/DMR); **8H449** (HO/CL/DMR) **MY8H456** (HO/CL); **8N270** (HO/CL/DMR)

METODOS DE SIEMBRA



Figura Gi13.- Siembra convencional de Girasol en el noroeste de México

Se recomienda sembrar girasol en hileras con separaciones que van de 75 a 92 cm, distancias menores pueden resultar en plantas con porte alto, tallos débiles y delgados, que pueden fácilmente acamarse, dificultando la labor de cosecha, tanto si se realiza en forma manual como mecánica. Distancias mayores a 92 cm pueden resultar en plantas bajas, pero con tallo grueso y fibroso dificultando su cosecha, además que se tienen áreas no cubiertas por el cultivo ya que se tendría menos plantas por metro cuadrado y por lo tanto menor rendimiento. Es aconsejable utilizar una separación de 75 cm en suelos de textura ligera o en siembras de temporal, pero con la mínima cantidad de plantas por metro lineal, y una separación amplia de 92 cm para suelos de textura pesada o francos debido al gran desarrollo que la planta presenta en estos tipos de suelo. La longitud de los surcos no debe exceder de 250 m para evitar que se presenten condiciones de humedad excesiva por la aplicación de los riegos. En la mayoría de las regiones la siembra se efectúa sobre el lomo del surco para riego y buen temporal, pero si no se cuenta con buen temporal, se recomienda la siembra en el fondo del surco para una mayor disponibilidad de humedad.

En cuanto a la profundidad de siembra esta dependerá del método de siembra a elegir, siendo la forma más recomendable la siembra en húmedo o a tierra venida, debido a la susceptibilidad al ataque de secadera de plántulas, con lo que al mismo tiempo se elimina la primera tanda de maleza que emergen con el riego de presiembra, siendo el rango de siembra de 6 a 8 cm y en siembras en seco la profundidad de siembra es de 4 a 6 cm para suelos que posean una buena capilaridad

DENSIDAD DE SIEMBRA. - La densidad de siembra dependerá básicamente del tipo de variedad de que se trate, así pues, para variedades aceiteras, se recomienda una población de 30 000 a 60 000 plantas por hectárea, sin embargo, se considera que una población de 32 000 a 50 000 plantas por hectárea es el rango óptimo para la producción de girasol para aceite. En trabajos realizados en el valle del yaqui por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con densidades desde 25 000 a 100 000 plantas por hectárea no se observó diferencia significativa en el rendimiento, sin embargo, concluyen que la densidad óptima de siembra fue de 50 000 plantas por hectárea. Esta población se logra al dejar en el desahíje de 4 a 5 plantas por metro lineal. Esta población se asegura al sembrar de **5 a 6 kg** de semilla por hectárea, utilizando la sembradora de botes para maíz o frijol sin ningún problema, pero si consideramos que un kg de semilla contiene aproximadamente de 12 000 a 15 000 semillas y con un 85% de germinación en campo, esta densidad sobrepasa al número de plantas requeridas. Cuando la cantidad de plantas por metro exceden a la recomendada, se hace necesario efectuar la labor de desahíje, la cual debe realizarse cuando la planta alcance una altura de 15 o 20 cm o las plantas se encuentren antes de 4 a 5 hojas verdaderas, tratando de dejar una separación de 20 a 30 cm entre plantas. Pero si la siembra se realiza en forma manual, debe depositarse dos o tres semillas cada 25 a 30 cm y eliminar posteriormente una o dos de la que lograron emerger, procurando dejar aquella que muestre un mayor vigor. Si la siembra se realiza para la producción de forraje se utilizan de 12 a 15 kg. de semilla por hectárea, procurando dejar una separación de 10 cm entre planta en hileras con separación de 75 a 80 cm lo que nos aseguraría una población de 100,000 a 125,000 plantas por hectárea. Es recomendable incrementar estas densidades si se tienen problemas de salinidad, o si la siembra se efectúa en forma tardía, bajo una mala preparación de terreno o existen fuertes problema de plagas o enfermedades.

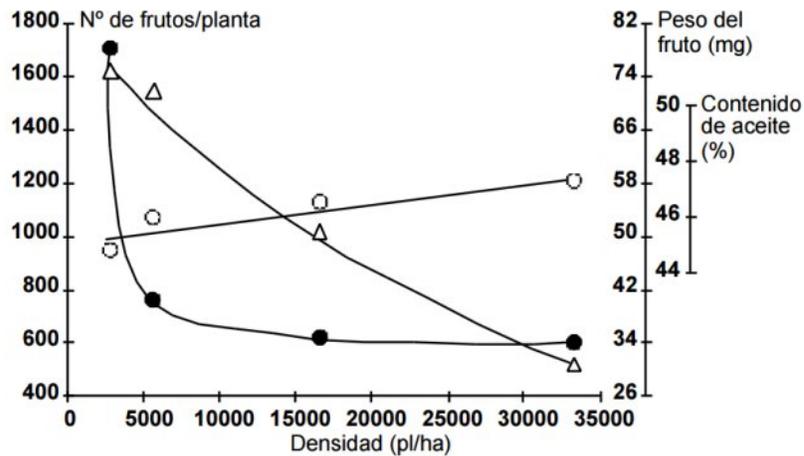


Figura. Gi 14- Efecto de la densidad de plantas por hectárea en el número de aquenios por capítulo (triángulos); peso del fruto (círculos llenos) y contenido de aceite en el grano (círculos vacíos) tomado de Albalizabal, 1993.

Cuadro Gi5.- Efecto de la población de plantas en el rendimiento y los componentes del rendimiento en girasol (promedio de 12 ensayos en Minnesota –USA)

plantas/acre	Rendimiento lbs/acre	Semillas /Cap.	Peso semilla mg/grano	Granos grandes %	Cont. de aceite %	Índice de acame
14,970	2,004	831	73	52	42.1	1.5
19,830	2,131	727	67	44	43.2	1.8
25,090	2,169	632	62	33	43.2	2.1
29,940	2,173	548	60	31	43.4	2.4,
34,800	2,231	501	58	16	43.8	2.5

1Non-oilseed cultivars held on an 0.8 cm round-hole screen ²1 = erect, 9 = prostrate.
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sunflower.html>

En este cuadro se puede observar que entre menor sea la densidad de plantación (14,970 ptas/a) se incrementa el tamaño del grano y se incrementa el % de granos grandes, el número de granos por capítulo y disminuye el número de granos vanos por capítulo y el rendimiento. La planta de girasol suele compensar la diferencia en las poblaciones de plantación ajustando el tamaño del capítulo y el grano, esto es que en poblaciones altas el tamaño del capítulo y grano decrecen, en cambio en bajas poblaciones se presentan capítulos y granos más grandes. Los materiales aceiteros son sembrados en poblaciones mayores que los de confitería ya que el tamaño del grano es de menor importancia. (Berglund Duane R., Sunflower Production NDSU2007)

FERTILIZACIÓN

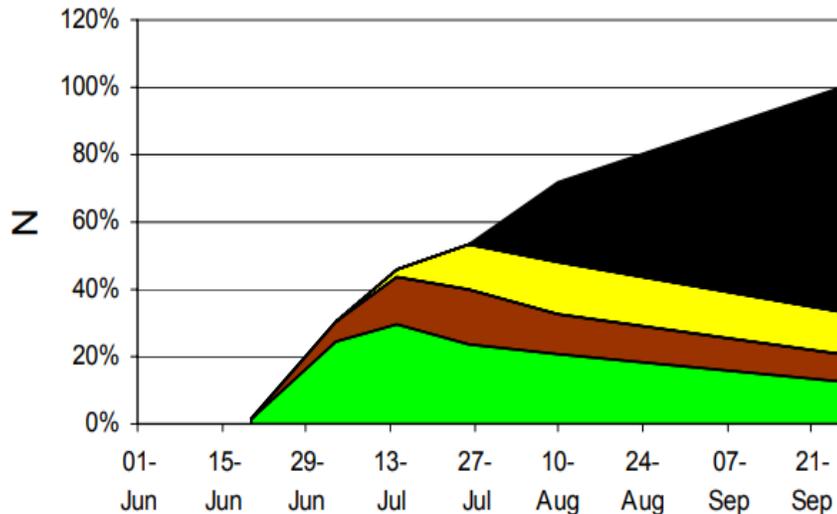


Figura Gi15.- Absorción y distribución de nitrógeno en las diferentes estructuras de la planta de girasol, negro=semillas, amarillo=capítulos, marrón=tallos y verde=hojas. Las etapas fenológicas se presentaron en: V4 en junio 16; V8 en julio 4; R1 el 16 de julio; R6 10 de agosto; R9 26 de septiembre (Heard and Park, 2008)

Se considera que el girasol extrae una buena cantidad de nutrientes del suelo para su desarrollo lo que provocaría un empobrecimiento del suelo en las siembras sucesivas de girasol, con una fertilización deficiente. Se dice que el girasol para poder producir 1000 Kg de grano extrae del suelo 50 Kg de nitrógeno, 20 Kg de fósforo y 100 Kg de potasio, Sin embargo, esta suma puede variar de acuerdo a la zona de producción y condiciones de suelo, la Universidad de Nebraska considera que el girasol extrae 48 lb de N por acre, 15 lbs de P_2O_5 , 36 lbs de K_2O , 6 lbs de Azufre 2 lbs de Magnesio 1.2 lbs de Calcio y 0.05 lbs de Zinc. Donde el grano se lleva aproximadamente el 50 % del nitrógeno y del fósforo extraído y solo el 10 % del potasio. Esto nos indica que debemos incorporar nuevamente estos nutrientes a través de una adecuada fertilización. Gómez Arnau menciona que, sobre la base de algunos experimentos, el girasol satisface hasta un 70 % de sus necesidades de nitrógeno con el que se encontraba disponible en el suelo procedente de fertilizaciones anteriores, sobre todo en las capas profundas del suelo y que solo el 30 % lo obtiene de la fertilización efectuada en el mismo ciclo. En California recomiendan que la determinación de

nitrógeno en el suelo se debe hacer considerando una muestra de 0-30 y de 30-60 cm de profundidad y que por cada 100 lb/a de producción debe de haber de 5 a 7 lb de nitrógeno en ese perfil de suelo.

Al igual que el cártamo y otras oleaginosas el girasol no responde muy bien a la aplicación de nitrógeno esto es, como anteriormente se mencionó, que el girasol por su característica radicular que le permite explorar un mayor volumen de suelo, pudiendo extraer agua y nutrientes en capas más inferiores en comparación con otros cultivos. En Dakota del norte la recomendación de nitrógeno se basa en el contenido en el suelo a una profundidad de 120 cm, ya que los resultados en los diferentes experimentos han mostrado que las dosis altas no tienen efecto si en la rotación se ha aplicado altas dosis de nitrógeno, de tal manera que si el suelo reporta una concentración de alrededor de 30 lb/a en un perfil de 60 a 120 cm el cultivo no responde a su aplicación (Kandel, 2020). Sin embargo, la aplicación de fertilizante puede contribuir a obtener un incremento en el rendimiento, bajo otras condiciones. En cuanto a la dosis de nitrógeno que se aplica, se recomienda la aplicación de 40 a 120 Kg de N/ha ya que un exceso provocaría una disminución del contenido de aceite en el grano, **mayores problemas de acame**, alargamiento del ciclo vegetativo y un cultivo más propenso al ataque de enfermedades como la pudrición basal del tallo por *Sclerotinia*. La época de aplicación se menciona que un buen suministro de nitrógeno en las primeras etapas del cultivo nos aseguraría un mayor número de granos por metro cuadrado y una aplicación tardía solo repercutiría en el peso del grano. Por lo anterior, se recomienda que la aplicación se haga en forma fraccionada, sobre todo en aquellos suelos de textura ligera o bien en siembras de temporal, aplicando la mitad de la dosis al momento de la siembra y la otra poco antes de inicio de botón floral. Hay que recordar que el girasol absorbe cerca del 80 % del nitrógeno total hasta la etapa de floración (figura), por lo que antes de esta etapa debe de existir un buen suministro de este elemento en el suelo para que la planta pueda disponer de él adecuadamente.

En un trabajo que se llevó a cabo durante dos años para determinar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno (0, 75, 150 y 225 kg de N ha⁻¹) en dos híbridos de girasol (Hysun-33, S-278) en las variables: Contenido de proteína, Contenido de aceite, Ac Oleico, Ac. Linoleico, Rendimiento de grano y Rendimiento de aceite. Dentro de los resultados no se encontró interacción entre los genotipos y dosis nitrógeno (H x N) pero si se encontraron diferencias entre los híbridos, así como entre las dosis de Nitrógeno. Al incrementar la dosis de nitrógeno se incrementó

el contenido de proteína y el contenido de ácido linoleico, sin embargo, se redujo el contenido de aceite y de ácido oleico. También se encontró que al aumentar la dosis de nitrógeno se incrementaron los rendimientos de grano y aceite. Concluyendo que los rendimientos más altos en grano (3 485 y 3 505 kg ha⁻¹) y aceite (1 418 y 1 433 kg ha⁻¹) así como en los rangos de ácido. Oleico, linoleico y palmítico en 2010 y 2011 respectivamente, se alcanzaron mediante la aplicación de 150 kg de N ha⁻¹ (Ali and Ullah, 2012).

En cuanto a fósforo, este nutriente favorece un buen desarrollo radicular, es necesario en el intercambio de energía y parte fundamental del material genético, por lo que en aquellos suelos en los cuales el contenido de este elemento es bajo, es muy necesaria su aplicación. Se recomienda la aplicación de 40 a 60 kg de P₂O₅ por hectárea, procurando aplicarlo al momento de la siembra o en presiembra, esto es debido a la poca movilidad que tiene este elemento en el suelo. A pesar de que la planta de girasol absorbe más de 50 % del fósforo total después de la floración

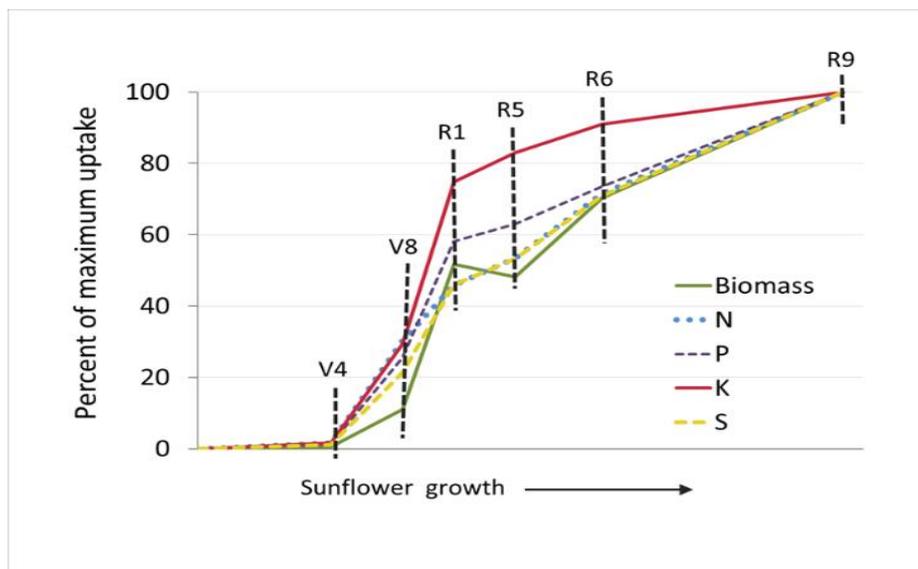


Figura Gi 16.- Acumulación de Biomasa y Absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en las diferentes etapas fenológicas (Heard and Park, 2008)

Cuadro. - Recomendación en la aplicación de fósforo en girasol en función del rendimiento esperado, contenido de Nitrógeno y contenido de fosforo en el suelo (Berglund, 2007)

RENDIMIENTO	N del suelo + fertilizante	CONTENIDO DE FOSFORO EN EL SUELO ppm				
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		Bray-1	0-5	6-10	11-15	16-20
lb/acre	lb/acre	lb P ² O ⁵ /acre				
1000	50	20	15	9	4	0
1500	75	31	22	14	5	0
2000	100	41	30	18	7	0
2500	125	51	37	23	9	0

El potasio es uno de los nutrientes que la planta de girasol extrae en grandes cantidades, este es devuelto en el rastrojo después de la cosecha y solamente un 10 % del total del potasio absorbido por la planta de girasol se pierde con la semilla (es eliminado del suelo), además los suelos de la región y de la mayoría de las regiones productoras de girasol en México, son ricos en este elemento, por lo que se dice que la aplicación de fertilizantes potásicos no ofrecen una respuesta satisfactoria en el rendimiento del cultivo del girasol. Además, se considera que la planta de girasol tiene una gran capacidad de absorber el potasio en sus formas insolubles en el suelo. La planta de girasol absorbe más o menos el 90 % del potasio requerido en la etapa de últimas flores por lo que se debe tener disponible en grandes cantidades antes de la floración.

Cuadro Gi 6.- Absorción y remoción de los principales nutrientes en el cultivo de girasol (National Sunflower Association of Canada NSAC)

Nutriente	Absorbido	Removido	Absorbido	Removido
	lb nutriente por cada 2000 lb de prod.		lb nutriente per cwt ¹	
Nitrógeno (N)	74-122	48-66	3.7-6.1	2.4-3.3
Fósforo (P ₂ O ₅)	24-56	18-26	1.2 – 2.8	0.9 – 1.3
Potasio (K ₂ O)	150-172	18-26	7.5 – 8.6	0.9-1.3
Azufre (S)	8-12	3-4	0.39 – 0.58	0.17-0.22
Calcio (Ca)	54-94	3-4	2.7-4.7	0.15-0.23
Magnesio (Mg)	37-39	6-7	1.86-1.93	0.30-0.36

¹.cwt,-Indica el peso de 100 libras de grano

La determinación del nivel de fertilidad del suelo a través del análisis de suelo es una de las herramientas más adecuadas para poder determinar con mayor eficiencia la dosis de nitrógeno a aplicar, la Universidad de Nebraska recomienda que la toma de la muestra debería ser tomada al menos en los primeros 60 cm de profundidad y si es posible hasta los 120 cm, ya que la planta de girasol puede extraer los nutrientes requeridos a esta profundidad. En el cuadro se muestra las dosis a recomendar de acuerdo con la cantidad de nitrógeno encontrado en el análisis de suelo, haciendo la aclaración que en suelo con pobre contenido de materia orgánica se deberá aumentar un 10 %. O bien podemos determinar su necesidad de acuerdo con la fórmula propuesta por el laboratorio de suelos de la Universidad estatal de Dakota del Sur (SDSU, 2005), para la fertilización con nitrógeno sería:

$$DOSIS\ DE\ N = (0.05 * REND - N\ SUELO - LC)$$

Donde LC sería el aporte de un cultivo leguminoso previo como soya o frijol (=40 lbs/acre) en la rotación en el caso de fósforo y de potasio las ecuaciones serían:

$$DOSIS\ DE\ P = (0.0225 - 0.0014 \times P\ suelo) \times REND$$

$$DOSIS\ DE\ K = (0.041 - 0.00027 \times K\ suelo) \times REND$$

Cuadro Gi7.- Recomendación para la aplicación (lbs/a) de nitrógeno en girasol en base al análisis de suelo tomado de: (Nutrient Management for Agronomic Crops in Nebraska.UN-IANR EC155)

NO ₃ -N SUELO	RENDIMIENTO ESPERADO BAJO TEMPORAL					RENDIMIENTO ESPERADO BAJO RIEGO			
	En libras por acre								
	100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
ppm*	Lbs /acre de NITROGENO A APLICAR								
0.0-1.0	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1.0-2.0	15	25	35	45	55	65	75	85	95
2.1-3.0		10	20	30	40	50	60	70	80
3.1-4.0		0	0	15	25	35	45	55	65
4.1-5.0		0	0	0	0	20	30	40	50
5.1-6.0						0	15	25	35
+ 6.0						0	0	10	20

*.- Promedio del muestreo a una profundidad de 0 a 3 pies (0 a 90 cm)

La Universidad de Dakota del Norte menciona que el rendimiento de girasol responde a dosis de N altas 200-300 lb/ac (fig Gi 18), sin embargo, a estas dosis también se incrementan los problemas de acame y enfermedades, existiendo además una relación negativa con el contenido de aceite en los híbridos NuSun y HO (Franzen, 2020).

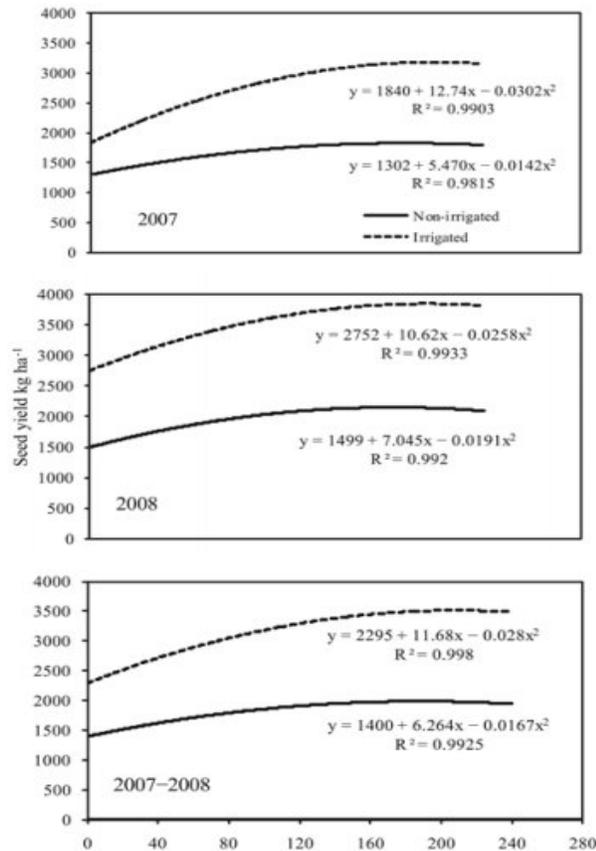


Figura Gi 17.- Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno y condiciones de riego en girasol (Sincik, 2013)

En la figura se puede apreciar el efecto que se tiene en la aplicación de nitrógeno y riego, siendo la línea punteada la respuesta en el rendimiento en el ciclo 2001 (a), 2008 (b) y combinada (c). Sinck en este trabajo concluye que la dosis de 160 kg N ha⁻¹ fue la dosis económicamente más adecuada y la que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a la altura de planta, diámetro de capítulo y rendimiento de grano a excepción del rendimiento de aceite en ambas condiciones de riego. (Sincik, Gksoy and Dogan, 2013)

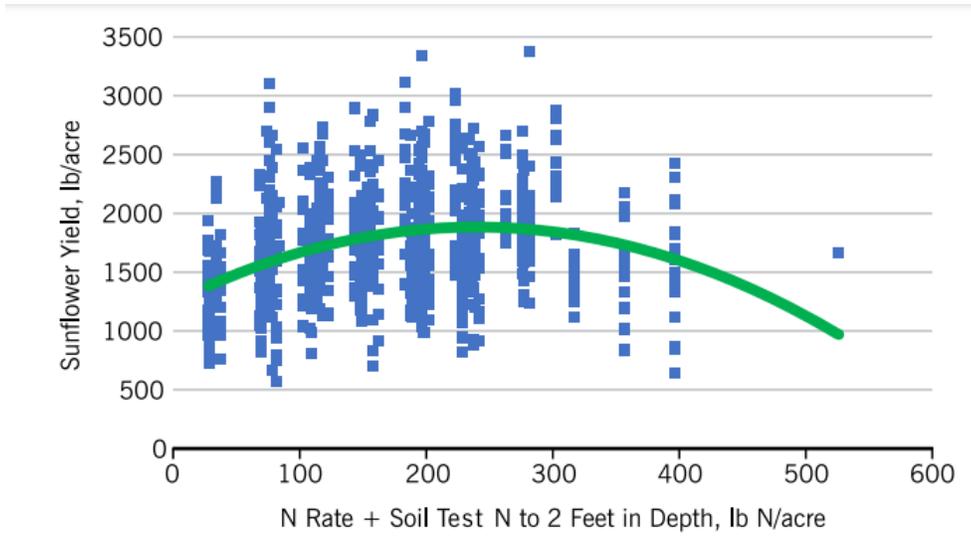


Figura Gi 18.- Comportamiento a diferentes dosis de nitrógeno en lb/ac, considerando la cantidad de N a una profundidad de 60 cm en 2014 (Franzen D., 2020)

RIEGOS

El girasol se considera con una eficiencia media en cuanto al uso de agua en su producción adjudicándole una eficiencia similar al de trigo con 119 lbs/acre/pulg. de lámina (48 kg/ha/cm). Se menciona que el cultivo de girasol para poder producir requiere una precipitación mínima de 250 mm distribuida durante su ciclo, sin embargo para tener una buena producción se requiere de una cantidad mayor de agua, 400 mm. Dentro del desarrollo de la planta de girasol podemos decir que hay dos etapas en las cuales es muy importante que se tenga un buen suministro de humedad en el suelo para poder lograr una buena producción, estas etapas son: en botón floral (**R₁₋₂**) y cuando se encuentra en inicio de floración (**R₅**), por lo que la aplicación de los riegos es necesario hacerlos en estas dos etapas, ya que el período de floración es relativamente corto, durando de 6 a 10 días y considerando que el suministro de agua en esta última etapa es suficiente para el desarrollo del grano, sobre todo en los suelos de barrial en el sur del estado de Sonora, pudiendo ser necesario la aplicación de un riego extra en la etapa de formación de grano, para regiones como la costa de Hermosillo o en la siembra de híbridos tardíos (con mayor período de maduración).

El período que va desde 20 días antes a 20 días después del inicio de floración es el más crítico en lo que a necesidades de agua se refiere, de manera que un período de estrés severo en este período puede causar una disminución en el rendimiento del orden del 30 %, ocasionándose además una reducción en el contenido de aceite de un 7 a 8 % y fallas hasta del 20 a 30 % en el cuajado del fruto. Arnau menciona que la fase crítica en cuanto a la necesidad de agua del cultivo se extiende desde que el botón floral es de 3 a 5 cm de diámetro hasta 10 a 15 días después del final de la floración. La síntesis de las materias grasas del grano se produce en la fase final de maduración del grano, por lo que la disponibilidad de agua hasta el final (junto con temperaturas no extremas) favorecerá un alto contenido de aceite. En caso de que se disponga de riego limitado, se recomienda efectuar al menos dos riegos de auxilio, el primero al inicio de la etapa sensible y el segundo al final de la floración (**R₃₋₇**).

Si existe una condición de riego restringido, su manejo deberá ser de tal manera que le dé oportunidad a la planta para que tenga suficiente humedad para lograr el desarrollo del máximo de

frutos bajo esa condición. Así pues si se tienen un solo riego, este debe ser aplicado en presiembra; si se tienen dos riegos, deberá ser aplicado el primero en presiembra para asegurar la emergencia de un mayor número de plantas y el segundo en la etapa de plena floración (**R_{5.5}**), de tal manera que se logre el llenado en la mayor cantidad de granos; y si se tienen tres riegos, estos deben ser aplicados de la siguiente manera: el primero en presiembra, el segundo en botón floral (**R₂**) y el tercero al final de floración (**R₆**), cuando las flores de rayos se empiezan a marchitar) de tal manera que se asegure el máximo de granos posible y el máximo de peso de grano, bajo esta condición (Serafin y Belfield, 2008). Una reducción del 20% del riego en la etapa de emergencia a inicio de botón floral (**V_E-R-2**), resulta en una reducción en el rendimiento de tan solo 5 %, en cambio una reducción del riego en un 20 % en las etapas de botón floral a final de floración (**R₂ a R_{5.9}**), resulta en una reducción en el rendimiento total del 50% (Berlung, 2007)

Figura Gi 9.- Recomendación del calendario de riego de girasol en el valle del Yaqui y Mayo para suelos de barrial y aluvión CIRNO.

RIEGO	SUELO DE BARRIAL		SUELO DE ALUVION	
	INTERVALO	LAMINA	INTERVALO	LÁMINA
PRESIEMBRA	0	15-20	0	15-20
1° DE AUXILIO	45-50	10	60-70	10
2° DE AUXILIO	70-75	10	85-90	10
3° DE AUXILIO	LLENADO DE GRANO	10	-----	-----
TOTAL		45-50 cm		35-40 cm

Cuadro Gi 10.-Utilización media de agua en pulgadas de agua requerida por la planta en base a la temperatura diaria y la semanas de desarrollo en el cultivo de girasol (Berglun Duane R., 2007; Scherer, 2020)

TEMPERATURA DIARIA EN ° F	SEMANAS DESPUES DE LA EMERGENCIA														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50 to 59	0.01	0.03	0.05	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.04	0.03
60 to 69	0.02	0.05	0.08	0.1	0.12	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.1	0.07	0.04
70 to 79	0.03	0.07	0.11	0.15	0.17	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.13	0.1	0.06
80 to 89	0.03	0.09	0.14	0.19	0.22	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.17	0.13	0.07
Arriba de 90	0.04	0.11	0.17	0.23	0.27	0.3	0.3	0.3	0.29	0.29	0.27	0.26	0.21	0.15	0.09
				BOTON						FLOR			R7		

Las necesidades de agua en girasol dependerán básicamente de la temperatura diaria y de la etapa fenológica en la que se encuentre, así entre más cálido sea el día la planta de girasol requerirá una mayor cantidad de agua como lo menciona la NDSU en el cuadro anterior. Por ejemplo, si la temperatura en el día es de 85 ° F (24 °C) y la planta se encuentra en la 8^{ta} semana de desarrollo, utilizara más o menos 0.25 pulgadas/d. También podemos observar en el cuadro que las necesidades más altas de agua independientemente de la temperatura ambiental se presentan de la 6 a la 10^a semana después de la emergencia lo cual coincide con las etapas de botón floral hasta final de floración, lo cual concuerda con lo mencionado por la mayoría de los trabajos que se han efectuado en este cultivo

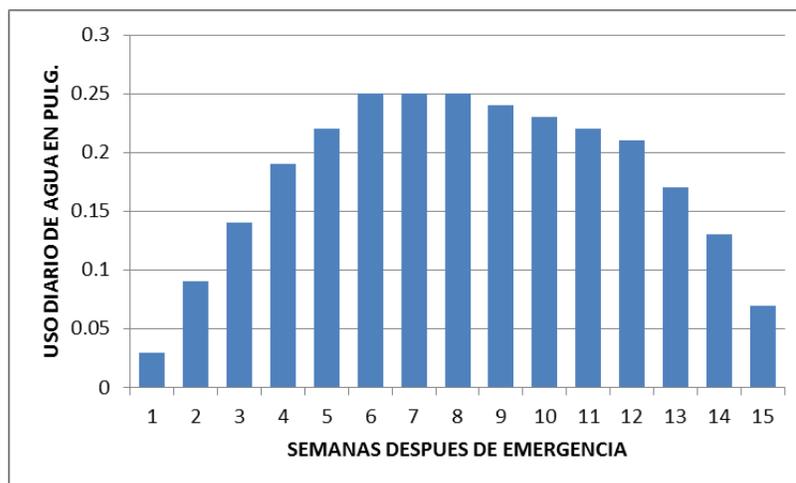


Figura Gi19.- Requerimientos diarios de agua en pulgadas en el cultivo de girasol en las diferentes etapas fenológicas considerando una temperatura diaria de 85 °F (29.7 °C) (Adaptado de NDSU, 2007)

Los requerimientos de agua en el girasol pueden variar desde 600 a 1000 mm, dependiendo del periodo de cultivo y clima. La evapotranspiración se incrementa de la emergencia a la floración y puede alcanzar una tasa tan alto como de 12 a 15 mm/día. Altas tasas de evapotranspiración son mantenidas durante el llenado de grano hasta principios del periodo de maduración. El 55% de agua es utilizada en el periodo de floración, el 25 en la fase vegetativa y el resto en el periodo de llenado de grano y maduración. En los primeros 20 a 25 días el Kc es de 0.3 a

0.4 incrementándose de 0.7 a 0.8 entre los 55 a 65 días, de 1,05 a 1.2 en la mitad de su desarrollo (90 a 115 días), de 0.7 a 0.8 en las últimas etapas (115 a 145 días) y 0.4 de madurez a cosecha (FAO, 2012 http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sunflower.html)

Existe una fuerte relación entre la cantidad de agua suministrada y el diámetro de capítulo de tal manera que se puede expresar en base a una regresión cuadrática, esta relación nos da un R^2 de 0.965 $Yo = -6.92x^2 + 40.7454x - 43.289$ de acuerdo con el trabajo de Yawson y cols. en 2011.

Existe una fuerte interacción entre la cantidad de agua disponible en el cultivo de girasol y el rendimiento de grano, de tal manera que, a mayor disponibilidad de agua, ya sea en condiciones de temporal o bajo riego, el rendimiento será más alto, como se puede observar en la siguiente grafica (tomada de High Plains Sunflower Production Handbook de la Kansas State University- Agricultural Station, MF-2384)

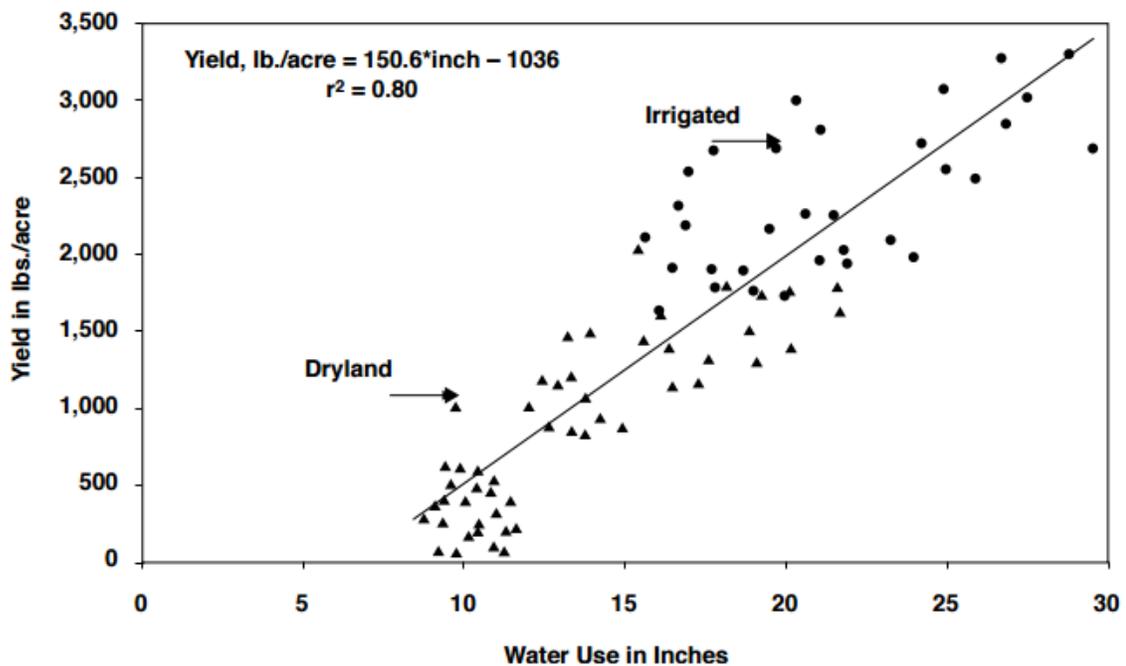


Figura Gi 20.- Interacción en el rendimiento de grano de girasol y la disponibilidad de agua bajo condiciones de temporal (triángulos) y bajo riego (círculos) (KSU- MF-2384)

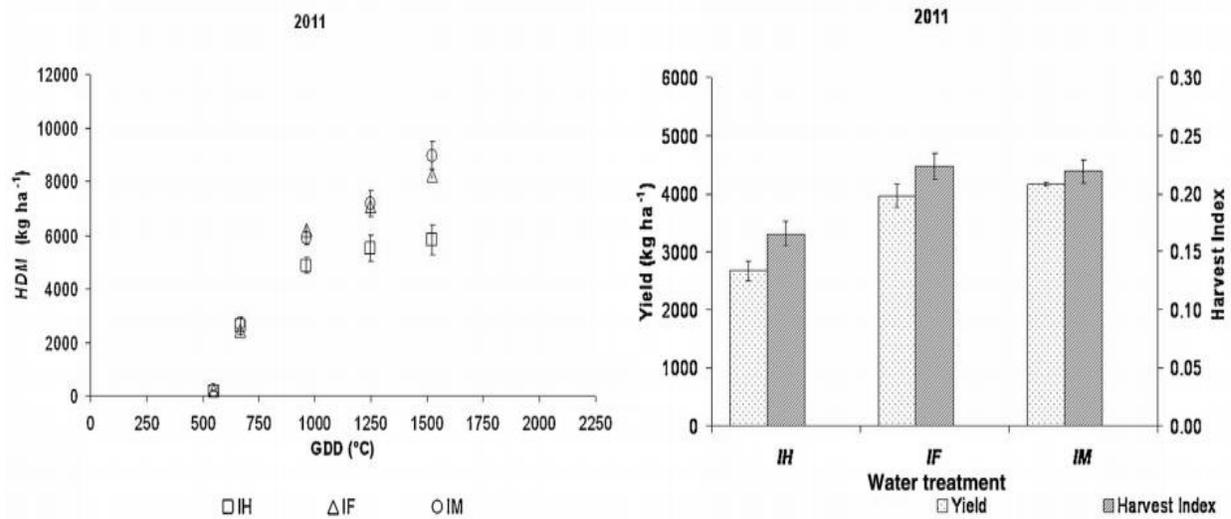


Figura Gi 21.- Comportamiento del rendimiento y la acumulación de materia seca en el capítulo (*HDM*) y rendimiento de grano en girasol bajo tres tratamientos de riego: **IH** aplicación de riegos hasta botón floral **R₃**; **IF** riegos hasta floración completa **R_{5,9}**; y **IM** riegos hasta grano lechosos **R₈**.

En este trabajo los riegos se aplicaron con cinta y goteros con un gasto de 4 L h^{-1} , bajo un método de siembra de 50 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y una densidad de 80 000 plantas por ha, sembrándose con el cv **Sambro**, los riegos se aplicaban cuando el $ET_c = 60 \text{ mm}$ obtenido con lisímetro. En donde se puede observar que la máxima *HDM* se obtuvo en los dos tratamientos más húmedos **IF** y **IM** a los 1500 GDD, así mismo se puede observar en el índice de cosecha y rendimiento de grano, sin embargo, concluye que a pesar de que las diferentes estrategias de riego mostraron diferentes cantidades de ahorro de agua, especialmente cuando se suspendieron los riegos en botón floral (**R₃**) se aseguró una buena cosecha lo cual podría mejorar el ingreso neto del productor. (Garofalo y Rinldi, 2015)

En 2004 Göksoy y colaboradores, realizaron una serie de experimentos en donde sometieron a la planta de girasol a 14 déficit de humedad para determinar el efecto de la restricción de humedad en diferentes etapas fenológicas de girasol. Los tratamientos consistieron en: Control (sin riego solo lluvia); **H** (riego en periodo de botón floral); **F** (riego en periodo de floración); **M** (riego en periodo de grano lechoso); **HF** (riego en periodo de botón floral y floración); **HM** (riego en periodo de botón floral y grano lechosos); **FM** (riego en periodo de floración y grano lechosos); **HFM** (riego en todos los periodos, sin estrés); **H₆₀FM** (igual que **HFM** pero aplic de riego al 60

déficit en botón); **H₄₀FM** (aplic al 40 de déficit en botón); **HF₆₀M** (aplicación de riego al 60 déficit en floración); **HF₄₀M** (riego al 40 de déficit en floración); **HF_{M60}** (riego al 60 déficit en grano lechoso); **HF_{M40}** (riego al 40 de déficit en grano lechoso) figura Gi 18.

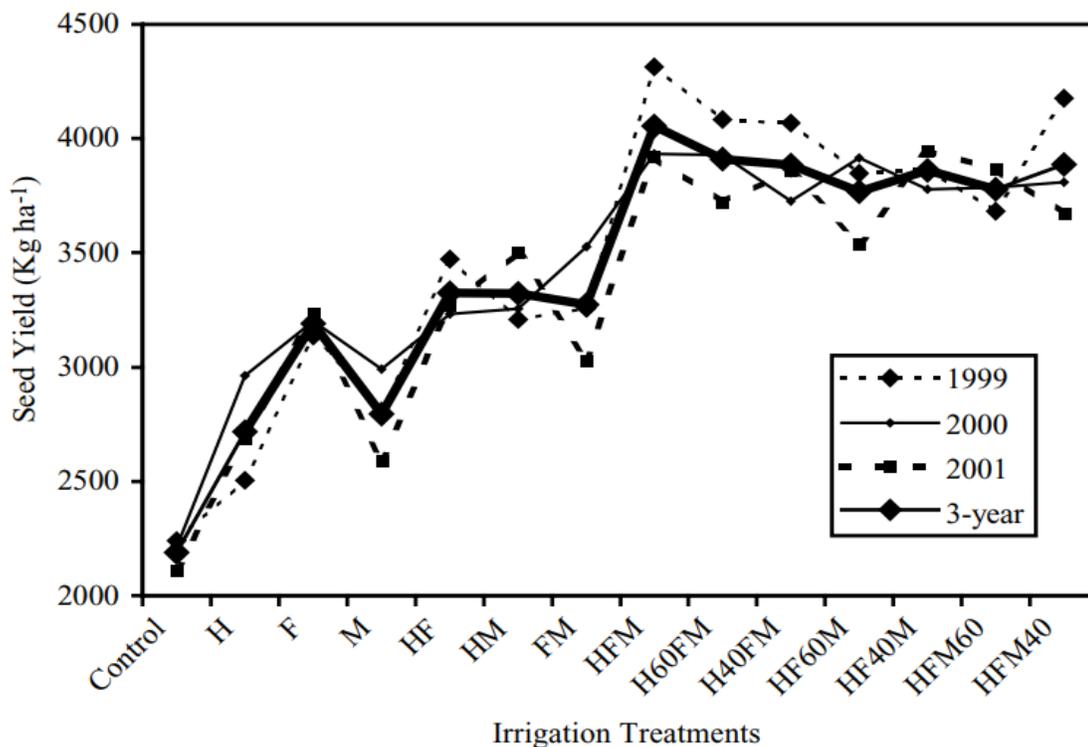


Figura Gi 22.- Respuesta del rendimiento de grano de girasol bajo déficit de riego en diferentes etapas fenológicas (Göksoy *et.al.*, 2004).

En este trabajo podemos observar que la aplicación de un riego ya sea en las etapas de botón floral (H) como en formación de grano (M) provoca una reducción significativa del rendimiento con respecto al tratamiento sin estrés, así como al compararlo con los tratamientos donde se aplicó un riego en floración (F) o dos riegos tanto cuando se aplicaron en botón floral y en floración (HF), como en floración y formación de grano (FM) y en Floración y Formación de grano (FM). También se puede observar que los tratamientos sin estrés fueron los que alcanzaron los rendimientos más altos indistintamente de la depleción de humedad (40 o 60%) para la aplicación del riego en cualquiera de las etapas fenológicas. Otro aspecto que hay que resaltar es el hecho que todos los tratamientos con riego (1, 2 o 3 riegos de auxilio) en las diferentes etapas fenológicas mostraron un aumento considerable en el rendimiento de grano (Göksoy *et al.*, 2004).

COMBATE DE MALEZAS

El girasol presenta su período crítico de competencia dentro de los primeros 40 días de desarrollo, que es cuando se tiene de 5 a 6 pares de hojas, ya que posteriormente la planta alcanza a cubrir el terreno provocando un sombreado que evita que prospere la maleza. Para tener un buen control sobre la maleza es necesario un manejo integrado de malezas mediante la aplicación de varios métodos de control como lo son el control cultural en la siembra en húmedo, el control legal al utilizar semilla certificada, el control mecánico en donde se recomienda efectuar pasos de cultivo utilizando ya sea azadón de picos o rotatorios como la Lillistone, para eliminar las malezas que se desarrollan en el fondo del surco, además que se le arrima suelo a la base de la planta favoreciendo un mejor anclaje de la planta a través de sus raíces adventicias, evitándose posibles problemas de acame en etapas posteriores. Se recomienda efectuar dos pasos de cultivo, una a los 20-25 días de emergido y otro a los 35-40 días.

El otro tipo de control es mediante la aplicación de productos químicos (Herbicidas), sobre todo si los problemas de malezas son muy fuertes. Estos productos generalmente se aplican en presiembra y preemergencia y únicamente se aplican de post- emergencia aquellos muy selectivos como los son los gramícidas tales como el fusilade, poast etc. Debido a que la siembra del girasol se efectúa en los meses de invierno, las principales malezas que se presentan en este cultivo en nuestras regiones son las mismas que las que se presentan en el cultivo del trigo o cártamo. Siendo las más comunes: Avena (*Avena sp*); Alpistle (*Phalaris minor*); Choal blanco (*Chenopodium alba*); Choal morado (*Ch. murale*); Girasol silvestre (*H. annuus*); correveola (*Convolvulus arvensis*); malva (*Malva parviflora*), Zac. Johnson (*Sorghum halepense*); Pamita (*Sisymbrium irio*), Mostaza (*Brassica sp*), trigos y cártamos voluntarios. Pero en las siembras de las regiones temporales del sur del país, donde la siembra se efectúa en verano, las especies de malezas son diferentes. Como quelites, toloache verdolaga, zacate de agua o choneano,

Cuadro G11.- Principales herbicidas que son recomendados para el control de malas hierbas en el cultivo del girasol.

PRODUCTO	DOSIS	ÉPOCA DE Aplicación	MALEZAS
TRIFLURALINA 48 (Treflan)	1-2 L/HA	PRESIEMBRA	Zac anuales, choal quelite chamizo
PENDIMETALIN 530 (prowl)	3-4.5 L/HA	PRESIEMBRA	Zac. Anuales, quelite, Choal, verdolaga
ALACLOR (Lazo)	5 -8 L/HA	PRESIEMBRA	Zac anuales, choal, quelite Mostaza, verdolaga, Cañagria, tomatillo.
LINURON (Afalon)	1-2 Kg/ha	PRE-EMERGENCIA	Zac anuales, choal quelite
OXADIAZION (Ronstar)	3 l/ha	PRE-EMERGENCIA	Zac anuales, y algunas de Hoja ancha
EPTC (Eptam)	3-5 l/ha	PRESIEMBRA	Zac anuales y algunas de Hoja ancha
FLUZIFOP-p-BUTIL (Fusilade)	1-1.5 l/ha 2-2.5 l/ha	POST-EMERGENCIA POST-EMERGENCIA	Zacates anuales Zacates perennes
HALOXIFOP (Galant)	1-2 l/ha	POST-EMERGENCIA	Zacates perennes y anuales
SETOXIDIM (Poast)	1-5 l/ha	POST-EMERGENCIA	Zacates perennes y anuales
ETALFURALINA (Sonalan)	2-3 l/ha	PRESIEMBRA	Zac anuales, y algunas de Hoja ancha, no controla: Quelite ni tpmatillo
PARAQUAT (Gramoxone)	2-4 l/ha	EN LA COSECHA	Se utiliza para adelantar el Tiempo de secado
DIQUAT	2-3 l/ha	EN LA COSECHA	Idem.

PLAGAS DEL GIRASOL:

GUSANOS TROZADORES Y PLAGAS DEL SUELO:

Estas plagas son muy importantes dentro de las primeras etapas del cultivo, desde su emergencia al establecimiento de las plantas. Dentro de las especies involucradas tenemos a géneros como: *Agrotis*, *Euxoa*, *Peridroma*, *Feltia*, larvas de diabrotica o falsos gusanos de alambre y gallina ciega (*Phyllophaga sp.*). Estas plagas atacan a las plántulas, alimentándose de los talluelos y de la raíz, provocando una reducción de la población. Para su control se recomienda efectuar cuando se observen secciones de surco con plántulas trozadas, hasta que la planta alcance una altura de 20 a 30 cm. Las aplicaciones se recomiendan efectuarse muy tarde o muy temprano debido al hábito de estos insectos. Ya sea en aplicación total o a través de focos de infestación.

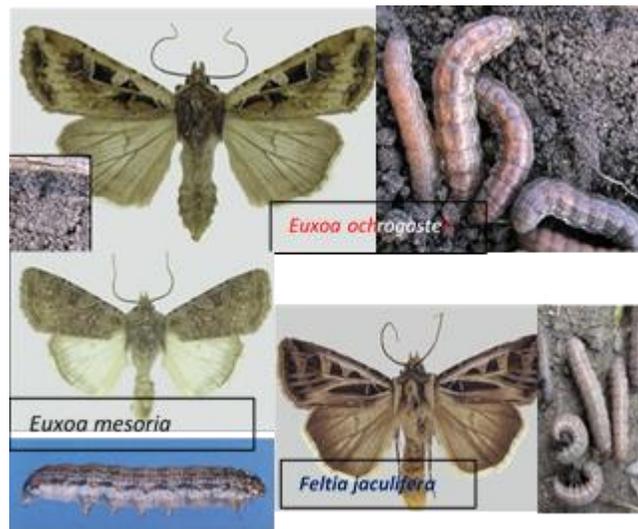


Figura Gi. – Distintas especies de trozadores (tomado de Kandel, 2020)

CRISOMELIDOS: *Diabroticas*

Los adultos se alimentan de las hojas ocasionando horadaciones de forma irregular, aunque se considera a este cultivo como capaz de recuperarse de este daño, se recomienda controlarse cuando se tengan altas infestaciones de la plaga y se observe mucho daño al follaje.

CHINCHE LYGUS Y RAPIDA (*Lygus spp.*; *Creontiades sp.*). son insectos chupadores que se pueden encontrar fácilmente en la etapa de floración, ocasionando daño tanto las ninfas como los

adultos, chupando los botones florales en el capítulo y de los granos en formación, ocasionando la aborsión de flores y/o avanamiento de granos en el capítulo, también pueden ocasionar daño al cogollo al succionar la savia. Su control debe de realizarse cuando se encuentren más de 25 insectos por cada 100 redadas, poniendo especial cuidado en la etapa de floración.



Figura Gi. – Daño en la almendra o pepita de girasol por *Lygus* (izq) y adulto de chinche *Lygus* en hoja (derecha)

PALOMILLA DEL CAPÍTULO: (*Homoeosoma electellum*). Es considerada como la plaga de mayor importancia en el cultivo del girasol en la mayoría de las regiones donde se siembra. El adulto es una palomilla de color gris con un punto en el centro de las alas anteriores y dos a tres en los márgenes de cada ala, de color plateado-gris. La hembra deposita sus huevecillos en los capítulos en número de uno a seis, poco después de 24 a 72 horas dependiendo de la temperatura eclosiona dejando libre a la larva la cual es de color amarillento, en los primeros 4 a 5 días de eclosionar las larvas permanece arriba del capítulo alimentándose de los granos de polen, posteriormente se introducen en el capítulo. Las larvas maduras pueden medir de 1.5 a 2.0 cm son de color café-grisáceo con 4 bandas de color amarillo o crema a los lados. Las larvas se alimentan de los ovarios o granos en formación pudiendo dañar el capítulo al hacer galerías que hace al alimentarse de un grano a otro. Una larva madura puede dañar un promedio de 12 granos en un periodo de 15 a 19 días. Cuando las infestaciones son altas se pueden observar los capítulos cubiertos con una seda en forma de telaraña con excremento, polvo y basura, dándole al capítulo una apariencia sucia. Su control debe de efectuarse antes de la etapa de $R_{5.2}$ o cuando se localice de una a dos palomillas por cada 5 plantas al inicio de la floración ($R_{5.1}$), pudiendo ser necesario dos o tres aplicaciones con un intervalo de 5-7 días entre ellos.

En algunas zonas girasoleras, el uso de trampas con feromonas es una práctica común para determinar los niveles de infestación en las etapas **R₃** a **R₅**. Las aplicaciones se recomiendan iniciar

cuando aparezca de 4 o más palomillas por trampa por noche, considerando la etapa susceptible. El capturar menos de 4 adultos por noche no implica que el insecto no pueda ocasionar daños económicos.



Figura Gi 23.- Capitulo de girasol con daño de palomilla del capítulo en porción periférica y larva de *Homoeosoma* atacando a las flores de girasol.

GUSANO PRIETO (*Vanessa cardui*; *V. carye*): Estas son las plagas de mayor frecuencia en los campos de girasol en la mayoría de las áreas productoras de México. El adulto es una palomilla de color naranja con puntos de color negros blancos y azules, de 2.5 cm de longitud. Las larvas son de color oscuro con el cuerpo cubierto de espinas de 3 a 4 cm de longitud y una franja amarilla a cada lado. Su daño lo ocasiona en las hojas las cuales enrolla a través de una tela dentro de la cual descarna vorazmente, aunque no se le considera en el noroeste como un problema de seriedad en el girasol, en altas poblaciones puede ocasionar daños de consideración. Su control debe de efectuarse cuando se encuentre un 25 % de daño al follaje o se encuentre una larva por metro cuando la planta tenga una altura de 20 cm.



Figura Gi 24.- Larva de gusano prieto (*Vanessa cardui*) izquierda y adulto (tomado de Kendel, 2020) derecha, en hoja de girasol

MOSCA DEL CAPÍTULO (*Neotephritis finalis*). Esta es considerada como una plaga de poca importancia. Se ha reportado ocasionando daño en el valle del mayo donde se localizaron hasta 150 larvas por capítulo. Su daño lo ocasiona al alimentarse de los ovarios y granos en formación, su aparición coincide con la aparición de la palomilla del capítulo del girasol. También puede ocasionar deformaciones en el capítulo y se le considera como un vector importante en la aparición y diseminación de la pudrición de capítulos ocasionada por las bacterias *Erwinia carotovora* y *Pseudomonas*.

Además de estas plagas se pueden presentar muchas otras, como pulgones, mosquita blanca, picudo o barrenador del tallo (*Rhynchites mexicanus*), mayates, frailecillo (*Macrodactylus mexicanus*) y pájaros.

Cuadro Gi 12.-Principales productos para el control de las plagas de mayor importancia en el cultivo del Girasol

PLAGA	PRODUCTO	DOSIS	ÉPOCA DE APLICACION
TROZADORES	VOLATON 2%G BASUDIN 4% G LORSBAN 5%G	40 kg/ha 20 Kg/HA 20 kg/ha	En focos de infestación y cuando Se observen 2 plantas por metro Lineal dañadas, hasta que la planta alcance una altura de 25 cm
CRISOMELIDOS	SEVIN 80% PARATION M.	1.5 A 20kg/ha 1.0 A 1.5 l/ha	Cuando se observen de 2 o mas Insectos por planta, desde que Emergen hasta una altura 30 cm
GUSANO PRIETO	PARATION M LORSBAN 48 TAMARON 600 SEVIN 80	1.5 l/ha 1.0 l/ha 1.0 l/ha 1.5-2.0 kg/ha	Cuando se encuentre un promedio de 1 larva por m, hasta que la planta alcance una altura de 25 cm
CHINCHE LYGUS Y RAPIDA	PARATION M SUPRACID 40	1.5 l/ha 1.0 l/ha	Pueden presentarse desde la formación de botón floral hasta el Desarrollo del capítulo. Cuando Se encuentren 25 insectos por – cada 100 redadas.
PALOMILLA DEL GIRASOL	THIODAN 35 PARATION MET 50 SEVIN 80 MALATHION 1000 LANATE 90 LORSBAN 48 BAYTROID DIPEL ASANA	2.0 L/HA 1.5 a 2.0 L/HA 2.0 A 2.5 KG/HA 1.0 L/HA 0.4 KG/HA 1.0 L/HA 600 cc/aha 1 KG/HA 500 cc/Hha	Iniciar las aplicaciones cuando se encuentren una palomilla en 5 capítulos En R ₄ y de 2 por 20 en R _{5,2} , efectuar 3 Aplicaciones cada 7 días

ENFERMEDADES

Jesús M. Ávila Salazar, Fco. J. Rivas Santoyo

SECADERA DE PLANTULAS

Al igual que otros cultivos la secadera de plántulas puede presentarse en las siembras de girasol ocasionando una reducción en la población de plantas y por lo tanto menores capítulos por m². Uno de los principales síntomas es en una primera fase la reducción de plántulas emergidas por metro, ya que esta enfermedad puede podrir la semilla en las etapas iniciales de la germinación. La siguiente fase se puede presentar poco después de que la semilla haya germinado atacando a la pequeña planta en porción del hipocotílo y evitando que logre emerger. La otra fase en la aparición de esta enfermedad es cuando logra afectar a la planta que ya ha emergido atacándola en la porción del cuello formando una mancha de color rojizo o café la cual ahorca a la plántula logrando su secazón.

Esta enfermedad es causada por una serie de hongos del suelo como *Rhizoctonia solani*, *Phytium sp.*, *Fusarium sp.*, *Macrophomina phaseolina* ente otros, sin embargo, los más comunes en el caso de girasol son *Rhizoctonia solani* y *Phytium sp.*, debido a las condiciones de siembra de girasol en el noroeste ya que se siembra en O-I donde las condiciones del suelo son más frías. Para su control se recomienda utilizar en primera instancia semilla certificada que nos asegure la sanidad en el origen de la semilla. Otra recomendación sería la de evitar sembrar a profundidades mayores a la recomendada y evitar salirse de la fecha de siembra. Además, se recomienda el tratamiento de la semilla antes de la siembra, lo más común es que al utilizar semilla certificada esta ya viene tratada con algunos fungicidas e insecticidas específicos. En caso contrario se debe utilizar ya sea PCNB, Thiram, Carbendazim o mezcla de ellos.

ROYA.

Esta enfermedad es causada por el hongo basidiomiceto *Puccini helianthi Schw.* Los síntomas característicos de la enfermedad consisten en la presencia de pequeñas pústulas circulares, de un color anaranjado-negruzco que se pueden observar en cualquier parte de la planta (hojas,



brácteas), que pueden o no estar rodeado de un halo clorótico el cual dependerá de la reacción del material hacia la presencia del hongo. La temperatura óptima para el desarrollo del hongo se encuentra entre los 20 y 25 °C. Actualmente se presume que la mayoría de los materiales que se recomiendan para su siembra poseen cierta tolerancia o resistencia a esta enfermedad. La aplicación de ciertos fungicidas como zineb, oxicarboxin, y mancozeb han proporcionado una protección adecuada del cultivo, sin embargo, debido a la poca importancia de la enfermedad en la reducción del rendimiento no se justifica su aplicación

CENICILLA.

La cenicilla también conocida como mildiu polvoriento del girasol, es causada por el hongo *Golovinomyces cichoracearum*, syn. *Erysiphe cichoracearum* D.C. Los primeros síntomas



aparecen durante la etapa de floración. Al principio aparecen en las hojas inferiores con la presencia de pequeñas manchas con un polvillo blanquecino, característica del estado asexual del hongo. Estas manchas crecen y se unen hasta cubrir en su totalidad la superficie de la hoja, la cual posteriormente se torna de color amarillento y muere. En infecciones severas estas manchas se pueden observar en las hojas superiores y brácteas del capítulo y tallo, lo cual origina una madurez

prematura de la planta. Dentro de las condiciones se menciona que una temperatura entre 21 y 26 °C es la adecuada para su infección en el caso de girasol, pudiendo responder en diferentes condiciones en otra hospedera, requiere una humedad relativa superior al 65 %. Para su control se puede recurrir a la aplicación de Bayleton, Tilt, Folicur, o Benomyl en dosis de 500 g/ha o Carbendazin en dosis de 2 kg/ha, cuando se presenten los primeros síntomas

MANCHA POR ALTERNARIA.



Esta enfermedad es conocida también como tizón o mancha negra por *Alternaria*. Es causada por el hongo *Alternaria helianthi*. En Kansas se mencionan las especies de *Alternaria*: *A. helianthi* y *A. zinniae* causando esta enfermedad. Se desarrolla bajo condiciones de temperatura de 25 a 26 °C. Este hongo produce una toxina que inhibe la germinación de la semilla y el desarrollo radicular. Los síntomas se pueden presentar en cualquier etapa del cultivo, presentándose como manchas de color café o negro, rodeadas por un halo clorótico en las hojas; cuando prevalecen condiciones de alta humedad ambiental el centro de la mancha se torna de color gris a causa de la esporulación del hongo. Estas manchas tienen una dimensión de 3-6 mm de diámetro, las cuales pueden crecer y unirse para formar un área de tejido necrótico, ocasionando la defoliación de la planta en infecciones severas. Los tallos y los capítulos pueden ser atacados, en el tallo se presentan lesiones longitudinales oscuras de 5-15 mm. En infecciones severas puede defoliar completamente la planta y posteriormente secarse y acamarse el tallo

Para su control se trata de tener materiales con resistencia a esta enfermedad, se menciona que la especies *H. tuberosus*, *H. hirsutus* y *H. rigidus ssp subrhomboides* mostraron cierta resistencia, indicando la posibilidad de utilizar dichas especies como fuente de resistencia. La aplicación de mancozeb en dosis de 2 a 3 kg/ha (0.3%), carboxin y carbendazim al 0.1% se han obtenido buenos resultados (Ortegón, 1993).

COSECHA

La semilla de girasol alcanza su completa formación cuando la planta alcanza su madurez fisiológica; en esta etapa la humedad puede alcanzar hasta un 35 % , por lo que la planta deberá pasar por un periodo de secado hasta que la semilla alcance un adecuado contenido de humedad, lo cual pueden transcurrir aproximadamente 20 días dependiendo de las condiciones que prevalezcan. La cosecha se debe iniciar cuando el grano ha alcanzado un contenido de humedad de 10 a 11 % y la planta se encuentre lo suficientemente seca. La cosecha se efectúa con la misma maquinaria que en el caso del trigo, salvo algunos pequeños ajustes que se deben efectuar, como son: adoptarle una plataforma de un metro de largo con diversas entradas a la barra de corte, ajustar la velocidad del cilindro de 300 a 500 rpm, pudiéndose reducir a 200 rpm si el grano está muy seco (< 8 %), el espacio del cóncavo y el cilindro deberá estar abierto al máximo.



Figura Gi27.- Aspecto del cabezal de la trilladora para la cosecha de girasol

En caso de que se presenten condiciones ambientales que puedan retrasar el secado del grano en el girasol, puede hacerse uso de productos secantes como el **paraquat** o **diquat**, para acelerar este proceso. Este se deberá aplicar cuando la planta haya alcanzado su madurez fisiológica (**R₉**), en dosis de 2 a 3 l/ha de diquat o 2 a 4 l/ha de paraquat, cuando se tenga un 35 % de humedad en el grano. El girasol puede ser cosechado con una humedad de menos de 20 % de humedad en el grano, pero esto hace necesario una labor de secado a través del flujo de aire caliente (T_{Max} de 43 °C)

antes de su almacenamiento, hasta lograr un 9 o 10 % de humedad. En el caso de girasol para forraje, este deberá ser cortado con un 60 % de humedad, lo cual más o menos se tiene cuando el cultivo se encuentra en un 50 % de floración. Este se pica y se ensila para poder dar al ganado, si el contenido de humedad es superior al indicado se promoverá la fermentación del picado.

CALIDAD EN EL GRANO Y RECEPCIÓN EN EE. UU.

De acuerdo con las tablas de mercado de Arkansas, el estándar en el contenido de aceite en el grano es de 40 %, pagándose un premio cuando el contenido es superior y descuentos si el contenido es menor a dicho porcentaje. Así en caso de encontrarse un contenido mayor de aceite en el grano, este se paga con un premio de 2% por cada unidad arriba de 40 % hasta 45 %, y un premio de 1.5 % en el precio por cada unidad arriba de 45%. En cuanto a los descuentos estos se hacen en 2% por cada unidad abajo de 40 % hasta 38 % y un descuento de 3% por cada unidad bajo de 38 % hasta 32 % y 3.5 por cada unidad inferior al 32 %. En grano de girasol para confitería, el precio se establece en base al tamaño del grano, un precio mayor si el grano esta sobre 20/64 (8 mm) y un precio menor si se encuentra entre 20/64 y 14/64 (6 y 8 mm)

Cuadro Gi13.- GRADOS DE CALIDAD EN EL GRANO DE GIRASOL Y REQUERIMIENTOS

GRADO	PESO MINIMO POR BUSHEL lb	PESO HECTOL kg/hl	MAXIMO LIMITE DE DAÑO EN EL GRANO		
			POR CALOR	TOTAL	SIN CASCARA
US - 1	25 lb	44	0.5	5.0	5.0
US - 2	25 lb	45	1.0	10.0	5.0

US -GRADO MUESTRA. No cumple con los requisitos de los grados US-1y US-2, además contiene 8 o más piedras con un peso del 0.2 % de la muestra, 2 o más piezas de vidrio, 3 o más semillas de crotonaria, 2 o más semillas de *Ricinus*, 4 o más partículas extrañas, 10 o más excretas de roedores, aves, olor desagradable y calentamiento.

LITERATURA REVISADA

- Aguirrezábal Luis, G. Orioli, L. Hernández, V. Pereyra y J.P. Miravé. 2001. Girasol: Aspectos Fisiológicos que Determinan el Rendimiento. INTA, Facultad de Ciencias agrarias de la Universidad de Mar de la Plata. Buenos Aires, Argentina
- Ali Amjed and Sami Ullah. 2012. Effect of Nitrogen on Achene Protein, Oil Fatty acid Profile, and Yield of Sunflower Hybrids. Chilean Journal of agricultural Research 72(4):564-567
- Ávila Meleán Jesús. 2009. Manual para el Cultivo de Girasol. Instituto de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Portuguesa. Araure, Venezuela. Pub B-20
- Barrón-Contreras J.L. 2017. Girasol de Temporal. En: Agenda Técnica Agrícola de San Luis. SAGARPA-INIFAP-COFUPRO. México. Pp 140-147
- Berglund Dunae R. (Ed). 2007. Sunflower Production. North Dakota Agricultural Experiment Station, Extension Service, North Dakota State University. Pub. A-1331.
- Burke John M., S.J. Knapp and L. H. Rieseberg. 2005. Genetic Consequences of Selection During the Evolution of Cultivated Sunflower. Genetics vol. 171: pp. 1933-1940
- Bye R. Edelmira Linares, D. L. Lentz. 2009. México Centro de Origen de la Domesticación del Girasol. Universidad Nacional autónoma de México. Revista Especializada en Ciencia Químico-Biológicas, vol. 12(1)5-12
- Bynum Ed. Managing Insect Pest of Texas Sunflowers University of Texas A&M University Agrilife Extension Texas A&M System. E-579. <http://AgriLifebookstore.org>.
- Castillo-Torres N. 2017. Girasol. En: Agenda Técnica Agrícola de Sonora. SAGARPA-INIFAP-COFUPRO. México. Pp 97-100
- Cook Sarah. Sunflower: a Growers Guide. United Kingdom Sunflower Association-Defra Innovation Network-UNniversity of Warwick. United Kingdom. http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&media_id=5014&publicationId=3308.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2010. Sunflower: Production Guideline. Republic of South Africa. Department of Agriculture Forestry and Fisheries.
- Escalante E. Luis E., Y.I. Estrada E. y C. Linzaga E. 2007. La Fertilización Nitrogenada en el Rendimiento del Girasol en México. Agronomía Costarricense 31(2):95-100.
- Franzen David. 2020. Soil Fertility. In Kandel H., G. Endres and R. Buetow (eds.). Sunflower Production Guide. North Dakota Agricultural Experiment Station and North Dakota State University Extension. NDSU. Pub. A1995. Pag. 29.

<https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/sunflower-production-guide/a1995.pdf>

- Garofalo Pascuale and Michele Rinaldi. 2015. Leaf Exchange and Radiation Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Response to Different Deficit Irrigation Strategies: From Solar Radiation to Plant Growth Analysis. *European Jour. Agronomy* 64:88-97
- Gianelli V., F. Bedmar, M.G. Monterubbianesi. 2011. Persistencia del Herbicida Imazapir en el Suelo y Efectos Fitotóxicos Sobre Cultivos de Invierno y de Verano. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Investigaciones agropecuarias* 37(1):18-25.
- Göksoy A.T., A.O. Demir, Z.M. Turan, N. Dagüstü. 2004. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) to Full and Limited Irrigation at Different Growth Stages. *Field Crops Research* 87: 167-178.
- Gómez-Arnau Jaime. El Cultivo del Girasol. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Sevilla, España. Hoja Divulgadora 20/88 HD.
- Gonzalez-Quintero Javier. 2017. Girasol para el Norte y Centro de Tamaulipas. En: *Agenda Técnica Agrícola de Tamaulipas*. SAGARPA-INIFAP-COFUPRO. México.
- Heard, J., and R. Park. 2008. Nutrient uptake and partitioning by sunflowers in Manitoba. In *Proc. of 2008 Manitoba Agronomist Conf.* Poster.
- Hergert Gary W., Greg D. Binford and Jürg M. Blumenthal. 2000. Sunflower. In Ferguson R.B., K. M. De Groot. *Nutrient Management for Agronomic Crops in Nebraska*. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska. Pub. EC-155.
- Kandel Hans and Greg Endres (eds). 2020. *Sunflower Production Guide*. North Dakota Agricultural Experiment Station and North Dakota State University Extension. Pub A1995 (dec-2020) <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/sunflower-production-guide/A1995.pdf>
- Kansas State University. 2009. *High Plains Sunflower Production Handbook*. Kansas State University- Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Pub. MF-2384. (www.oznet.ksu.edu.)
- Lindeström L.I., and L.F. Hernández. 2015. Developmental Morphology and Anatomy of the Reproductive Structures in Sunflower (*Helianthus annuus*): a Unified Temporal Scale. *Botany* 93:1-15.
- Lindström Lilia I and Luis F. Hernández. 2012. Timing of Morphological and Histological Development of Sunflower Fruit: A description model with practical implicances. *Proc. 18th International Sunflower Conference*. Vol 1. P:118
- Manitoba Agriculture Food and Rural Initiatives.2012. *Sunflower Production and Management*. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/oilseeds/bgd01s01.html>

- Meyers Robers L. 2009. Sunflower: A Native Oilseed With Growing Markets. Alternative Crop Guide. Jefferson Institute, Columbia USDA-CSREES. www.jeffersoninstitute.org.
- National Sunflower Association of Canada. 2011. The Sunflower Production Guide. National Sunflower Association- Canada and Manitoba Governments
- Ordenez Alfonso A: 1990. El Cultivo del Girasol. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Ortegón Morales A.S., A. Escobedo M., J. Loera G., A. Díaz F., E. Rosales R. 1993. El Girasol. Ed. Trillas.
- Pannar Seed. Sunflower: Production Guide. PANNAR. Production Guide Series. Greytown, USA. www.pannar.com.
- Sandbakken John (Coor). 2012. Sunflower Crop quality Report. National sunflower Association- Foreign Agriculture Service-United State Department of agriculture (NSA-FFS-USDA).
- Saumell Hugo. 1976. Girasol: Técnicas Actualizadas para su Mejoramiento y Cultivo. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Scherer Tom. 2020. Irrigation Management. *In*: Kandel Hans and Greg Endres (eds). 2020. Sunflower Production Guide. North Dakota Agricultural Experiment Station and North Dakota State University Extension. Pub A1995 (dec-2020)
<https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/sunflower-production-guide/ A1995.pdf>
- Schneiter, A.A. 1978. Nondestructive leaf area estimation in sunflower. *Agronomy Journal*. 70:141-142
- Seiler G. J., L. H. Rieseberg. 1997. Systematics, Origin and Germplasm Resources of Wild and Domesticated Sunflower. In ASA-CSSA-SSSA. Sunflower Technology and Production. Agronomy Monograph # 35
- Sincik Mehmet, A T. Göksoy, R. Dogan. 2013. Response of Sunflower (*Helianthus annuus* L) to Irrigation and Nitrogen Fertilization Rates. *Zemdirbyste-Agriculture* 100(2):151-158.
http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wp-content/uploads/2013/06/100_2_str19.pdf
- Serafin Loretta and Stephani Belfield. 2008. Sunflower Production Guidelines for the Northern Grains Region. NSW Department of Primary Industries. Australian Oilseeds Federation. Australian Sunflower Association. State of New South Wales. Australia. 8 pp.
- South Dakota State University-USDA. 2007. Fertilizer Recommendations Guide. South Dakota State University-Cooperative Extension Service, United State Department of Agriculture. Pub. Ec-750. Pags. 6, 9.

USDA. 2004. Grain Inspection Handbook II Sunflower Seed. U.S. Department of agriculture –Grain Inspection Packers and Stockyards Administration-Federal Grain Inspection Service.

Yawson D.O., M. Bonsu, F.A. Armah and E.K.A. Afrifa. 2011. Water Requirement of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a Tropical Humid-Coastal Savanna Zone. ARPN Jour. of Agricultural and Biol. Sci. 6(1):1-8. www.arpnjournals.com

INI

ANEXO

COMPAÑIAS QUE MANEJAN HIBRIDOS DE GIRASOL EN USA.

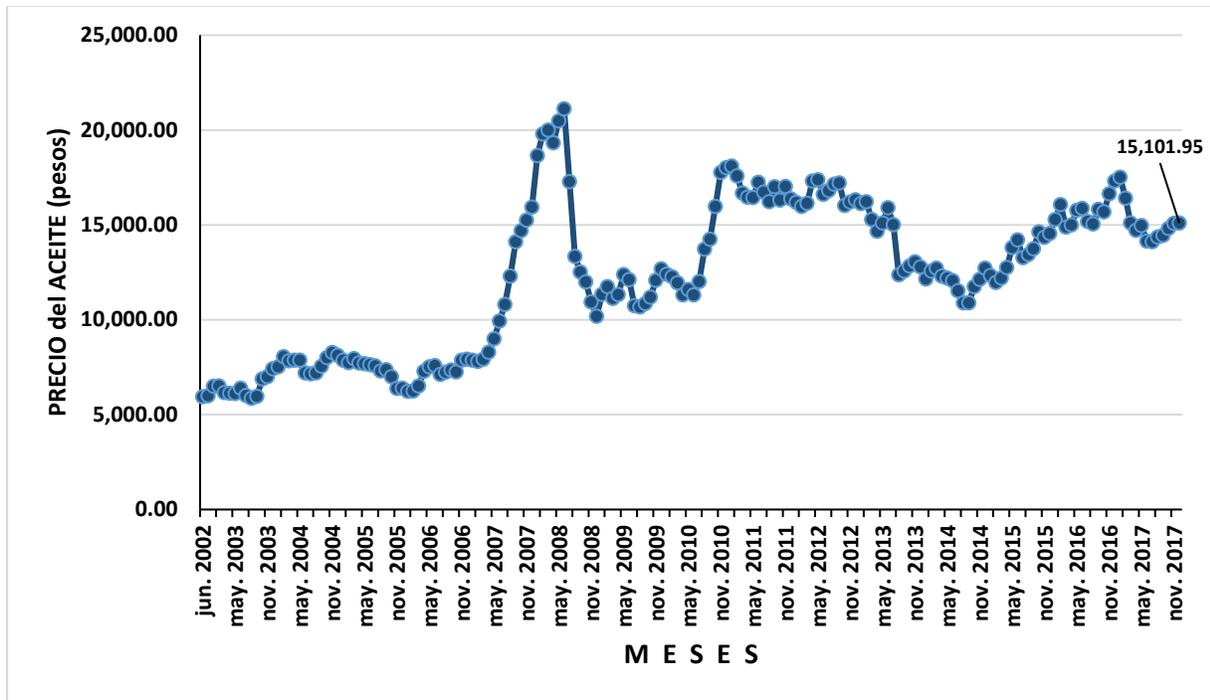
Table 2. Full Company Name, Abbreviated Name Used in Tables and Website.

Company Abbreviated Web site

Agricol	Agricol	www.agricol.co.za/home.asp
CHS Inc.	CHS	www.chsunflower.com
Croplan Genetics	Croplan	www.croplangenetics.com
Dahlgren and Co.	Dahlgren	www.sunflowerseed.com
DuPont Pioneer	Pioneer	www.pioneer.com
Genosys Global LLC	Genosys	www.genosysglobal.com
Integra Fortified Seed	Integra	www.integraseed.com
Legend Seeds	Legend	www.legendseeds.net
Mycogen Seeds	Mycogen	www.mycogen.com
Nuseed Global	Nuseed	www.nuseed.com/US/Home
Proseed Inc.	Proseed	www.proseed.net
Red River Commodities	R.R. Comm.	www.redriv.com
Seeds 2000	Seeds 2000	www.seeds2000.net
Syngenta Seeds	Syngenta	www.syngenta.com/en/products_brands/fieldcrops.html
U.S. Department of Agriculture USDA		www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=3562

2012

Sierra and X6822



COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DEL ACEITE DE GIRASOL EN EL PERIODO DE 2002 AL 2017 (Fuente: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-girasol&meses=240&moneda=mxn>)