

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



***Estudio de Proteogénesis y Lipidogénesis durante el desarrollo
de Grano de Cinco Variedades de Girasol (Helianthus annuus L.)***

Por:

OLIVIA ISABEL HERRERA ARRIETA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

17 de Junio de 1999.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA**

**ESTUDIO DE PROTEOGENESIS Y LIPIDOGENESIS DURANTE EL
DESARROLLO DE GRANO DE CINCO VARIEDADES DE GIRASOL
(*Helianthus annuus* L.)**

POR

OLIVIA ISABEL HERRERA ARRIETA

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
AGRONOMO FITOTECNISTA**

APROBADA

EL PRESIDENTE DEL JURADO

DRA. DIANA JASSO DE RODRIGUEZ

SINODAL

SINODAL

DR. RAUL RODRIGUEZ GARCIA

ING. CARLOS ROJAS PEÑA

SINODAL

M.C. ARMANDO MUÑOZ URBINA

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO JUNIO DE 1999.

DEDICATORIAS

A Dios Nuestro Señor:

Gracias Señor por que con tu bendición, me guiaste por el camino correcto y me diste la oportunidad de demostrar que en esta vida con tu ayuda y empeño todo se puede.

A mis padres:

Sr. Andrés Herrera Villarreal

Gracias por tu amor, ejemplo, consejos y confianza que siempre depositastes en mí.

Sra. Ma. Olivia Arrieta de Herrera

Por tu confianza, amor, ejemplo y consejos pero sobre todo por estar siempre a mi lado alentandome y apoyandome en los momentos más difíciles.

Gracias por darme su más valiosa herencia ... Mi Educación.

A mis hermanos:

Andrés

Claudia Verónica

Angel Rodrigo

Por su cariño y apoyo incondicional.

Fam. Frayre Ibarra:

En especial a M.C. Martha, Talina y Sr. Carlos por darme su confianza, por su cariño, consejos y amistad brindada durante mi estancia en Saltillo.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de forjarme profesionalmente y demostrar que mi estancia no ha sido en vano.

A la Dra. Diana Jasso de Rodríguez por la confianza depositada en mí, por su amistad y consejos brindados para la realización de esta investigación.

Al Dr. Raúl Rodríguez por su asesoramiento y aportaciones para hacer posible la realización de la presente investigación.

A los Ingenieros que directa e indirectamente tuvieron que ver con mi formación profesional.

A las T.L.Q. Leticia Rodríguez de González, T.L.Q. Martha A. Arriaga, T.L.Q. Edith Chaírez Colunga, T.L.Q. Ma. Guadalupe Moreno E., T.L.Q. Olga L. Solís Hdz., que con su trabajo y apoyo me ayudaron a obtener los análisis necesarios para complementar mi investigación.

A los trabajadores; Jorge Nieto M., Pedro Decoste C., Francisco Cruz C., por su ayuda en el establecimiento de las parcelas.

A la Generación LXXXVI, Primera Sección de Fitotecnia por su amistad brindada durante nuestra estancia en la Universidad.

A mis amigos Mireya, Venancia, Hugo en especial a Nelson Escobar Chong compañero de trabajo y amigo por su apoyo y sugerencias para la presentación de esta investigación.

INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
I.-INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipotesis.....	3
II.-REVISION DE LITERATURA	4
Clasificación.....	4
Rendimiento	6
Aceite.....	11
Proteína.....	17
Fotosíntesis.....	20
III.-MATERIALES Y METODO.....	25
Localización del área de estudio	25
Material genético utilizado	25
Diseño experimental	26
Fenología del girasol	26
Labores culturales	30
Muestreos	31
Variables consideradas en el estudio	31
Análisis de datos	34
Modelo para el análisis	34
IV.- RESULTADO Y DISCUSION	36
Condiciones climáticas.....	36
Fenología y Unidades calor acumuladas	37
Variedades estudiadas	39
Area foliar	39
Materia seca	40
Altura de planta	42
Número de hojas	42
Diámetro de capítulo	44
Diámetro de tallo.....	45

Rendimiento de grano	47
Evolución del contenido de aceite-lipidogénesis	49
Desarrollo del contenido de proteína- proteogénesis.....	50
Contenido de nitrógeno	52
Correlaciones fenotípicas entre siete caracteres de girasol monitoreados en los estadíos FF, IMF, MF y COS.....	54
Análisis de regresión	59
V.- CONCLUSION	69
VI.- RESUMEN.....	72
VII.- BIBLIOGRAFIA	75
APENDICE	81

INDICE DE FIGURAS

4.1	Altura de planta observada en variedades de Girasol en diferentes estadios durante el ciclo de Cultivo de 1998.....	43
4.2	Número de hojas observadas en las variedades de Girasol en los diferentes estadios durante el ciclo de desarrollo.....	43
4.3	Diámetro de capítulo para las variedades de girasol en el ciclo del cultivo.....	46
4.4	Diámetro de tallo de las variedades de Girasol observadas en diferentes estadios.....	46
4.5	Rendimiento de grano (kg/ha) de las variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo.....	48
4.6	Contenido de aceite de los granos de las variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo.....	51
4.7	Contenido de proteína de los granos de las variedades de Girasol.....	51
4.8	Contenido de nitrógeno de variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo.....	53
4.9	Evolución del contenido de aceite y proteína (%) de grano en función del tiempo y valores ajustados de la variedad de Girasol SAN-3C.....	60
4.10	Evolución del contenido de aceite y proteína (%) de grano en función del tiempo y valores ajustados de la variedad de Girasol SANE 23578.....	61
4.11	Evolución del contenido de aceite y proteína (%) de grano en función del tiempo y valores ajustados de la variedad de Girasol SANE 1278.....	62
4.12	Evolución del contenido de aceite y proteína (%) de grano en función del tiempo y valores ajustados de la variedad de Girasol CIANOC-2.....	63
4.13	Evolución del contenido de aceite y proteína (%) de grano en función del tiempo y valores ajustados de la variedad de Girasol GORDIS.....	64

INDICE DE CUADROS

3.1 Material genético utilizado	26
3.2 Estadíos observados en el Girasol durante su ciclo de desarrollo.....	27
3.3 Forma del análisis de varianza para cada caracter estudiado.....	35
4.1 Temperatura y precipitación reportada durante el ciclo del cultivo del Girasol.....	36
4.2 Días que requieren las variedades para alcanzar los principales estadíos de desarrollo del Girasol.....	37
4.3 Unidades calor acumuladas durante el ciclo de desarrollo del Girasol.....	39
4.4 Valores de área foliar (cm ² /pta) medidas en dos estadíos den las variedades de Girasol.....	40
4.5 Materia seca (ton/ha) cosecha de las variedades de Girasol.....	41
4.6 Coeficientes de correlación fenotípica para siete caracteres de las variedades de Girasol monitoreados en cuatro estadíos de desarrollo.....	58
4.7 Valores observados y estimados en función del tiempo de contenido de proteína de cinco variedades de Girasol en en 4 estadíos de desarrollo.....	65
4.8 Valores observados y estimados en función del tiempo de contenido de aceite en cinco variedades de Girasol en cuatro estadíos de desarrollo.....	67

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

1.- Análisis de varianza de la variable Altura de planta en el estadio Inicio de floración para Girasol.....	82
2.- Análisis de varianza de la variable Número de hojas en el estadio Inicio de floración para las variedades de Girasol.....	83
3.- Análisis de varianza de la variable Diámetro de Botón floral en el estadio Inicio de floración para las variedades de Girasol.....	84
4.- Análisis de varianza para Rendimiento de Grano (kg/ha) en Cosecha de las variables de Girasol.....	85
5.- Análisis de varianza para el Contenido de Aceite (%) de las variables de Girasol en el estadio de Madurez fisiológica..	86
6.- Análisis de varianza para el Contenido de Contenido de Aceite (%) de las variedades de Girasol en Cosecha.....	87
7.- Análisis de varianza para el Contenido de Proteína (%) de las variedades de Girasol en el estadio de Madurez fisiológica.....	88
8.- Análisis de varianza para el Contenido de Proteína (%) de las variedades de Girasol en el estadio de Cosecha.	89

I. INTRODUCCION

El girasol es originario de América del Norte donde aún se encuentra en estado silvestre, en los valles y las montañas. La domesticación de la planta se ha orientado hacia la selección de plantas de monocapítulos, los cuales presentan la ventaja de producir granos no dehiscentes a maduración (Arnaud, 1986).

Esta oleaginosa es una planta rústica que constituye una buena alternativa para el aprovechamiento de zonas ecológicas con ambiente desfavorable, sobre todo de baja precipitación pluvial, es tolerante a suelos salinos y a bajas temperaturas, características que le dan un gran potencial en las zonas semiáridas de México; por lo tanto su cultivo ayudaría a resolver el fuerte déficit de aceites que sufre nuestro país y que contribuiría además a mejorar el bienestar de grupos marginados que habitan en las zonas más atrasadas de México.

A nivel mundial esta oleaginosa es una de las especies de mayor futuro por su elevado contenido de aceite de excelente calidad dietética y además puede utilizarse como planta forrajera y como abono verde por su alta producción de materia orgánica, otro aprovechamiento es la torta que queda después de la extracción de aceite, la que contiene alto porcentaje de proteína que puede utilizarse en la alimentación del ganado (Robles 1989).

En México el cultivo del girasol fue introducido en 1971 y se cultiva en los estados de Tamaulipas, Zacatecas, Guanajuato y Durango.

En cuanto a la composición de los granos, un grano de girasol con 10% de humedad contiene aproximadamente de 43% a 49% de aceite, de 15 a 19% de proteína y 22 a 26% de cascarilla (Evrard et al. 1986).

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es uno de, los cultivos que en los últimos años se ha colocado en los primeros lugares de importancia en las plantas oleaginosas, debido a la gran calidad del aceite que se extrae de su semilla y la demanda que se tiene de éste en la alimentación humana.

Actualmente se requiere elevar la producción de este cultivo, para satisfacer la demanda por el incremento de la población, ya que existe un déficit en la producción de oleaginosas de un 85%.

El conocimiento y comprensión de los procesos fisiológicos y bioquímicos que contribuyen a la formación del contenido de aceite, contenido de proteína y rendimiento de grano son indispensables para incrementar la producción.

En base a lo anterior los objetivos de la presente investigación son:

1.1 OBJETIVOS

1.- Estudiar las correlaciones del contenido de aceite y contenido de proteína y su relación con las variables morfológicas y de rendimiento de grano de cinco variedades de girasol en cuatro estadios de desarrollo de grano.

2.- Estudiar el comportamiento del contenido de aceite y contenido de proteína de cada uno de los Genotipos de Girasol durante su desarrollo de grano.

1.2 HIPOTESIS

1.- Las correlaciones entre contenido de aceite y contenido de proteína con las variables morfológicas y de rendimiento de grano cambian en los diferentes estadios de desarrollo de grano.

2.- Existe variabilidad en el comportamiento de los genotipos de girasol con respecto al contenido de aceite y contenido de proteína en los diferentes estadios de desarrollo del grano.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 CLASIFICACION Y MORFOLOGIA

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una planta anual que pertenece a la tribu *Heliantheae* de la familia de las compuestas. El género *Helianthus* contiene 50 especies, con gran diversidad genética, de éstas muchas se cultivan como plantas ornamentales, otras por la naturaleza de sus compuestos se cultivan para consumo humano como es el caso de *Heliantheae tuberosum* por sus tubérculos ricos en inulina, de otro modo el *Helianthus annuus*, es una importante especie oleaginosa por su semilla rica en aceite de excelente calidad y también como planta forrajera rica en proteína (González 1969).

Las características morfológicas del girasol descritas por Sánchez et al. (1988) son las siguientes:

Raíz. En el estado cotiledonar, tiene 4 a 8 cm de largo. Cuando tiene de 4 a 5 pares de hojas, alcanza una profundidad de 50 a 70 cm. Su máximo crecimiento ocurre al tiempo de la floración. Del cuello de la planta y algo más abajo se originan un gran número de raíces laterales. Algunas de ellas crecen horizontalmente, de 10 a 40 cm partiendo de la raíz principal. Luego, penetran en el suelo, formando numerosas raicillas.

En épocas de lluvia o bajo condiciones de riego, se originan numerosas raíces adventicias, que forman una red intrincada muy cerca de la superficie del suelo.

Tallo. Es vigoroso, ondulado y de superficie vellosa, puede alcanzar una longitud de 0.60 a 2.5 m, dependiendo de la variedad. En algunas es erecto y en otras se inclina en la parte terminal debajo de la cabezuela. En variedades para aceite, se prefieren tallos no ramificados.

Hojas. Son de gran tamaño, acorazonadas con bordes dentados y con peciolo largo. Las hojas de los dos o tres primeros pares de la base del tallo son opuestas y las demás alternas. Su número varía entre 12 y 40. El color puede variar de verde oscuro a verde amarillento.

Inflorescencia. Es un capítulo formado por numerosas flores sobre un receptáculo discoide. Su diámetro puede variar entre 10 a 40 cm.

Flores liguladas o radiadas. Son asexuadas, en número de 30 a 70, dispuestas radialmente en una o dos filas. Las líguladas tienen de 6 a 10 cm de longitud y 2 a 3 cm de ancho. Su color varía entre amarillo dorado, amarillo claro o amarillo anaranjado.

Flores tubulares o de disco. Son hermafroditas y producen las semillas. Están dispuestas en arcos espirales que se originan en el centro del disco.

Fruto y semillas. El fruto es un aquenio que contienen una sola semilla, con el pericarpio estrechamente pegado a ella. La semilla es de forma

alargada, angosta en su base y comprimida. Su color puede ser blanco, marrón, negro o, a menudo obscuro con bandas blancas.

2.2 RENDIMIENTO

Unger (1986) reporta que el girasol es muy adaptado en USA en las altas planicies del sur, esto es sembrado de marzo a agosto, pero que el tiempo de plantación afecta el aumento de rendimiento y calidad. Además en estudios realizados determinó el efecto de fecha de siembra con factores ambientales en aumento de rendimiento, calidad y uso del agua en el girasol en siembras de últimos de marzo a últimos de julio; obteniendo altos rendimientos con siembras de abril 10 a 2 de junio que el de las primeras y últimas siembras de girasol, por consecuencia primeras y últimas plantaciones son no recomendadas porque resultaron en bajo uso eficiente del agua de que las siembras de abril a junio.

La concentración de aceite de la semilla disminuyó con las últimas siembras; el cual resultó en baja producción de aceite total.

Ferri (1992), realizó un análisis de las correlaciones entre parámetros productivos y biométricos y la composición química de los aquenios de girasol, usando el método de coeficientes de senderos. Los datos de seis cultivares de girasol sembrados en tres fechas en ensayos de campo en Foggia Italia de 1982-1984 fueron analizados. El análisis de senderos fue

utilizado para evaluar los efectos directos e indirectos del rendimiento y diámetro total de la parte fértil del capítulo, altura de planta y peso de cien semillas, sobre aceite de semilla, proteína, fibra, ceniza y contenido de extracto etéreo. Los resultados se presentaron por cultivar, en general el rendimiento estuvo positivamente relacionado hacia el contenido de aceite y la altura de planta estuvo positivamente relacionado con el contenido de proteína de la semilla.

Asawa (1977), realizó una investigación con 17 variedades de girasol y encontró que los caracteres mas fuertemente asociados con la variedad del rendimiento son la altura de planta y el porciento de llenado de semilla.

Hernández y Carballo (1984) determinaron los efectos de diferentes niveles de fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica, así como la densidad de plantas sobre el rendimiento y calidad de la semilla en tres variedades de girasol. De acuerdo con los resultados obtenidos, el rendimiento de la semilla de los diferentes tamaños respondió a la densidad de población, pero no a los fertilizantes, en tanto que el rendimiento total de la semilla presentó una respuesta positiva a la fertilización con N y la densidad de población. Las tres variedades estudiadas respondieron de manera similar a los factores N, P, K, y densidad de población. La calidad biológica de la semilla de tamaño mediano no fue afectada por los niveles de los factores empleados (N, P, K / densidad de población) en términos de porciento de germinación y de vigor de la plantúla. El tamaño de la semilla fué determinante en el vigor de las

plantúlas, medido como peso seco producido.

Chaudary (1985), trabajó con trece caracteres relacionados con el rendimiento y calidad en tres estaciones, el análisis de correlación mostró que la producción de semilla fue positiva y significativamente asociada con: peso fresco y peso seco de la semilla, número de hojas, altura de planta y diámetro de capítulo. El coeficiente de variación en los análisis mostró que los días a floración y altura de planta tienen un mayor efecto directo en la producción y otros caracteres también tiene influencia directa en la producción. De esto concluye que los días a floración y diámetro de capítulo justamente con el peso de semilla y altura de planta a la inflorescencia, deben tener un mayor peso por volumen en la formación y la selección de índices de producción en girasol.

Saumell (1976), menciona que el rendimiento está influido directamente por: la época de siembra, la fertilidad del suelo y las disponibilidades de temperatura y humedad con que se desarrolla el cultivo.

D'Andria (1995), menciona que el girasol es tolerante a déficit de agua y capaz de aguantar altos rendimientos en respuesta a irrigación, en ambas situaciones, el conocimiento del período de distribución de agua y la cuantificación de agua extraída en las capas de suelo profundo son requeridas para irrigación programada. En un estudio determinaron la composición del agua en relación con el rendimiento de semilla con ciclo

temprano (primavera; mediados de abril) y tardío (verano; mediados de junio) bajo cinco regímenes de irrigación. Un control de agua, reemplazó el período de evapotranspiración calculada del cultivo; una, dos o tres aplicaciones de riego en los estadíos de crecimiento seleccionados suponiendolos críticos para la expresión de rendimiento. Los cultivos de primavera presentaron altos rendimientos (3.15 vs 1.75 ton /ha), los riegos fueron necesarios para lograr alta producción, especialmente para cultivos de verano. El tratamiento preveído de dos riegos siempre presento similar rendimiento y más eficiencia al uso de agua con respecto al tratamiento regado de acuerdo a él acercamiento meteorológico y actuando mejor que el de un solo riego.

Sheriff et al. (1986) encontraron que la altura de planta, diámetro de capítulo y número de semillas por capítulo mostraron correlaciones fenotípicas y genotípicas positivas con el carácter rendimiento de semilla.

Johnson (1972), realizó estudios de fechas de siembra en girasol (*Helianthus annuus* L.) desde 1969 a 1971, para evaluar la fecha óptima de siembra en rendimiento de semilla, porcentaje de aceite, y otras características de la planta. Mejores rendimientos de semilla y aceite fueron producidos cuando el girasol fue sembrado desde mediados de marzo hasta abril. Otras características del girasol no fueron afectadas grandemente excepto a las siembras de junio a julio.

Robinson (1970), señala que el rendimiento de grano en girasol se determina por tres factores; el número de capítulo por hectáreas, el número

de semilla por capítulo y el peso de semilla.

Fick et al. (1985) menciona que los objetivos del mejoramiento de girasol varían con lo específico de los programas y con las áreas de producción pero generalmente son el alto rendimiento de semilla y alto porcentaje de aceite.

Beard y Geng (1982), indican que los sistemas biológicos que controlan las interrelaciones entre los caracteres de rendimiento y contenido de aceite, parecen similares en los cuatro genotipos de girasol que fueron evaluados. La duración del período de crecimiento afecta al rendimiento de una manera negativa. Variedades tardías pueden disminuir el rendimiento y la calidad del aceite.

2.3 ACEITE

Thompson et al. (1977) estudiaron el efecto materno en el contenido de aceite en la semilla de girasol y encontraron que aparentemente está determinado por el genotipo materno de la planta y no por el genotipo de la almendra.

Fick (1978), encontró una alta correlación negativa entre el contenido de aceite y el peso de la semilla en girasol, lo cual muestra una tendencia de las

semillas pequeñas a tener mayor contenido de aceite.

Valencia (1992) realizó bajo condiciones de temporal en las localidades de Tepetitlán, Ozumba y Chapingo, Estado de México en el ciclo primavera-verano la caracterización de 20 genotipos de girasol por su rendimiento, contenido y calidad de aceite; para ello se evaluaron las variables de altura de planta, diámetro de capítulo, número de hojas por planta, área foliar, 50% de floración, rendimiento de aquenio, peso helectrolítico, contenido de aceite, ácido linoléico, ácido oléico, ácido esteárico y palmítico.

Miller et al. (1987) mencionan que el girasol es alto en ácido oléico y menor en la composición de ácidos grasos y susceptible a convertirse por oxidación durante el refinado, almacenamiento y freído. Además en estudios realizados donde: (i) la influencia maternal determina el contenido de ácido oléico en aceite de girasol (ii) determina el control genético el contenido de ácido oléico e (iii) identificar cualquier factor modificador influenciados en el alto contenido de ácido oleico. Las líneas de girasol con alto oleico derivadas de Pervenets fueron cruzadas con el bajo oleico de las líneas consanguineas HA89. La semilla de F_1 fue un intermediario en el contenido de ácido oleico con cruza reciprocas que muestran los efectos maternas.

El contenido de ácido oléico fue controlado por un gen mayor de acción parcialmente dominante, O_1 , y un segundo gen designado m_1 . Cuando el gen recesivo, m_1 presento condición de homocigosis y se combina con el gen O_1 ,

los niveles de oleico en la semilla se elevaron a 820 g kg^{-1} de aceite ó mas alto. El coeficiente de correlación lineal entre el contenido de ácido linoleico y oléico para la semilla analizada fue -0.84 indicando que el linoleico y oleico fueron los ácidos grasos principalmente afectados.

Unger (1980) evaluó el híbrido 896 en diferentes fechas de siembra en aumento de rendimiento y porcentaje de aceite de girasol irrigado en el sur de las grandes planicies, obteniendo diferencias no significativas en rendimiento de semilla en siembras de últimos de marzo a mediados de junio, después de esta fecha de siembra los rendimientos y porcentaje de aceite disminuyeron; el porcentaje de aceite en la semilla fue generalmente alto en las primeras siembras y progresivamente disminuyó con las últimas siembras.

La concentración de ácido oléico y linoléico en aceite de girasol es influenciado por las fechas de siembra, en siembras tempranas de marzo obtiene de 2160 kg/ha de rendimiento de semilla y un 43 y 45 % de ácido oléico y linoléico.

Robles (1980), indica que el aceite se forma a partir de los hidratos de carbono en los tejidos de reserva de la semilla. El comienzo del proceso de formación de aceite se observa por el incremento en el coeficiente de respiración. Explicándose este fenómeno debido al hecho de que los azucares son muy ricos en oxígeno, mientras que los ácidos grasos no lo son, menciona además que en el proceso de formación de aceites participa

también una gran cantidad de agua, la formación de glicerina y de los ácidos grasos tienen lugar en un ambiente rico en este compuesto, por lo que el suministro de agua durante el período de formación y llenado de semilla es de gran importancia.

Ortegón et al. (1993), indican que desde el punto de vista del valor nutricional una proporción adecuada de ácidos oléico y linoléico es necesaria para el metabolismo humano. Mencionando además que el aceite de girasol contienen una proporción reducida de ácidos grasos saturados (8-14%), siendo los más frecuentes el palmítico y el esteárico, los cuales tienen 16 y 18 átomos de carbono, respectivamente. Los ácidos grasos no saturados más importantes son el oléico y linoléico. Los ácidos grasos difieren entre sí por el número de átomos de carbono en su cadena y por el número y posición de sus dobles enlaces. Cuando todos los átomos de carbono de la cadena contiene dos átomos de hidrógeno sin tener de este modo algún doble enlace, los ácidos grasos se llaman saturados; los que contienen dobles enlaces se les llama no saturados o insaturados. En su cadena, el ácido oléico tiene una doble ligadura en el carbono 9 mientras que el ácido linoléico tiene 2 dobles ligaduras en los carbonos 9 y 12.

Pawlowski, H.S. (1964). Menciona que los factores ambientales tales como la humedad del suelo, la concentración de nutrientes además de la temperatura son las principales causas de la variabilidad en el contenido de aceite de girasol.

Robles (1980), menciona que la semilla de girasol contiene de un 30 a 50% de aceite y la composición de este incluye de 55 a 60% de ácido linoléico y 25% de ácido oléico. El girasol a nivel mundial actualmente es la segunda oleaginosa y sus semillas poseen un alto contenido de aceite y proteína de excelente calidad, además tiene gran potencial por su resistencia a bajas temperaturas, alto porcentaje de aceite, buena adaptación a temporal y a riego, prospera en toda clase de suelos y también puede utilizarse como planta forrajera y como abono verde para su alta producción de materia orgánica.

Fick (1978), reporta que el porcentaje total de aceite en la semilla depende del contenido de aceite en la cáscara y en la almendra.

Montese y Medan (1998). Han estudiado variedades comerciales de girasol que poseen a la madurez del grano 30%, 45% y 58% de aceite. En las tres variedades, en etapas tempranas del desarrollo (0-10 días después de antesis, d.d.a.) la mayor parte del peso del fruto es atribuible al pericarpio, pero después (13-30 d.d.a.) el crecimiento del embrión es el proceso dominante. En las tres variedades los oleosomas comienzan a formarse a los 9-10 d.d.a., y de ahí en adelante su número aumenta proporcionalmente con el porcentaje de aceite del grano. El aceite se acumula rápidamente entre los 10-12 y los 20-25 d.d.a. tras lo cual su nivel se estabiliza. En la etapa de acumulación rápida, el ritmo es más intenso en las variedades de 45% y 58%. Además, en la variedad de 30% los cuerpos protéicos ocupan una

fracción proporcionalmente mayor que en las otras variedades. Pero las diferencias en el contenido final responden sólo en parte a las diversas tasas de síntesis de oleosomas, ya que el porcentaje de lípidos en el embrión oscila entre el 60% y 68% solamente. Es el mayor espesor del pericarpio en la variedad de 45% y, sobre todo, en la de 30%, lo que reduce significativamente el porcentaje de aceite en el grano al "diluir" el embrión en una cubierta protectora comparativamente gruesa.

Alba (1990), señala que el contenido de aceite en los aquenios de girasol está relacionado con el porcentaje de aceite de la semilla.

Fick et al. (1975) señala que no existe asociación entre el contenido de aceite y el rendimiento ya que cuando se aumenta en 100% la densidad, se incrementa tanto el rendimiento de semilla como el aceite por unidad de superficie, pero no se afecta la concentración de éste en la semilla.

Miller et al. (1987) citan que el contenido de aceite está controlado por la acción génica aditiva y concluyen que la acción génica aditiva es muy importante en la mayoría de sus características agronómicas, tales como rendimiento, altura de planta, peso de la semilla y floración; la varianza de dominancia es importante solo para rendimiento.

Espinoza (1981) encuentra una fuerte correlación positiva entre diámetro de capítulo y rendimiento, encuentra además un coeficiente de correlación

positiva ($r=0.61$) obtenido entre el rendimiento de la semilla y contenido de aceite, y concluye que es posible elevar la producción de semilla y aceite en forma conjunta.

Putt et al.(1969) consideran que la composición de ácidos grasos en el aceite de girasol, varía y depende de factores genéticos y ambientales. El mecanismo de la biosíntesis de los ácidos grasos no saturados es uno de los más estudiados en la bioquímica de los lípidos.

Leon et al. (1995), mencionan que el porcentaje aumentado de aceite en la semilla es un objetivo importante para el alto rendimiento de aceite en el girasol. Los marcadores RFLP's (identificaron 201 locis codominantes) ubicaron seis regiones que representan el 57% de la variación genética del porcentaje de aceite en la semilla. Dos de estas regiones se asociaron con el porcentaje de aceite de grano, dos con el porcentaje de grano y dos con ambos componentes. La acción aditiva del gene predominante fue para el porcentaje de aceite de semilla y sus componentes

2.4 PROTEINA

Gallegos (1979), menciona que el valor nutritivo del girasol es su alto contenido de proteína y aceite por lo cual es catalogado como un cultivo industrial.

Duffus y Shaugther (1980), señala que las semillas oleaginosas tienen un alto contenido de proteína así como un alto porcentaje de aceite; en general a mayor contenido de aceite menor contenido de proteína y viceversa.

Martínez (1987), cita que desde el fin de floración hasta madurez fisiológica la acumulación de la materia seca decrece. En la semilla, la biosíntesis es muy activa produciendo aceite desde la asimilación tardía y causando síntesis de proteínas desde la translocación

Tocagni (1980), menciona que si el valor del componente protéico de la semilla sigue mejorando su posición relativa frente al aceite, en algún momento habrá que computarlo en la determinación de la comercial. Ello habrá de constituir, por otra parte un factor de estímulo para que los fitotecnistas procuren la obtención de variedades con mayor contenido de proteína, como así mismo para que los productores la adopten.

Merrien et al. (1988), realizó una investigación para conocer y seguir la proteogénesis y lipidogénesis, e identificar claramente los factores agroclimáticos que influyen la acumulación de proteínas, apreciar la variabilidad de contenido de proteínas en el girasol, y probar la predominancia de factores edáficos aparentes dentro de la explicación de la variabilidad (profundidad de suelo, tasa de maleza orgánica y disponibilidad de agua).

Estos parámetros influyen directamente sobre la cantidad total de N

disponible y sobre su absorción. El grado de alimentación en agua de la planta puede actuar sobre la asimilación tardía y por lo tanto incrementa la intensidad de la lipídogenesis. En caso de sequía, se observa una aceleración de la senescencia de hojas.

La redistribución de N foliar esta en estrecha relación con la cantidad de proteínas de grano. Los resultados confirmaron que el 68% del N del grano en madurez proviene de las hojas. Dentro de esas hojas, la cantidad de proteínas tales como la Rubisco y su contenido de enzimas cloroplásticas bajó rápidamente provocando los fenómenos de senescencia.

Blamey and Chapman (1982), mencionan que relativamente existe poca información sobre las necesidades de N y P en el girasol en suelos infértiles en áreas no tradicionales de producción. El nivel de proteína fué incrementado por el N pero disminuido por la fertilización del P. Los efectos opuestos existentes son generalmente observados con respecto al aceite. La fertilización de N y P aumentó notablemente los rendimientos de aceite y proteína, el N x P las interacciones indicaron que la fertilización de P fue necesaria para una respuesta máxima al aplicar N.

Tocagni (1980), establece que en materia grasa y aceites comestibles en general se tienen en cuenta básicamente tres aspectos o características para determinar la calidad o bondad de los mismos a saber: El nutricional, el de su grado de estabilidad y el organoléptico (sabor, olor, color, etc.) Los aceites vegetales están constituídos en su mayor parte por ácidos grasos no saturados, entre los que se encuentran el ácido linoléico que es

indispensable en el organismo ya que este no lo sintetiza y es imprescindible para su funcionamiento.

Seiler (1985), observó que la mayor concentración de proteína cruda en girasol es en el tallo durante la floración, que la concentración en estado vegetativo y sin embargo declinó en la fructificación; esto en un girasol silvestre y un híbrido.

2.5 FOTOSINTESIS

Ranthy and Cavalie (1982), reportan que el cultivo del girasol está caracterizado por un alto nivel fotosintético especialmente en plantas jóvenes. El aparato enzimático es un tipo C₃ (asimilación de CO₂) a través de la RUBISCO. La relación entre el contenido de enzima y la actividad fotosintética es alta. Los intercambios de gas son afectados por la respiración la cual puede permitir pérdidas de CO₂ de 10 mg h⁻¹ dm⁻². Tomando en cuenta los costos energéticos para la biosíntesis es posible confirmar que a nivel de campo, la energía incluida en la biomasa es aproximadamente la misma para girasol (C₃) y maíz (C₄). La acumulación de energía es más rápida en girasol en los estadíos tempranos.

Goyne et al. (1989), cita que el cultivo de girasol se cultiva sobre un amplio rango de fotoperíodo y condiciones de temperaturas. Los sitios de la

investigación de campo fueron cinco localidades incluyendo Argentina, Alaska, y Hawaii. El fotoperíodo (día largo + horas de media luz) en la emergencia vegetativa (VE) para la mayoría de los sitios, excepto Hawaii y Alaska para rangos no hay evidencia que el fotoperíodo afectó el tiempo para la VE de la etapa visible del brote (R1). En cambio las diferencias en temperatura en varios sitios cortos en VE en Hawaii (11.2 h) la velocidad de desarrollo disminuye y los fotoperíodos largos en Alaska (24 h) aumentan la velocidad de desarrollo drásticamente.

Se concluyó que los modelos usados para predecir el desarrollo fenológico puede ser basado en la temperatura, solo que el fotoperíodo fue dentro de el rango de 14.5 a 16.2. Para predecir el desarrollo afuera de este rango de fotoperíodo, requeriría incluir el fotoperíodo de el modelo.

Moss and Musgrave (1971), citan que la producción de la biomasa en los vegetales es asegurada gracias a la energía solar por los procesos fotosintéticos. La radiación fotosintética activa que representa aproximadamente el 50% del total de la radiación solar es absorbida por la clorofila y otros pigmentos y es utilizada para la reducción de bióxido de carbono (CO_2). En el curso de estos procesos hay transformación de CO_2 atmosférico en hidratos de carbono $(\text{CH}_2\text{O})_n$. Una parte de esos hidratos de carbono (materia seca) es utilizada por la planta como material de soporte (celulosa, ligninas) y otra parte es utilizada como fuente de energía para los procesos fisiológicos tales como la proteosíntesis y lipidosíntesis así como por las reservas.

En el curso de la respiración, se tiene una pérdida de energía que puede alcanzar 40% de los hidratos de carbono formados luego de la fotosíntesis (fotorespiración C_3). La diferencia entre la asimilación total y la respiración es la asimilación neta.

Levitt (1972), señala que la fotosíntesis esta fuertemente inhibida por las bajas temperaturas y existe poca información concerniente a la interacción de la temperatura con el CO_2 y los intercambios de vapor de agua en general. Las bajas temperaturas en la noche pueden influir en la producción de semillas por la disminución de la producción de fotosintatos o alterando la eficiencia de la participación de fotosintatos de la planta.

Neyra (1985), señala que los genetistas y mejoradores en la búsqueda del mejoramiento de la producción investigan las bases bioquímicas y particularmente lo que se refiere a la fotosíntesis o al metabolismo carbonado que es igual para lograr este fin.

Merrien (1986), cita que el girasol es una especie de tipo C_3 presenta en comparación con algunas otras especies pertenecientes a este grupo una alta actividad fotosintética que es limitada en tiempo, presentándose solo en hojas jóvenes y disminuyendo rápidamente en hojas más pequeñas. Después de la floración las plantas completan su nivel de área foliar.

Angelini et al. (1992), reportan que todos los procesos fisiológicos varían

más o menos con las temperaturas. Es importante determinar los mecanismos responsables para la sensibilidad al frío, entre los procesos los cuales son altamente sensitivos a la temperatura y son los importantes para la formación del rendimiento. Las disfunciones fisiológicas ocurren en muchas plantas cuando éstas están sujetas a temperaturas de 10 a 12 °C más bajas, pero por encima de la temperatura de congelación. Las temperaturas frías producen problemas principalmente en el sistema metabólico asociado con el crecimiento y desarrollo.

Connor (1992), cita que la producción fisiológica en girasol semienano es favorable para la resistencia del cultivo al acame en comparación a las alturas estándar, siendo importante en la asimilación para el rendimiento del girasol. Esto es probable pero no favorecen a la selección, los resultados de semienano son de rendimiento variado especialmente en ambientes de determinado estrés, esto a pesar de las observaciones que los cultivos semienanos eran en algunos suelos profundos y el uso de cantidades de agua.

Goyne and Scheneiter (1987) realizaron una investigación sobre la sincronización de antesis en la cruza de líneas para la producción de semilla en campo e invernadero. La investigación se realizó para determinar la influencia de variaciones de temperatura y fotoperíodos sobre el desarrollo fenológico de 16 genotipos de girasol, incluyendo los híbridos y líneas

endogámicas éstas fueron clasificadas de acuerdo a su respuesta al fotoperíodo. Muchos genotipos parecieron ambifotoperiódicos con emergencia de 11 a 13 hrs., siendo los fotoperíodos retrasados para el desarrollo del botón floral, este retraso puede ser de consecuencia para programas de mejoramiento donde las fechas de siembra pueden resultar en la emergencia y crecimiento temprano del girasol coincidiendo con estos fotoperíodos intermedios. Las diferencias en los niveles de luz de energía tiene una pequeña influencia sobre el comportamiento del fotoperíodo de los genotipos.

Sandras and Villalobos (1992), establecieron un método no destructivo para determinar la iniciación floral, basándose en la asociación entre el número de hojas en la iniciación floral y el número final de hojas, el cual se llevó a cabo en genotipos bajo rangos de medios ambientes diferentes. Los resultados fueron: El rango de fotoperíodo a la emergencia fue de 11.5 a 15.9 hrs, el rango de temperatura media diaria para el tiempo de emergencia a la iniciación floral fue de 13.6 a 27.6 °C y la media de radiaciones de onda corta fue de 4.7 a 28.9 MJ m⁻² d⁻¹.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental de la UAAAN, ubicado en Buenavista , Municipio de Saltillo Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25° 23' latitud Norte, 101° 00' longitud oeste y una altitud de 1743 msnm.

El experimento se desarrolló durante los meses de Mayo a Septiembre de 1998.

3.2 MATERIAL GENETICO UTILIZADO

Se sembraron un total de cinco genotipos proporcionados por el Banco de Germoplasma Grupo Interdisciplinario de Investigación en Oleaginosas (GIIO) de la UAAAN. (Cuadro 3.1)

Cuadro 3.1 Material Génético Utilizado.

No.	GENOTIPOS	PROCEDENCIA
1	SAN-3C	UAAAN
2	SANE 23578	UAAAN

3	SANE 1278	UAAAN
4	CIANOC-2	ARGENTINA
5	GORDIS	UAAAN

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó bajo un diseño experimental de Bloques al azar con 5 tratamientos y cuatro repeticiones.

La siembra se efectuó en parcelas con surcos de 6 m de longitud y 0.8 m entre surcos, una distancia entre planta de 0.20 m y 0.25 m de acuerdo a la variedad.

Se aplicó un riego de presiembra, se sembró con sembradora manual, colocando 2 semillas por golpe.

3.4 FENOLOGIA DEL GIRASOL

El cuadro 3.2 presenta los diferentes estadios observados, durante el Ciclo de Desarrollo.

Cuadro 3.2 Estadios observados en el Girasol durante la siembra Mayo a Septiembre de 1998. Un estadio es alcanzado una vez que el 50% de las plantas están en ese estadio. (CETIOM, INRA (1986)).

Código CETIOM	Descripción de Estadio	Descripción de la parcela	
B ₁₁ - B ₁₂	La onceava hoja tiene 4 cm de largo.		Fase Vegetativa
B ₁₃ - B ₁₄	La treceava hoja tiene 4 cm de largo.		
B ₁₅ - B ₁₆	La quinceava hoja tiene 4 cm de largo		
B ₁₇ - B ₁₈	La diecisieteava hoja tiene 4 cm de largo.		
E ₂	El botón se separa de la corona foliar. Las brácteas se distinguen netamente de las hojas. Su diámetro varía entre los 0.5 y 2 cm de largo.		Estadio de Botón
E ₃	El botón se separa de la última hoja, su diámetro varía entre 3 y 5 cm.		
E ₄	El botón está netamente separado de las hojas, su diámetro varía de 5 a 8 cm.		
			Botón Floral

Continuación...

E ₅	El botón está aún cerrado, las flores liguladas son visibles entre las brácteas.	Todo Inicio de Floración	Botón Floral
----------------	----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------	--------------

F ₁	El botón floral se inclina, las flores liguladas son perpendiculares al plato.	Inicio de Floración	
F _{3.2}	Los tres círculos de los florones, los más externos tienen sus anteras visibles y extendidas y sus estigmas desarrollados. Los tres círculos siguientes tienen sus anteras visibles y desarrolladas.		
F _{3.5}	Los tres círculos de los florones, los más externos han sido fecundados. Los tres círculos siguientes tienen sus anteras y sus estigmas visibles y extendidas. Los aquenios de la periferia son grises.	Fin de Floración	Floración
F ₄	Todos los florones han floreado. Las flores liguladas se marchitan. Los aquenios ennegrecen y su tegumento endurece.		

Continuación...

	Caída de las flores líguladas.		
--	--------------------------------	--	--

M ₀	El envés del capítulo está todavía verde.		
M _{1,1}	El envés del capítulo es verde limón a verde amarillo. Las brácteas son verdes. La humedad del grano es aproximadamente de 50%.	Inicio de Madurez	
M _{1,2}	El envés del capítulo es amarillo. Las brácteas son amarillas. La humedad del grano es aproximadamente del 40%.		Llenado de Grano
M ₂	El envés del capítulo es amarillo. Las brácteas son 3/4 partes café. La humedad del grano es aproximadamente del 20-25%.		
M ₃	El envés del capítulo es café. Las brácteas son café. El tallo se deseca. La humedad del grano es aproximadamente del 15%.	Madurez Fisiológica	
M ₄	Todos los órganos de la planta son café fuerte. La humedad del grano es del 10%.	Submaduración	Período de Cosecha

3.5 LABORES CULTURALES

Posteriormente a la emergencia de las plantas y cuando alcanzaron una

altura de 20 a 25 cm. o bien cuando presentaron el segundo par de hojas se llevó a cabo el aclareo dejando solamente la planta más vigorosa con el fin de evitar competencia entre ellas.

Se realizó una fertilización utilizando la fórmula 180-20-00. Usando como fuente de nitrógeno, el sulfato de amonio (20.5) y como fuente de fósforo, el pentóxido de fósforo (18.5).

Se aplicaron cuatro riegos para evitar condiciones de estrés hídrico en el suelo durante el desarrollo del cultivo. Se efectuaron en la Fase Vegetativa (13 DDS), Estadio Estrella (28 DDS), Botón Floral (48 DDS) e Inicio de Floración (70 DDS).

En las primeras etapas de desarrollo del cultivo se mantuvo libre de malezas utilizando el método manual.

Se le hizo una aplicación del insecticida POUNCE 340 CE para la plaga (mosquita blanca) a punto de goteo (49 lts).

3.6 MUESTREOS

Durante todo el ciclo de girasol se realizaron diferentes tomas de datos considerando cinco muestreos por parcela, con un intervalo de 10 a 15 días,

observando los diferentes estadios fenológicos de la planta (Estadio de botón floral, Inicio de floración, Fin de floración , Inicio madurez fisiológica, Madurez fisiológica y Cosecha).

3.7 VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO

- 1.- Area Foliar
- 2.- Materia Seca
- 3.- Altura de planta
- 4.- Número de hojas
- 5.- Diámetro de capítulo
- 6.- Diámetro de tallo
- 7.- Rendimiento de Grano
- 8.- Contenido de Aceite
- 9.- Contenido de Proteína
- 10.- Contenido de Nitrógeno

Area Foliar. Se tomaron cuatro plantas en el campo de cada una de las parcelas en los estadios de Botón Floral e Inicio de Floración y se llevaron al laboratorio se separaron las hojas las que fueron medidas con un equipo automatico Area Meter A-7.

Materia Seca. Se evaluó durante los diferentes estadios fenológicos del cultivo. Una vez en el laboratorio las plantas muestreadas se separaron (tallos, peciolas, hojas, capítulo, semillas), se pesaron y se determinó materia seca en una estufa a 70°C durante 48 horas.

Altura de Planta. Se tomaron medidas desde la base del tallo hasta el capítulo, en cada una de las plantas seleccionadas.

Número de Hojas. Se realizó conteo del número de hojas en los diferentes estadios, en cada una de las plantas seleccionadas.

Diámetro del Capítulo. Esta medición se efectuó a partir de la formación del botón floral. Se realizaron dos mediciones opuestas con un vernier en las plantas seleccionadas para el muestreo, el resultado final fue el promedio de ambas mediciones.

Diámetro del Tallo. Se efectuó desde la base del suelo en cada una de las plantas seleccionadas.

Rendimiento de Grano. Los capítulos cosechados en esta etapa de desarrollo y que fueron de una superficie de dos metros cuadrados, se desgranaron y se determinó el contenido de humedad en la cosecha así como el rendimiento de semilla el cual se expresa en ton/ha.

Contenido de Aceite. Se desgranar los capítulos colectados en los diferentes muestreos, la semilla se homogeniza en un homogenizador SEEDBURO y se toman 20 gr. de semilla, se pesan por duplicado 5 gr. de semilla que se colocan en un cartucho de celulosa el cual se coloca en un sifón de extractor Soxhlet utilizando hexano como disolvente de extracción durante 8 horas.

Contenido de Nitrógeno y Proteína. De la semilla homogenizada en el punto anterior se pesan por duplicado 1 gr de muestra, la que es digerida con ácido sulfúrico y mezcla de reactivo de selenio en un digestor-destilador Kjeldalh. En seguida la muestra es destilada sobre ácido bórico al 4%. La muestra se titula con ácido clorhídrico 0.1 N. Con los resultados obtenidos se calcula el contenido de Nitrógeno (%). El contenido de proteína (%) se calcula multiplicando el contenido de Nitrógeno por el factor 6.25.

Calculo de Unidades Calor. Para reportar los diferentes Estadíos de desarrollo se calcularon las unidades calor acumuladas de acuerdo con Jaafar et al. (1993) y utilizando la siguiente formula:

$$UC = \left[\frac{(Temperatura\ máx\ ima + Temperatura\ mín\ ima)}{2} \right] - 7.2\ ^\circ C$$

3.8 ANALISIS DE DATOS

Con los datos obtenidos se construyeron gráficas utilizando el paquete Microsoft Excel.

Los datos se analizaron por análisis de varianza, utilizando el paquete de la Universidad Autónoma de Nuevo León y los análisis de regresión y correlación se llevaron a cabo en el paquete Princromp.

3.9 MODELO PARA EL ANALISIS

Modelo lineal para el análisis de varianza de bloques completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de efecto de la i -ésima variedad en la j -ésima repetición.

μ = Media general.

α_i = Efecto de la i -ésima variedad.

β_j = Efecto de la j -ésima repetición.

ε_{ij} = Efecto del error experimental.

$$i = 1, 2, \dots, v$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Cuadro 3.3 Forma del análisis de varianza usado para cada carácter estudiado.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CM	ECM
Bloques	(r-1)		
Variedad	(t-1)	M_2	$\sigma^2_e + \sigma^2_v$
Error	(r-1) (t-1)	M_1	σe^2
Total	Tr-1		

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Condiciones Climáticas

En el cuadro 4.1 se presentan las condiciones climáticas de temperatura

y precipitación para los meses de Mayo a Septiembre de 1998, durante los cuales se desarrolló el experimento.

Las condiciones climáticas fueron favorables para el desarrollo del cultivo. Las temperaturas medias fluctuaron de 18 a 30 °C.

Las aportaciones de la lluvia y los riegos que se le aplicaron, permitieron que el cultivo se desarrollara en condiciones satisfactorias.

Cuadro 4.1 Temperatura y precipitación reportada durante el ciclo del cultivo del Girasol.

MESES	TEMPERATURA (°C)			PRECIPITACIÓN (mm)
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	
MAYO	33.20	17.00	25.10	7.2
JUNIO	32.20	18.70	25.20	77
JULIO	29.10	16.70	22.20	80.3
AGOSTO	26.90	15.50	21.20	90.7
SEPTIEMBRE	23.80	14.20	19.00	143.2

* Fuente. Departamento de Agrometeorología de la U.A.A.A.N.

4.2 Fenología y Unidades Calor Acumuladas

En el cuadro 4.2 se presentan los días que requieren las diferentes variedades para alcanzar los principales estadios de desarrollo del cultivo de Girasol.

Se reporta que las variedades más precoces a los días de Inicio de Floración fueron la SANE 23578, SANE 1278, con 60 días, seguidas de la GORDIS, CIANOC-2 y SAN-3C con 62, 63 y 65 días respectivamente. Para posteriormente seguir siendo las precoces en cosecha las variedades SANE 23578, SANE 1278 con 137 días, seguidas de la CIANOC-2 y GORDIS con 138 días, para dejar en último lugar a la variedad SAN-3C con 139 días.

Cuadro 4.2 Días que requieren las variedades para alcanzar los principales estadios de desarrollo del Girasol.

VARIEDADES	ESTADIOS					
	BOTON FLORAL E ₃	INICIO DE FLORACION N F ₁	FIN DE FLORACION F ₄	INICIO DE MADUREZ M ₀	MADUREZ FISIOLÓGICA M ₂	COSECHA M ₄
SAN-3C	47	65	90	101	126	139
SANE 23578	47	60	71	87	111	137
SANE 1278	47	60	72	91	117	137
CIANOC-2	47	63	88	92	118	138
GORDIS	47	62	87	93	116	138

El cuadro 4.3 reporta las Unidades Calor acumuladas (UC.AC.) en los principales estadios de desarrollo de las variedades de girasol.

Podemos observar que en Botón Floral, las variedades SAN-3C, SANE 23578, SANE 1278, CIANOC-2 Y GORDIS, requieren de la misma cantidad

de UC.AC. (873.95 UC.AC.) En Inicio de floración observamos que las variedades mas precoces son la SANE 23578 y SANE 1278 (1084 UC.AC.), seguidas de las variedades GORDIS y CIANOC-2 con 1114.25 y 1130.05 UC.AC. respectivamente, y la mas tardía es la variedad SAN-3C (1165.73 UC.AC.). En Fin de Floración podemos observar que la mas precoz sigue siendo la variedad SANE 23578 (1258.08 UC.AC.), seguida de la variedad SANE 1278 (1275.03 UC.AC.), a continuación las variedades GORDIS con 1502.78 UC.AC. la CIANOC-2 con 1516.78 UC.AC. y la mas tardía sigue siendo la SAN-3C (1545.73 UC.AC.). En Inicio de Madurez Fisiológica se observa que la variedad mas precoz es la SANE 23578 (1507.78 UC.AC.), seguida de las variedades SANE 1278 con 1560.13 UC.AC., CIANOC-2 con 1573.43 UC.AC. y GORDIS con 1587.78 UC.AC. y la mas tardía es la variedad SAN-3C (1706.08 UC.AC.). En Madurez Fisiológica la variedad SANE 23578 continúa siendo la mas precoz (1845.83 UC.AC.), seguida de las variedades GORDIS con 1905.33 UC.AC., la SANE 1278 con 1905.33 UC.AC., la CIANOC-2 con 1929.88 UC.AC. y por último la variedad SAN-3C con 2020.33 UC.AC. La etapa de Cosecha fué alcanzada primero por las variedades SANE 23578 y SANE 1278 con 2147.88 UC.AC., seguida de las variedades CIANOC-2 y GORDIS CON 2159.93 UC.AC. y la variedad mas tardía fué la SAN-3C con 2172.08 UC.AC.

Cuadro 4.3 Unidades de Calor Acumuladas durante el ciclo de desarrollo del Girasol.

VARIETADES	ESTADIOS					
	BOTON FLORAL E ₃	INICIO DE FLORACION F ₁	TERMINO DE FLORACION F ₄	INICIO DE MADUREZ M ₀	MADUREZ FISIOLÓGICA A M ₂	COSECHA M ₄
SAN-3C	873.45	1165.73	1545.73	1706.08	2020.33	2171.08
SANE 23578	873.45	1084.45	1258.08	1507.73	1845.83	2147.88
SANE 1278	873.45	1084.45	1275.03	1580.13	1917.53	2147.88
CIANOC-2	873.45	1130.05	1518.78	1573.43	1929.88	1929.88
GORIDS	873.45	114.25	1502.78	1587.78	1905.33	1905.33

4.3 Variables Estudiadas

4.3.1 Area Foliar

El cuadro 4.4 presenta los valores del área foliar (cm²/pta) medidas en dos estadios de desarrollo del Girasol. Podemos constatar que en el estadio Botón floral la variedad SANE 23578 obtuvo la mayor área foliar con 1186.23 cm²/pta seguida de las variedades GORDIS con 910.42, la SAN-3C con 827.32, la variedad SANE 1278 y al final la variedad CIANOC-2 con 581.36 cm²/pta. En el estadio Inicio de Floración la variedad SANE 1278 reporta la mayor expansión foliar con 2269.89 cm²/pta, seguida de las variedades CIANOC-2 con 1734.08, la SANE 23578 con 1545.6, la SAN-3C con 1477.39 y la GORDIS con 1338.26 cm²/pta.

Cuadro 4.4 Valores de Area Foliar (cm²/pta.) medidas en dos estadíos en las Variedades de Girasol.

Variedades	Botón Floral	Inicio de Floración
SAN-3C	827.321	1477.394
SANE 23578	1186.232	1545.605
SANE 1278	626.421	2269.891
CIANOC-2	581.364	1734.085
GORDIS	910.429	1338.261

4.3.2 Materia Seca

El cuadro 4.5 presenta los resultados de la Acumulación de Materia Seca en la Cosecha para las diferentes variedades de girasol mostrando que la variedad GORDIS acumulo la mayor cantidad de materia seca con 6.19 ton/ha requiriendo 2159 UC.AC., seguida de la SANE 23578 con 5.03 ton/ha necesitando para su formación 2147 UC.AC., a continuación la SANE 1278 que acumula 4.75 ton/ha para lo que requiere 2159 UC.AC., seguida de la SAN-3C que produjo 4.46 ton/ha de materia seca por lo cual requirió de 2171 UC.AC., y al final la CIANOC-2 acumuló 2.68 ton/ha para lo cual necesitó 1516 UC.AC.

Es importante señalar que para el estadío de Madurez Fisiológica las Unidades Calor que requirieron acumular las variedades fueron las

siguientes: variedad SAN-3C (2020.33), SANE 23578 (185.58), SANE 1278 (1845.58), CIANOC-2 (1929.88) y la GORDIS con 1905.33.

Podemos observar que las variedades GORDIS y las dos SANE presentaron mayor capacidad para acumular materia seca que la SAN-3C, aún cuando ésta requiere mayor unidades calor para completar este estadio y por lo cual se supone que fue mas largo su período de floración. El cuadro 4.3 de área foliar constata para el estadio Inicio de floración esta aseveración.

Cuadro 4.5 Materia Seca (ton/ha) en Cosecha de las variedades de Girasol.

Variedades	Materia Seca (ton/ha)
SAN-3C	4.465
SANE 23578	5.031
SANE 1278	4.757
CIANOC-2	2.689
GORDIS	6.190

4.3.3 Altura de planta

En la figura 4.1 observamos que en el estadio fin de floración (82 DDS) las variedades que presentaron su máxima altura fueron la SAN-3C (1.5 m) y la GORDIS y CIANOC-2 con 1.00 m respectivamente, descendiendo después hasta la cosecha. Las variedades SANE 23578, SANE 1278 en ese

estadio presentaron su máxima altura con 0.97 y 0.87 m respectivamente. La variedad que observó mayor altura durante el ciclo de desarrollo fue la SAN-3C hasta los 138 D.D.S. (1.28 m) momento de la cosecha, seguida de la variedad GORDIS (1.00), SANE 23578 (0.94 m), CIANOC-2 (0.84 m) y por último la variedad SANE 1278 (0.83 m).

En el cuadro No. 1 del apéndice se presenta el análisis de varianza para la altura de la planta en estadio Inicio de Floración donde observamos que se presentan diferencias significativas entre las variedades.

4.3.4 Número de hojas

En la figura 4.2 se observa que la variedad SANE 23578 presenta el máximo número de hojas (20 hojas) en el estadio Botón floral (47 DDS) las variedades SAN-3C y SANE 1278 presentan 17 hojas, la GORDIS con 16 hojas y por último la variedad CIANOC-2 con 15 hojas. En el estadio Inicio de Floración (62 DDS) las variedades SAN-3C, GORDIS, SANE 23578, SANE 1278 y CIANOC-2 presentaron su máximo número de hojas con 26, 25, 24 para cada una de las variedades SANE y 22 hojas respectivamente. Es importante señalar que el área foliar (Cuadro 4) determinada en este estadio tuvo su máximo valor para la variedad SANE 1278 seguida de la CIANOC-2, la SANE 23578, la SAN-3C y al final la GORDIS.

Figura 4.1 Altura de planta observada en variedades de Girasol en diferentes estadios durante el ciclo de Cultivo de 1998.

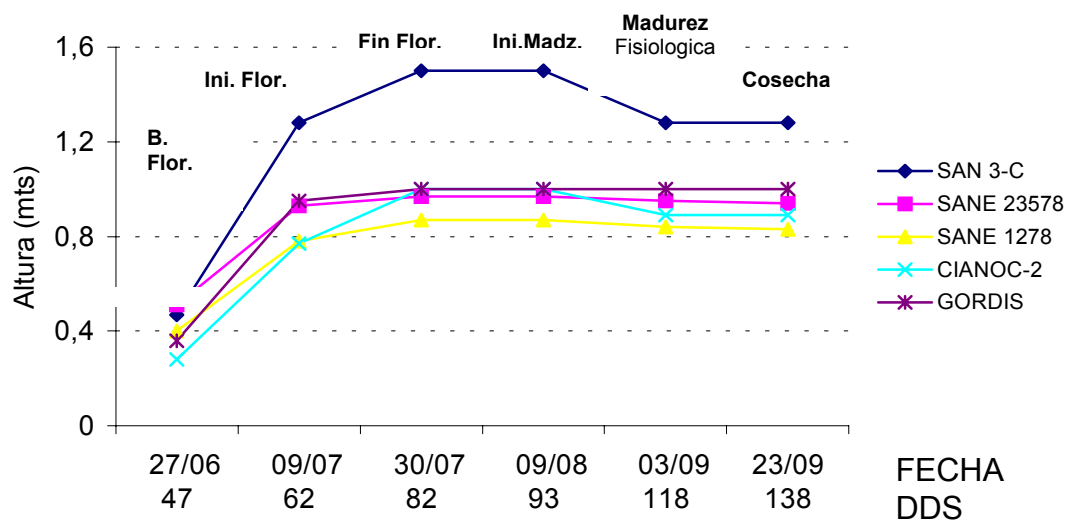
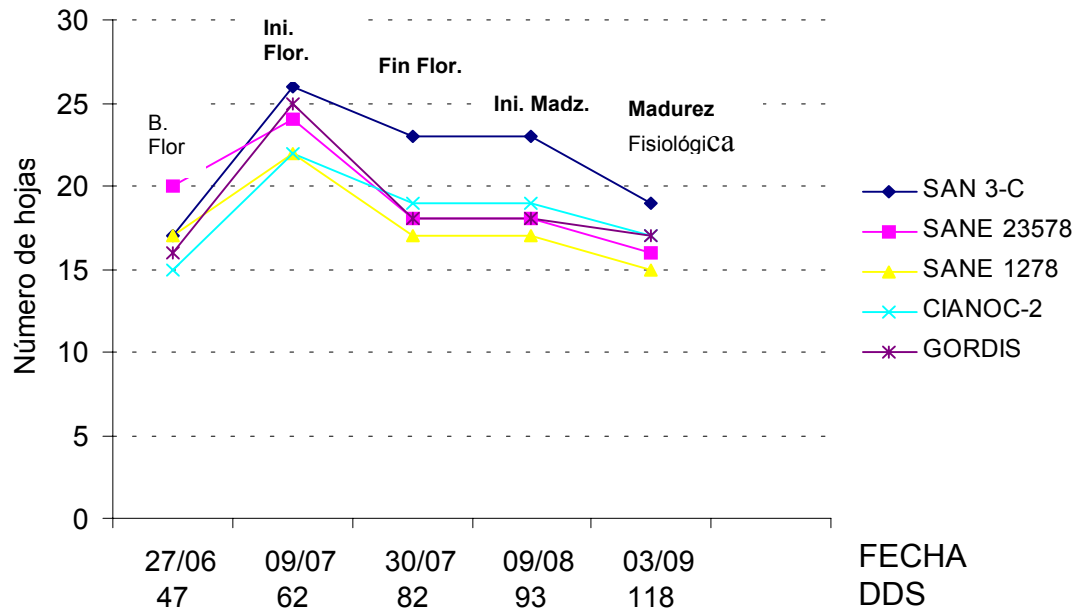


Figura 4.2 Número de Hojas observadas en las variedades de Girasol en los diferentes estadios durante el Ciclo de Desarrollo.



Lo anterior nos indica que aún cuando el número de hojas sea mayor para algunas variedades no necesariamente el área foliar tendrá el valor más alto ya que este está en función del tamaño de la lámina foliar.

El cuadro 2 del apéndice nos presenta los resultados del ANVA para esta variable en el estadio Inicio de Floración mostrando que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Goyne and Hammer et al. (1982), reportan que el número de hojas por plantas, es un indicador de la respuesta de girasol a diferentes fotoperíodos.

4.3.4 Diámetro de capítulo

En la figura 4.3 se observa que las variedades SAN-3C presenta el mayor diámetro (12.7 cm) en el estadio Fin de Floración (82 DDS), seguida de las variedades CIANOC-2 Y GORDIS con 11.8 cm, a continuación la SANE 23578 con 10.25 cm. La variedad SANE 1278 en el estadio Madurez Fisiológica (118DDS) alcanzó su máximo diámetro con 10.25 cm.

En el cuadro No. 3 del apéndice nos presenta el ANVA del diámetro de Botón Floral en el estadio Inicio de Floración mostrando que existe una diferencia significativas entre las variables.

Figura 4.3 Diámetro de Capítulo para las variedades de Girasol en el Ciclo del Cultivo.

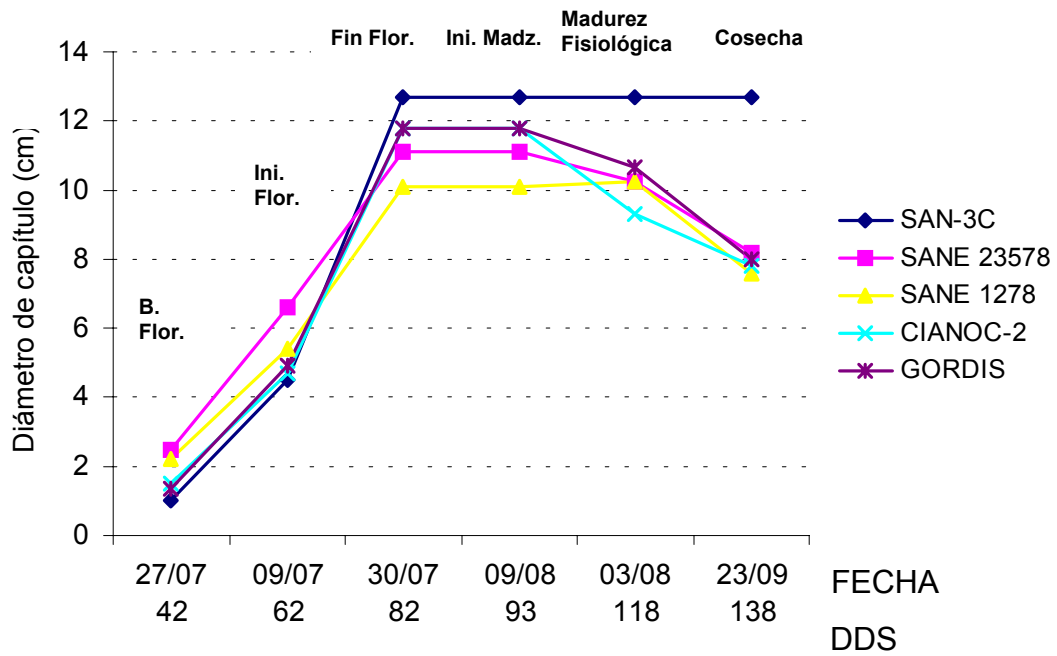
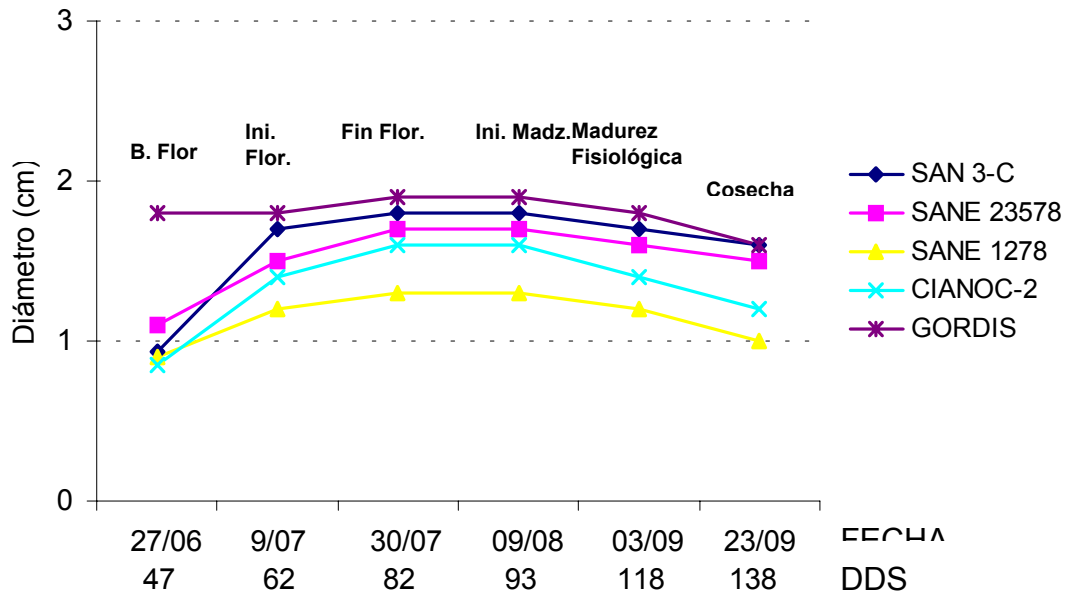


Figura 4.4 Diámetro de tallo de las variedades de Girasol observadas en diferentes estadios.



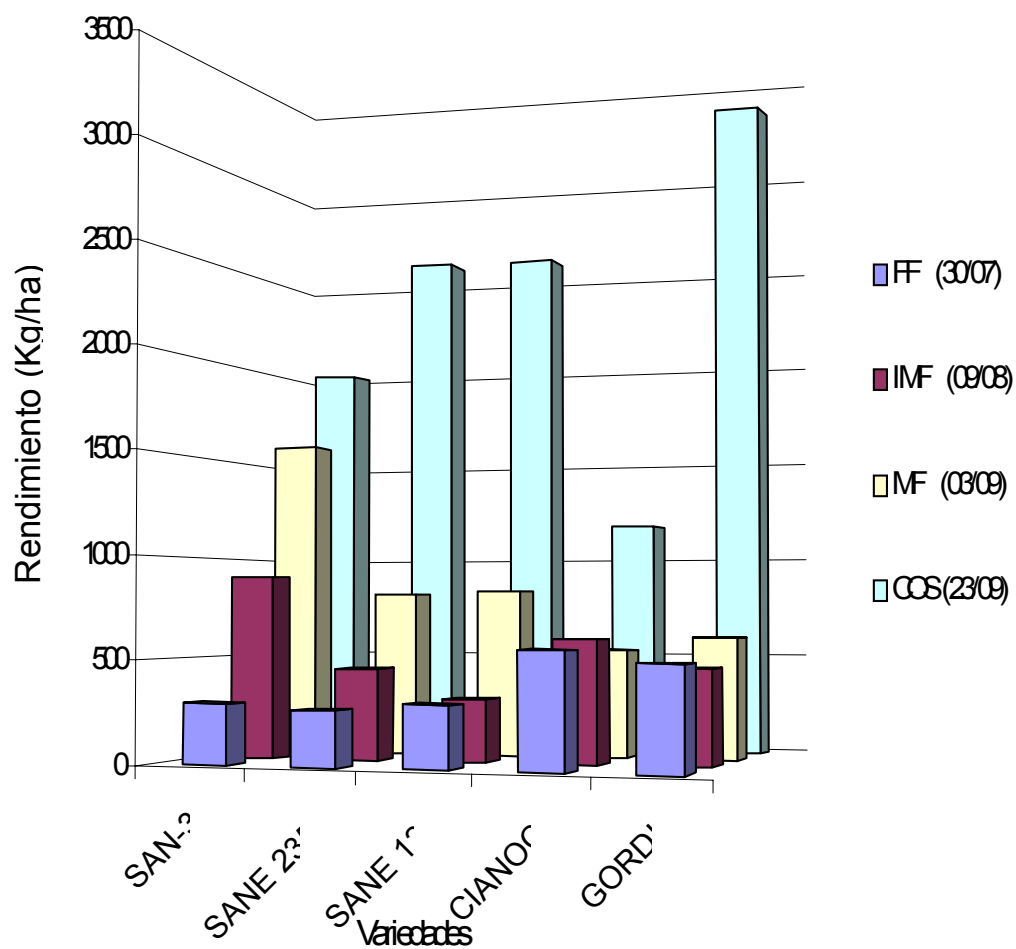
4.3.6 Diámetro de Tallo

En la figura 4.4 podemos observar que en el estadio Fin de floración las variedades presentan en general el máximo diámetro de tallo. La variedad GORDIS reporta un diámetro de tallo con 1.9 cm, seguida de las variedades SAN-3C, SANE 23578, CIANOC-2 y SANE 1278 con 1.8, 1.7, 1.6 y 1.3 cm respectivamente.

4.3.7 Rendimiento de Grano

En la figura 4.5 se observa el rendimiento de grano en kg/ha de las variedades de girasol, obtenido en los diferentes muestreos a partir del estadio Fin de floración. En el estadio Inicio de madurez fisiológica (09/08) la variedad más rendidora es la SAN-3C (899 kg/ha), seguida de la CIANOC-2 (596 KG/HA), la SANE 23578 (448 kg/ha), la GORDIS (465 kg/ha) y por último se encuentra la SANE 1278. En Madsurez fisiológica (03/09) la variedad SAN-3C es la más rendidora (1580 kg/ha), seguida de la SANE 1278 y SANE 23578 con 827 y 816 respectivamente, por último se encuentran las variedades GORDIS y CIANOC-2 con 599 y 536 kg/ha respectivamente. En cosecha la variedad más rendidora es la GORDIS con 3327 kg/ha, seguida de la SANE 23578, SANE 1278 con 2584 y 2583 respectivamente, a continuación la SAN-3C con 2000 KG/HA. Las variedades de la UAAAN superan en rendimiento a la variedad testigo.

Figura 4.6 Rendimiento de grano (kg/ha) de las variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo



4.3.8 Evolución del Contenido de Aceite-Lipidogénesis

En la figura 4.6 se presenta como se lleva a cabo la lipidogénesis en los granos de las variedades de Girasol. Podemos observar que el contenido porcentual de aceite en el estadio Fin de floración (82 DDS) se presentan diferencias entre variedades siendo la CIANOC-2 la que observó mayor contenido de aceite (13.58%), seguida de la SANE 23578, la SAN-3C, la GORDIS y la SANE 1278. En Inicio de Madurez fisiológica (93 DDS) hay una variación de contenido de aceite de 16 a 25%, siendo la variedad SAN-3C la que observó un mayor contenido (25.94%) seguida de la SANE 1278 con 23.5%, la GORDIS con 19.51%, la CIANOC-2 con 18.36% y la SANE 23578 con 16.93%. En el estadio Madurez Fisiológica (118 DDS) se presentó una variación de un 13 a 29%, siendo la variedad SAN-3C la que tuvo un mayor contenido de aceite (29.25%) seguida de la CIANOC-2 (28.9%) la SANE 1278 Y 23578% con 26.3% Y 25.63% respectivamente y la GORDIS con 13.8%. En cosecha (138 DDS) variedad que mostró un mayor contenido de aceite fué la SAN-3C (32.88%) manteniéndose en primer lugar como se pudo observar en los dos estadios anteriores, seguida de la GORDIS (28.93%), la SANE 1278 (28.68%), la SANE 23578 (26.5%) y la CIANOC-2 (23.98%).

En el cuadro No. 5 del apéndice se presenta el ANVA para contenido de aceite (%) de las variedades de Girasol en el estadio Madurez Fisiológica, presentando una diferencia altamente significativa entre las variedades.

El cuadro No. 6 del apéndice muestra el ANVA de contenido de aceite de las variedades de Girasol en cosecha en donde no se presentan diferencias entre las variedades.

4.3.9 Desarrollo del Contenido de Proteína-Proteogénesis

En la figura 4.7 se presenta la forma como se lleva acabo la proteogénesis de los granos de las variedades de Girasol, se muestra que el contenido porcentual de proteína, en el estadio Fin de floración (82 DDS) varía de un 17 a 25% siendo la variedad SANE 23578 la que presentó el más alto contenido con 25.34% seguida de la CIANOC-2 (22.33%) la SANE 1278 (21.68%), la GORDIS (19.66%) y la SAN-3C (17.54%). En Inicio de madurez fisiológica (93 DDS) se observó poca variación (20-22%), la variedad que presentó mas alto contenido de proteína fue la SANE 1278 (22.98%), a continuación la CIANOC-2 (21.37%), la SANE 23578, la SAN-3C y la GORDIS con 28.8% 20.2% y 20.01% respectivamente. En Madurez fisiológica (118 DDS) el contenido de proteína presentó una variación de 24.2 a 31.5%, siendo la variedad SANE 1278 la más alta en contenido de proteína (31.947%) seguida de la SANE 23578 y la CIANOC-2 con 29.5% y 29.1% respectivamente a continuación la GORDIS (25.10%) y la SAN-3 con

Figura 4.6 Contenido de Aceite de los granos de las variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo.

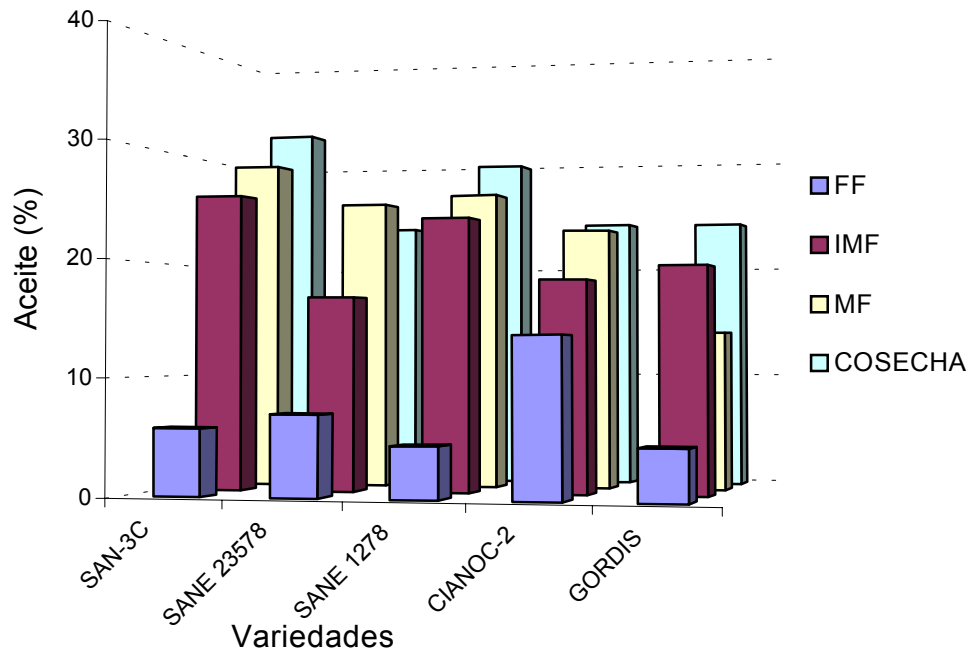
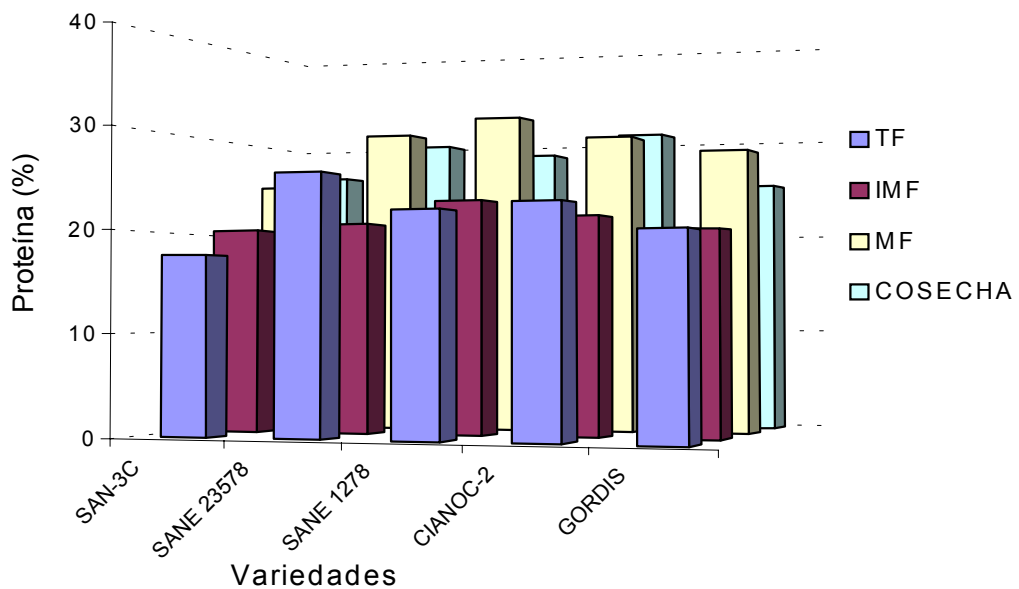


Figura 4.7 Contenido de Proteína de los granos de las variedades de Girasol.



24.2%. En cosecha (138 DDS) se puede observar que la variedad CIANOC-2 es la mas alta en contenido porcentual de proteína (30.66%), seguida de la SANE 23578 y SANE 1278 (29.83 y 28.69% respectivamente) y por último la SAN-3C y GORDIS (26.58% y 25.09% respectivamente).

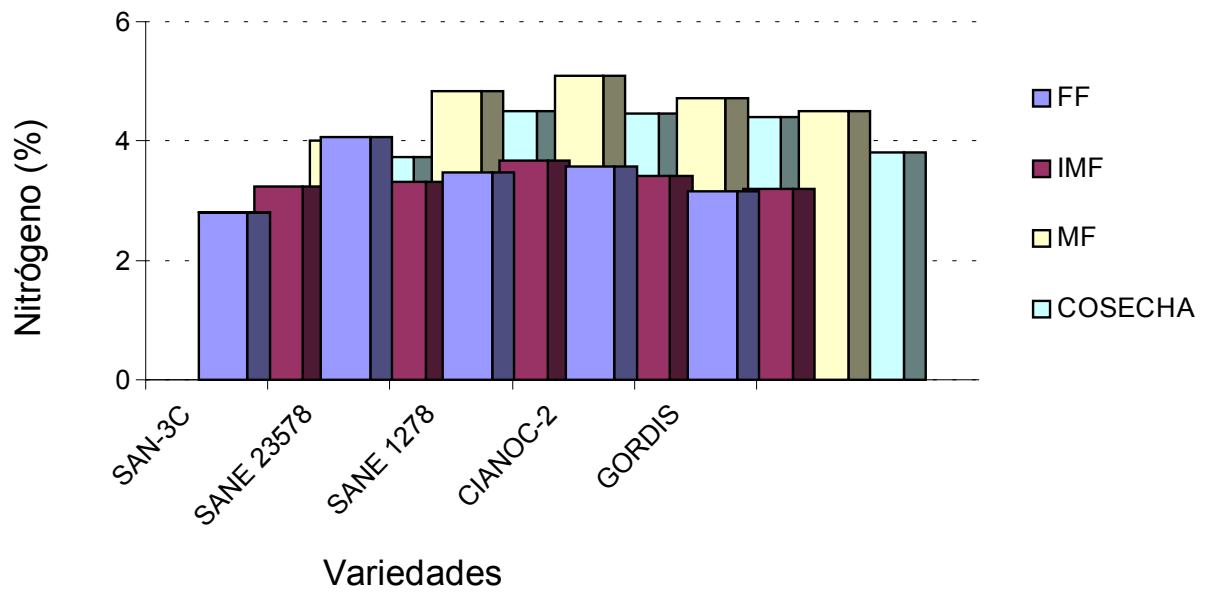
En los cuadros No. 7 y 8 del apéndice se presentan los ANVAS del contenido de Proteína (%) de las variedades de Girasol, en los estadíos de Madurez Fisiológica (MF) y cosecha observándose que en MF existen diferencias altamente significativas entre variedades y repeticiones, lo cual es muy importante, ya que podemos efectuar una selección de materiales para incrementar la calidad del girasol.

En Cosecha (Cuadro 8 del apéndice) no se presentaron diferencias entre las variedades ni entre las repeticiones.

4.3.10 Contenido de Nitrógeno

La figura 4.8 presenta los resultados del contenido (%) de nitrógeno en el grano de las variedades de girasol. En Término de floración (82 DDS) varía de un 2 a 4% presentando el mayor contenido porcentual de nitrógeno la variedad SANE 23578 (4.07%). En Inicio de madurez (93 DDS) se observa que las variedades se mantuvieron casi estables, ya que no observó

Figura 4.8 Contenido de Nitrógeno de variedades de Girasol en diferentes estadios de desarrollo.



variación. En Madurez fisiológica (118 DDS) se muestra la variedad SANE 1278 con mayor contenido de nitrógeno (5.10%), seguida de la SANE 23578 (4.48%), la CIANOC-2, la GORDIS y la SAN-3C con 4.7, 4.5 y 4.0% respectivamente. En cosecha (138 DDS) la variedad que observó mayor contenido porcentual de nitrógeno fué la SANE 23578 (4.79%), seguida de la SANE 1278 (4.46%), la CIANOC-2 (4.4%), la GORDIS (3.8%) y por último la SAN-3C (3.73%).

4.4 Correlaciones Fenotípicas entre siete caracteres de girasol monitoreados en los estadíos Fin de Floración (F.F), Inicio de Madurez Fisiológica (I.M.F.), Madurez Fisiológica (M.F.) y Cosecha (COS).

En el cuadro 4.6 podemos observar que entre las variables Contenido de Nitrógeno y proteína presentaron una correlación positiva y altamente significativa en los cuatro estadíos observandose que hubo un incremento en el valor de la correlación del primer estadío a los dos siguientes. El contenido de aceite con el contenido proteína presenta correlaciones positivas no significativas (NS) en los estadíos FF e IMF, en MF y COS estas correlaciones son negativas y NS ($r = -0.53$ en Cosecha). Podemos observar que en el último estadío el coeficiente de correlación muestra una relación negativa entre estas dos variedades. La altura de planta con el contenido de proteína presenta correlaciones negativas y NS en FF e IMF, en MF la correlación es negativa y altamente significativa ($r = 0.95^{**}$), lo que nos indica

que a mayor altura de planta es menor el contenido de proteína. En la Cosecha la correlación entre estas variables es negativa y NS. La correlación Altura de planta con el contenido de aceite en los estadíos IMF, MF y Cosecha reporta valores positivos NS, lo que muestra una tendencia en que la a mayor altura de planta el contenido de aceite es mayor. La correlación diámetro de capítulo con el contenido de proteína presenta valores negativos NS (**). Es importante señalar que en los estadíos IMF y MF se presentaron los mas altos valores de correlación negativa entre porcentaje de proteína y diámetro de capítulo. Lo que indica que a mayor diámetro de capítulo hubo menor contenido de proteína en la semilla. El Diámetro de capítulo con el contenido de Aceite reporta correlaciones positivas NS ($r= 0.85$ en Cosecha). El diámetro de capítulo con altura de planta en los estadíos FF e IMF reporta correlaciones positivas NS, en los estadíos MF y Cosecha, las correlaciones son positivas y altamente significativas ($r= 0.93^{**}$), lo que nos indica que las plantas de mayor altura tiene mayor diámetro de capítulo.

Las correlaciones entre el Diámetro de tallo con el contenido de proteína en los estadíos FF, MF y COS son negativas y NS pero en IMF la correlación fue negativa y altamente significativa ($r= -0.99^{**}$), lo que nos indica que a mayor diámetro de tallo el contenido de proteína es menor. Las correlaciones entre el diámetro de tallo y aceite en los estadíos IMF y MF presentan una tendencia negativa excepto en la cosecha en donde se presentó una correlación positiva de $r= 0.45$.

La correlación de diámetro de tallo con altura de planta y diámetro de

capítulo fué positiva en los cuatro estadíos lo que indica que las plantas que presentan mayor altura de planta tuvieron mayor un diámetro de capítulo y mayor diámetro de tallo.

Las correlaciones de número de hojas con contenido de proteína, son negativas en los cuatro estadíos, presentando en MF el mas alto valor de correlación negativa altamente significativo ($r = -0.97^{**}$) Lo anterior nos indica que en las plantas que tienen un mayor número de hojas la proteína es menor.

La variable número de hojas no presentó una correlación positiva con el contenido de aceite, excepto en el estadío IMF en donde se observa una correlación positiva de $r = 0.54$.

Las correlaciones de número de hojas con las variables altura de planta, diámetro de capítulo y diámetro de tallo fueron positivas, detectándose los valores mas altos de correlación positiva entre número de hojas con altura de planta desde FF ($r = 0.98^{**}$) en IMF ($r = 0.99^{**}$), en MF con ($r = 0.90^*$) y en Cosecha ($r = 0.73$).

La correlación de rendimiento de grano con las variables altura de planta, diámetro de capítulo, diámetro de tallo y número de hojas en la etapa de FF presentó valores relativamente bajos observa un cambio notorio en las etapas de IMF y MF. En IMF se observar valores de correlación positivos y altamente significativos entre rendimiento de grano con altura de planta ($r =$

0.96**), y con diámetro de capítulo ($r= 0.91^{**}$) así como con número de hojas ($r= 0.98^{**}$).

En MF se observaron valores de correlaciones positivas entre rendimiento de grano y altura de planta de $r= 0.85^*$, con diámetro de capítulo es de $r= 0.92^{**}$ y con número de hojas es $r= 0.63$

Cuadro No. 4.6 Coeficientes de Correlación Fenotípica para siete caracteres de las Variedades de Girasol monitoreados en cuatro estadios de Desarrollo.

FF							
	PROTEINA	ACEITE	ALTURA PTA.	DIAM. CAPITULO	DIAM TALLO	NUM. DE HOJAS	RDTO. GRANO
NITROGENO	0.85**	0.23	-0.06	-0.48	-0.18	-0.52	-0.27
PROTEINA		0.35	-0.75	-0.6	-0.36	-0.67	-0.09
ACEITE			-0.05	0.23	-0.05	0.01	0.53
ALTURA PTA.				0.83	0.49	0.98**	-0.19
DIAM. CAPITULO					0.79	0.84	0.27

DIAM. TALLO						0.46	0.24
NUM. DE HOJAS							-0.15

IMF							
	PROTEINA	ACEITE	ALTURA PTA.	DIAM. CAPITULO	DIAM TALLO	NUM. DE HOJAS	RDTO. GRANO
NITROGENO	0.98**	0.13	-0.49	-0.76	-0.89**	-0.43	-0.49
PROTEINA		0.18	-0.55	-0.82	-0.99**	-0.51	-0.58
ACEITE			0.59	0.16	-0.18	0.54	0.41
ALTURA PTA.				0.83	0.5	0.98**	0.95**
DIAM. CAPITULO						0.84	0.91**
DIAM. TALLO						0.46	0.53
NUM. DE HOJAS							0.98**

MF							
	PROTEINA	ACEITE	ALTURA PTA.	DIAM CAPITULO	DIAM TALLO	NUM. DE HOJAS	RDTO. GRANO
NITROGENO	0.99*	0.05	-0.93**	-0.77	-0.78	-0.96**	-0.62
PROTEINA		-0.03	-0.95**	-0.81	-0.75	-0.97**	-0.69
ACEITE			0.24	0.31	-0.26	0.08	0.64
ALTURA PTA.				0.93*	0.77	0.90**	0.85**
DIAM. CAPITULO					0.72	0.7	0.92*
DIAM. TALLO						0.62	0.47
NUM. DE HOJAS							0.63

COSECHA							
	PROTEINA	ACEITE	ALTURA PTA.	DIAM. CAPITULO	DIAM TALLO	NUM. DE HOJAS	RDTO. GRANO
NITROGENO	0.95**	-0.31	-0.57	-0.55	-0.75	-0.67	-0.48
PROTEINA		-0.53	-0.55	-0.64	-0.75	-0.48	-0.65
ACEITE			0.61	0.85**	0.45	0.09	0.36
ALTURA PTA.				0.93**	0.77	0.73	-0.03
DIAM. CAPITULO					0.72	0.53	0.17
DIAM. TALLO						0.46	0.51
NUM. DE HOJAS							-0.31

4.5 Análisis de Regresión

En las figuras 4.9 a 4.13 se presenta la evolución del contenido de proteína y aceite de grano en función del tiempo y valores ajustados (Cuadros 4.7 y 4.8) para cada uno de los genotipos estudiados.

En las 5 figuras podemos observar que en el estadio FF el contenido de Proteína fué superior al contenido de aceite, siendo mas evidente para los genotipos SANE 23578 y SANE 1278. Para el estadio de IMF se presentó la misma tendencia en todos los genotipos excepto en la variedad SAN-3C, en donde los contenidos son practicamente iguales.

Para el tercer estadio MF se presentó un cambio de esta tendencia para los genotipos SAN-3C, SANE 23578 y SANE 1278 en los cuales se observó que el contenido de aceite es superior al contenido de proteína.

En la etapa final, de Cosecha, se observa que de nuevo aumenta el contenido de proteína siendo superior al contenido de aceite, excepto en la variedad SAN-3C en donde el contenido de aceite se mantiene superior al contenido de proteína, aunque cabe señalar que la diferencia entre proteína y aceite es menor que en MF para las variedades SAN-3C, CIANOC-2 y GORDIS.

Figura 4.9 Evolución del Contenido de Aceite y Proteína (%) de Grano en función del tiempo de valores ajustados de la variedad de Girasol SAN-3C.

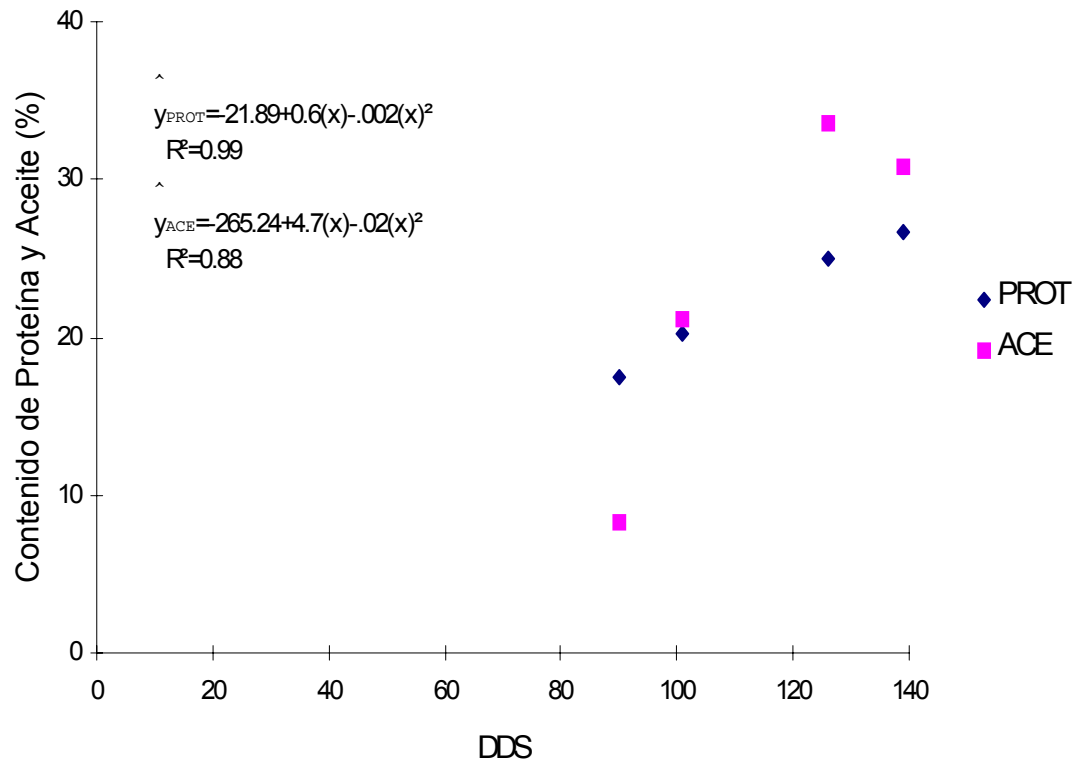


Figura 4.10 Evolución del Contenido de Aceite y Proteína (%) de Grano en función del tiempo de valores ajustados de la variedad de

Girasol SANE 23578.

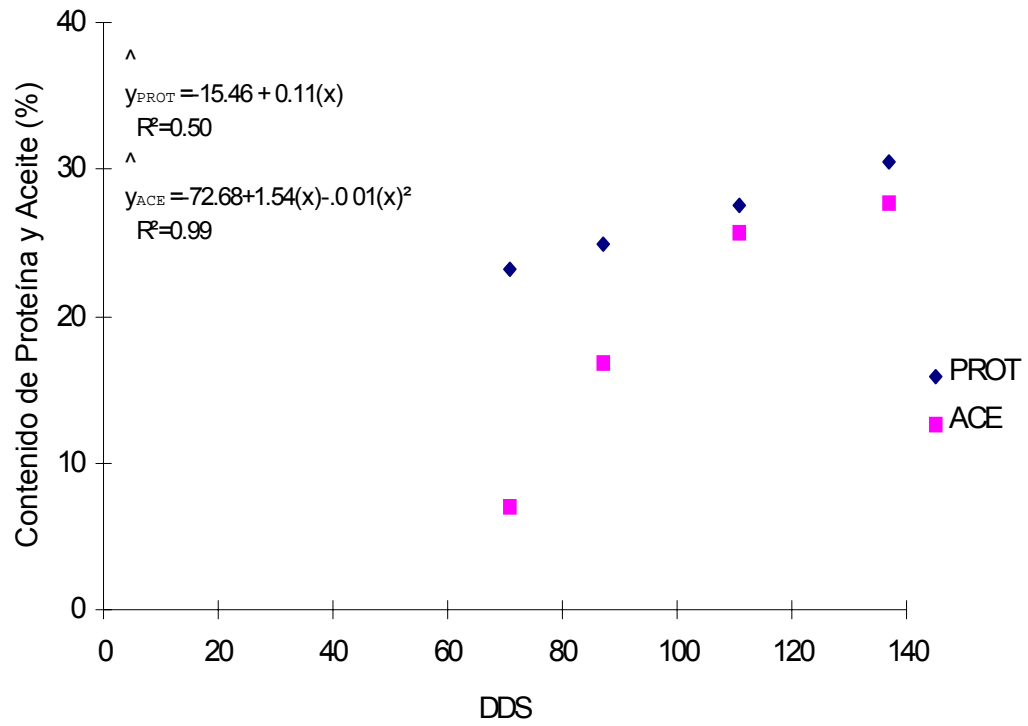


Figura 4.11 Evolución del Contenido de Aceite y Proteína (%) de

Grano en función del tiempo de valores ajustados de la variedad de Girasol SANE 1278.

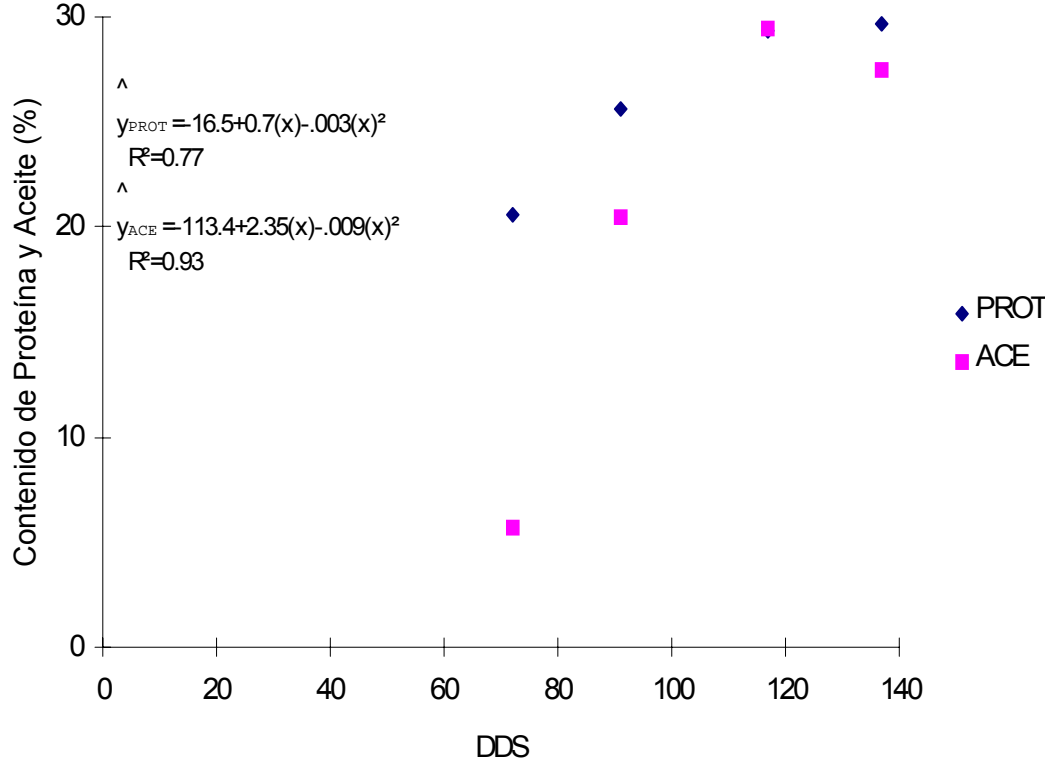


Figura 4.12 Evolución del Contenido de Aceite y Proteína (%) de Grano en función del tiempo de valores ajustados de la variedad de Girasol CIANOC-2.

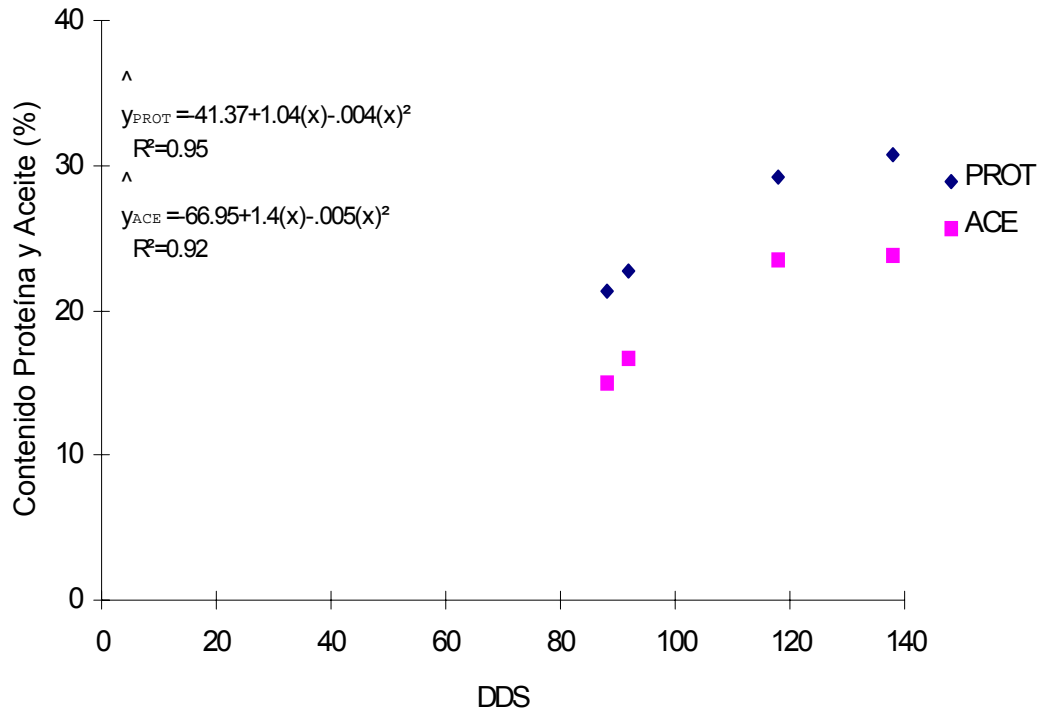
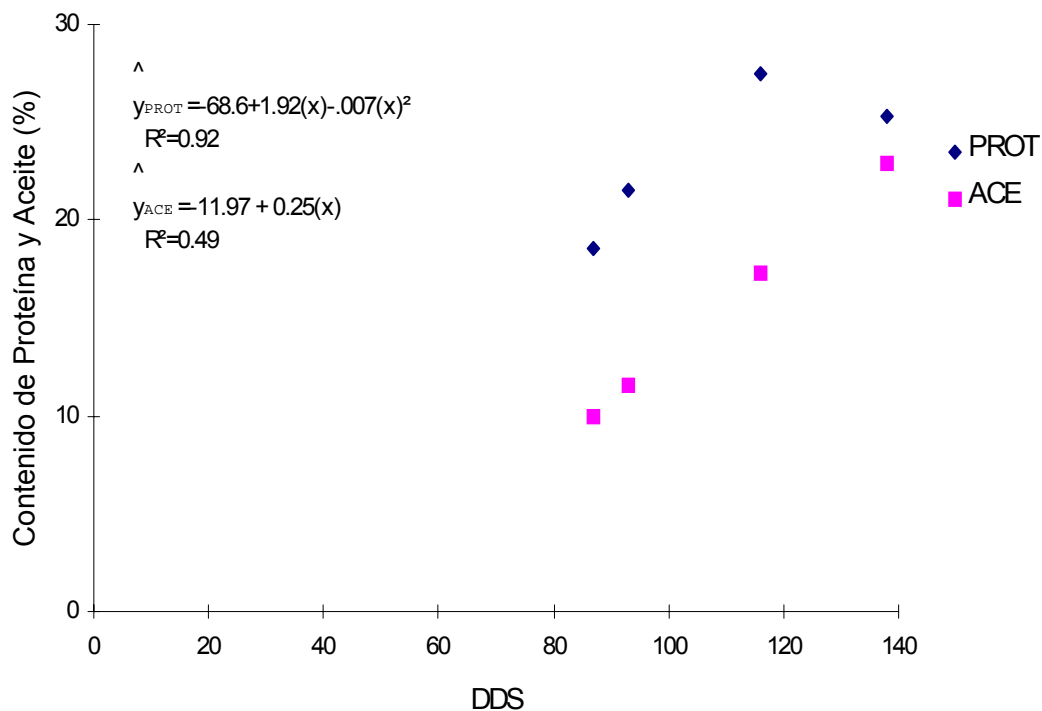


Figura 4.13 Evolución del Contenido de aceite y Proteína (%) de Grano en función del tiempo de valores ajustados de la variedad de Girasol GORDIS.



En la etapa de MF se observa que todos los genotipos acumulan los mas altos contenidos de aceite y proteína.

Estos resultados en la última etapa (Cosecha) confirman la correlación negativa entre contenido de proteína y contenido de aceite ($r = -0.53$).

Cuadro 4.7 Valores observados y estimados en función del tiempo de contenido de proteína de cinco variedades de girasol en 4 estadios de desarrollo.

SAN-3C

X	Y	Y ESTIMADA
90	17.54	17.50
101	20.24	20.30
126	25.10	25.04
1.39	26.58	26.60

SANE 23578

X	Y	Y ESTIMADA
71	25.34	23.23
87	20.79	24.98
111	30.32	27.60
137	29.83	30.45

..... Continuación Cuadro 4.7.

SANE 1278

X	Y	Y ESTIMADA
72	21.68	20.52
91	22.98	25.64
117	31.95	29.36
137	28.69	29.70

CIANOC-2

X	Y	Y ESTIMADA
88	22.33	21.25
92	21.37	22.71
118	29.66	29.24
138	30.66	30.79

GORDIS

X	Y	Y ESTIMADA
87	4.46	10.01
93	19.51	11.52
116	13.88	17.34
138	28.93	22.90

Cuadro 4.8 Valores observados y estimados en función del tiempo de contenido de aceite de cinco variedades de girasol en 4 estadios de desarrollo.

SAN-3C

X	Y	Y ESTIMADA
90	5.75	8.33
101	25.94	21.14
126	29.25	33.53

139	32.88	30.80
-----	-------	-------

SANE 23578

X	Y	Y ESTIMADA
71	6.98	7.04
87	16.93	16.78
111	25.61	25.72
137	27.75	27.71

SANE 1278

X	Y	Y ESTIMADA
72	4.43	5.74
91	23.75	20.52
117	26.32	29.45
137	28.68	27.45

..... Continuación Cuadro 4.8

CIANOC-2

X	Y	Y ESTIMADA
88	13.58	14.94
92	18.36	16.65
118	23.01	23.53

138	23.98	23.80
-----	-------	-------

GORDIS

X	Y	Y ESTIMADA
87	19.66	18.59
93	20.01	21.53
116	28.13	27.48
138	25.09	25.27

V C O N C L U S I O N E S

- Existe una correlación positiva entre las variables contenido de nitrógeno, contenido de proteína y porcentaje de aceite a través de los estadíos FF e IMF. En el estadio MF no se encontró correlación para contenido de nitrógeno y contenido de proteína con contenido de aceite. En

Cosecha se presentó una correlación negativa, lo que indica una relación negativa entre contenido de aceite y contenido de proteína.

- El resto de las variables altura de planta, diámetro de capítulo, diámetro de tallo, número de hojas y rendimiento de grano presentan una correlación negativa con el contenido de proteína y contenido de nitrógeno.

- Los valores mas altos de correlación negativos se detectaron en la etapa de IMF entre proteína y diámetro de tallo y en la etapa de MF hubo una correlación negativa y altamente significativa entre contenido de proteína con altura de planta y con número de hojas.

- Conforme avanza el desarrollo de la planta, en los estadíos de IMF y MF, la competencia es mayor entre la estructura de la planta y el contenido de proteína.

- Al aumentar el diámetro de capítulo se incrementa el rendimiento de grano y el contenido de aceite según lo prueban las correlaciones positivas entre porcentaje de aceite con rendimiento de grano en los cuatro estadíos y considerando además de que en cosecha el contenido de aceite se correlaciona positivamente con diámetro de capítulo.

- En el estadío Fin de floración el contenido de proteína es superior que el contenido de aceite en todos los genotipos.

- En el estadio Inicio de madurez fisiológica se presentó la misma tendencia que en FF, excepto para la variedad SAN-3C.

- En MF los genotipos SAN-3C, SANE 23578 y SANE 1278 presentan mayor contenido de aceite que el contenido de proteína.

- En Cosecha solo la variedad SAN-3C presentó contenido de aceite superior al contenido de proteína.

- En MF los genotipos acumulan los más altos contenidos de aceite y proteína.

- A medida que el grano se desarrolla, la competencia entre contenido de aceite y contenido de proteína se incrementa mayormente.

- La Proteogénesis y Lipidogénesis está en función del Genotipo principalmente para esta investigación.

- Los resultados del presente estudio permiten efectuar una selección en función de lo que se desea obtener como producto final y por otra parte se puede incrementar la producción del cultivo al aplicar en estadios específicos las prácticas culturales convenientes.

VI R E S U M E N

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es uno de los cultivos que en los últimos años se ha colocado en los primeros lugares de importancia en las plantas oleaginosas, debido a la excelente calidad del aceite que se extrae de su semilla y la demanda que se tiene de este en la alimentación humana.

México es de 85% de semillas oleaginosas. El conocimiento y comprensión de los procesos fisiológicos y bioquímicos que contribuyen a la formación del contenido de aceite, contenido de proteína y rendimiento de grano son indispensables para incrementar la producción. El presente trabajo de investigación se realizó en el campo agrícola experimental de la UAAAN Unidad Saltillo, ubicado en Buenavista, Municipio de Saltillo, Coahuila. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1. Estudiar las correlaciones de contenido de aceite y contenido de proteína y su relación con las variables morfológicas y de rendimiento de grano de cinco variedades de girasol en cuatro estadios de desarrollo de grano; 2. Estudiar el comportamiento del contenido de aceite y contenido de proteína de cada uno de los Genotipos de Girasol durante su desarrollo de grano

Se sembraron un total de cinco génotipos de girasol: SAN-3C, SANE 23578, SANE 1278, CIANOC-2, y GORDIS. El experimento se llevó a cabo durante los meses de Mayo a Septiembre de 1998. La siembra se efectuó

bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos (genotipos) y cuatro repeticiones por tratamiento. La fertilización se realizó manualmente por surco utilizando sulfato de amonio (20.5) y pentóxido de fósforo (18.5), aplicándose una dosis de 120-80-00 (N-P-K). Se aplicaron cinco riegos el primero de presembrado, el segundo a los 13 días después de la siembra (DDS) en la fase vegetativa, el tercero a los 28 DDS (Estadio estrella), el cuarto a los 48 DDS (Botón floral) y el quinto a los 70 DDS (Inicio de floración), esto para evitar condiciones de estrés hídrico en el suelo. Se consideraron 11 variables en el estudio como lo son área foliar, materia seca, altura de planta, número de hojas, diámetro de capítulo, diámetro de tallo, rendimiento de grano, contenido de proteína, contenido de aceite, contenido de nitrógeno. Además se monitoreó la fenología y se calculó las unidades calor acumuladas.

Los resultados muestran que el contenido de nitrógeno y el contenido de proteína presentaron una correlación positiva y altamente significativa en los cuatro estadios observándose que hubo un incremento en el valor de la correlación del primer estadio (FF) a los dos siguientes (IMF y MF). El contenido de aceite con el contenido de proteína presenta correlaciones positivas en los estadios FF e IMF, en MF y Cosecha estas correlaciones son negativas ($r = -0.53$ en cosecha). En el estadio de cosecha la correlación presenta una relación negativa entre estas dos variables. La altura de planta con el contenido de proteína presenta correlaciones negativas en FF e IMF, en MF la correlación es negativa y altamente significativa ($r = 0.95^{**}$) lo que

nos indica que a mayor altura de planta es menor el contenido de proteína. La correlación altura de planta con el contenido de aceite en los estadíos IMF, MF y Cosecha reporta valores positivos lo que muestra una tendencia de que a mayor altura de planta el contenido de aceite es mayor.

Las correlaciones entre el diámetro de tallo con el contenido de proteína en los estadíos FF, MF y Cosecha son negativos y NS pero en IMF la correlación fue negativa y altamente significativa ($r = -0.99^{**}$) lo que nos indica que a mayor diámetro de tallo el contenido de proteína es menor. Las correlaciones entre el diámetro de tallo y aceite en los estadíos IMF y MF presentan una tendencia negativa excepto en la cosecha en donde se presentará una correlación positiva ($r = 0.45$).

La evolución del contenido de proteína y aceite en función del tiempo no muestra que en FF el contenido de proteína es superior al contenido de aceite en todos los genotipos.

En IMF se mantuvo la misma tendencia excepto para la varedad SAN-3C y en el contenido MF se observa un cambio de tendencia en los genotipos. En esta etapa los genotipos acumulan los mas altos contenidos de aceite y proteína

VII BIBLIOGRAFIA

- Alba, O. A. 1990. El Girasol en México. Ediciones Mundiprensa. Madrid.
- Angelini L. G., Bellone, P., and Leccarini, I. 1992. Effects of chilling stress on leaf photosynthesis of sunflower. In Proceeding of the 13th International Sunflower Conference . Pisa, Italy. 7-11 September. p 80-86.
- Arnaud, F. 1986. Tournesol, Plante Selection. Creation CETIOM. París, Francia.
- Asawa, B. M. 1997. Selection Indices in Sunflower for Yield and Oil. Indian J. Agric Sci 147:505-507.
- Blamey, F.P.C. and Chapman, J. 1981. Protein, Oil, and Energy Yields of Sunflower as Affected by N and P Fertilization. Agronomy Journal 73:583-586.
- Beard, B. M. and S. Geng. 1982. Interrelations of Area Development and Economic Characters of Sunflower. Crop Science. 22:817-822.
- C.E.T.I.O.M. INRA. 1986. L'Analyse Des Graines Oleagineuses. Ed. CETIOM. París, Francia
- Chaudary, S.K. 1985. Influence of Various Characters on Yield of Sunflower. Journal of Oil Seeds Research. 2(1):75-78.
- Connor, D.J. 1992. Yield Physiology of Short-Statured Sunflower. In Proceeding of the 13th International Sunflower Conference. Pisa Italy. 7-11 September. p 80-86.
- D'Andria, R. et al. 1995. Yield and Soil Water Uptake of Sunflower Sown in Spring and summer. Agronomy Journal. Vol. 87. Pp.1122-1128.
- Duffus, C. Y C. Shaugter. 1980. Seeds and their Uses. Ed. John Willey and Sons. Chichester, England. 1a. Ed. Pp 154.

Espinoza Z. C. 1981. Selección Masal Estratificada para el Contenido de Aceite en Girasol. Tesis M.C. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Evrar J., Baudet, J.J. and Burghart P. 1986. Tournesol. Conditionnement-transformation des produits. CETIOM. París, Francia.

Ferri, O., De Giorgio O., Maiorama, Rizzo. 1992. Analysis of relationships Between Biometric and Productive Parameters and Chemical composition Sunflower Achenes using the Path Coefficients Method. Field Crop Abstracts. Vol. 45 No. 5.

Fick, G.N; D. E. Zimmer, D. C. Zimmermman. 1975. Correlation of Seed Oil Content in Sunflower with other Plant and Seed Characteristic. Crop. Sci. 14:775-757.

Fick, G.N. 1978. Breeding and Genetic. in Sunflower Science and Technology. The American Society of. Agronomy. Pp 729-738. USA.

Gallegos, B.C.C. 1979. El Cultivo de Girasol en México. Gacela Agrícola. Año 22, No. 637.

González, P.M.R. 1969. Comparación de Rendimiento y Porciento de 20 Variedades de Girasol (*Helianthus annuus* L.) en Apodaca, N.L. Tesis Profesional ITESM.

Goyne P. J., and Hammer G. L. 1982. Phenology of Sunflowers Cultavars. II controlled Envioments Studies of temperature and Photoperiod Effects. Australian Journal Agric. Res. 33:251-261.

Goyne, P.J., and A.A. Schneiter. 1987. Photoperiod Influence on Development in Sunflower Genotypes. Agronomy Journal. 79:704.

Goyne, P.J., Schneiter, A.A., Cleary, K.C., Creelman, R.A. Stegmeier, W.D. and Wooding F.J. 1989. Sunflower Genotype Response to Photoperiod and Temperature in field Environments. Agronomy Journal. 81.826-831.

Hernández, C.A., y A.C. Carballo. 1984. Respuesta del Rendimiento y la Calidad de Semilla de Girasol al Fertilizante y la Densidad de Población. *Agrociencia*. 64,323-331.

Jaafar M.N., L.L. Stone and D.E. Goodrum. 1993. Rooting depth and dry matter development of sunflower. *Agronomy Journal* . 85:281-286.

Johnson, B.J. and D.M. Jellum. 1972. Effect of Planting Date on Sunflower Yield, Oil, and Plant Characteristics. *Agronomy Journal Plant. Science*, 73:737-742.

Leon, A.J., Lee, M., Rufener, G.K., Berry, S.T. and Mowers, R.P. 1995. Use of RFLP Markers for Genetic Linkage Analysis of Oil Percentage in Sunflower Seed. *Crop Sci*. 35:558-559.

Levitt, J. 1972. Response of plants to environmental stresses. 1:3-445. Academic Press, London.

Martínez, B.A. 1987. Photosynthèse et production de quelques espèces cultivées. Influence de Différentes Conditions Culturelles. Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier de Toulouse. Toulouse, Francia.

Merrien, A. 1986. Cahier Technique Tournesol:Physiologie. Ed. CETIOM, 1-47.

Merrien, A., A. Quinsac y L. Maisonneuve. 1988. Variabilité de la Teneur en Protéines des Graines de Tournesol en Relation Avec L'état Protéique Foliaire. Proc. 12th Inter. Sunf. Conf. Novi-Sad. Yugoslavia. I pp.158-159.

Miller, J.F., D.C. Zimmerman, and B.A., Vick. 1987. Genetic Control of High Oleic Acid Content in Sunflower Oil. *Crop Science*, 27:923-926.

Montese Anita, Medan Diego.1998. Base Estructural y Dinámica de la Acumulación de Lípidos en Girasoles (*Helianthus annuus* L.) con Granos de Diferentes Rendimientos. Dpto. de Ecología. Facultad de Agronomía.

Moss, D. N. and Musgrave B. R. 1971. Photosynthesis and Crop Production. Adv. Agrono. 23317-336.

Neyra, C.A. 1985. Biochemical Bases of Plant Breeding. Vol.i: Carbon Metabolism. CecPress Inc. Boca Raton, Florida, p.169.

Ortegon, M.A.S., Escobedo M.A. et al. El Girasol. Editorial Trillas. Primera Ediccion ., México 1993 p. 45.

Pawlowski, H.S. 1964. Seed genotype and oil percentage relationship between seeds on a sunflower. Can. J. Genet. Cytol. 6:293-297.

Putt, E.D., Craing, B.M. y Carson, R.B. 1969. Variation in Composition on Sunflower Oil from Compositae and Single Seeds of Varieties and Inbred Lines. Journal of the American Oil Chemists' Society. 46:126.

Ranthy, B. and Cavalie, G. 1982. Purification and Properthies of Rubisco from Sunflower. Plant, 155:388-391.

Robinson, R.G. (1970).Elemental Composition and Response to Nitrogen of Sunflower an Corn. Agronomy Journal, 65:318-320. 1973^a.

Robles, S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Primera impresión. Ed. Limusa. México. Pags. 434-437.

Sánchez, P.A., Kirchner, S.F.R., Paulín,T.N. Usami, O.C.R., López, G.E. 1988. El girasol. En manuales para educación agropecuaria. Cultivos oleaginosos. Sexta reimpresión. Editorial Trillas. México. Pags. 41-42.

Sandras, V.D., and Villalobos, F.J. 1992. A non-Destructive Method to Determine Floral Initiation in Sunflower. In Proceeding of the 13th International Sunflower Conference. Pisa Italy. 7-11 September. P.635-639.

Saumell, H. 1976. El Girasol. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina. P-130.

Seiler Gerald J. 1985. Evaluation of Seeds of Sunflower Species for Several Chemical and Morphological Characteristics. *Crop Sci* 25:183.

Sheriff, N.M., Appaudari, R., Rangasamy, M. 1986. Parent off Spring Relationship in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Pantnagar Journal of Research. 2:147-149.

Tocagni, H. 1980. El Girasol. Ed. Albatros Buenos Aires Argentina.

Thompson, T.E., G.N., Fick and J.P., Cedeno. 1977. Maternal Control of Seed Oil Percentage in Sunflower. *Crop. Science*. 19:617-619.

Unger, P.W. 1980. Planting Date Effects on Growth, Yield, and Oil of Irrigated Sunflower. *Agronomy Journal*, 72:914-916.

Unger, P.W. 1986. Growth and Development of Irrigated Sunflower in the Texas High Plains. *Agronomy Journal*. 78:507-515.

Valencia, S.F.R. 1992. Caracterización de 20 Genotipos de Girasol (*Helianthus annuus* L.) por su Rendimiento, Contenido y Calidad de Aceite, Bajo Tres Condiciones Ambientales. *Revista Chapingo*. UACH, Chapingo, México. pp.44-47.

A P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable Altura de Planta en el estadio Inicio de Floración para Girasol.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	0.6745	0.1686	7.0241	* 0.004
Repeticiones	3	0.0437	0.0145	0.6078	NS 0.626
Error	12	0.2881	0.0240		
Total	19	1.0064			

C.V. 16.40%

- * Significativo al 0.05
- ** Altamente significativo al 0.01
- N.S. No significativo

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	1.2800
2	0.9350
3	0.7850
4	0.7700
5	0.9550

Tabla de Medias (Prueba DMS)

Tratamiento	Medias
1	1.2800 A
2	0.9550 B
3	0.9350 B
4	0.7850 B
5	0.7700 B

Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable Número de hojas en el estadio Inicio de Floración para

para las variedades de Girasol.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	67.9541	16.9885	2.8885	* 0.069
Repeticiones	3	10.4638	3.4879	3.4879	NS 0.634
Error	12	70.5771	5.8814	5.8814	
Total	19	148.9951			

C.V. 10.19%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	26.6024
2	23.7799
3	21.6399
4	22.0324
5	24.9599

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable Diámetro de Botón floral en el estadio Inicio de Floración para las variedades de Girasol.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	3.6229	0.9132	2.8000	* 0.074
Repeticiones	3	1.0083	0.3361	1.0305	NS 0.415
Error	12	3.9139	0.3261		
Total	19	8.5753			

C.V. 16.75%

- * Significativo al 0.05
- ** Altamente significativo al 0.01
- N.S. No significativo

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	30650
2	4.1725
3	3.5500
4	2.9925
5	3.2725

Cuadro 4. Análisis de varianza para el Rendimiento de Grano (kg/ha) en Cosecha de las variedades de Girasol.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	10.3079	2.5769	23.3490	** 0.000
Repeticiones	3	1.0589	0.3529	3.1981	NS 0.062
Error	12	1.3244	0.1103		
Total	19	12.6913			

C.V. 14.24%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	2.0000
2	2.5840
3	2.5830
4	1.1700
5	3.3270

Cuadro 5. Análisis de varianza de Contenido de Aceite (%) de las variedades de Girasol en el estadio de Madurez Fisiológica.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	477.177	119.2944	17.2247	** 0.001
Repeticiones	2	25.4150	12.7075	1.8348	NS 0.220
Error	8	55.4062	6.9257		
Total	14	557.9990			

C.V. 10.61%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	29.2533
2	25.6066
3	26.3200
4	28.9166
5	13.8766

Cuadro 6. Análisis de varianza para el Contenido de Aceite (%) de las variedades de Girasol en Cosecha.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	130.2343	32.5585	1.0928	NS 0.423
Repeticiones	2	1.1582	0.5791	0.0194	NS 0.982
Error	8	238.3544	29.7943		
Total	14	369.7470			

C.V. 19.36%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	32.8800
2	26.4933
3	28.6766
4	23.9766
5	28.9299

Cuadro 7. Análisis de varianza para el Contenido de Proteína (%) de las variedades de Girasol en el estadio de Madurez Fisiológica.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	86.4521	21.6130	14.2567	** 0.001
Repeticiones	2	49.9931	24.9965	16.4886	** 0.002
Error	8	12.1279	1.5159		
Total	14	148.5732			

C.V. 4.34%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	24.2800
2	29.5100
3	31.4733
4	29.1133
5	27.5900

Tabla de Medias (prueba de DMS)

Tratamiento	Medias
1	31.4733 A
2	29.5100 AB
3	29.1133 AB
4	27.5900 BC
5	24.2800 C

Cuadro 8. Análisis de varianza para el Contenido de Proteína (%) de las variedades de Girasol en Cosecha.

FV	gL	SC	CM	F	P > F
Tratamientos	4	63.6328	15.9082	0.7835	NS 0.568
Repeticiones	2	26.8994	13.4497	0.6624	NS 0.545
Error	8	162.4365	20.3045		
Total	14	252.9687			

C.V. 15.99%

- *** Significativo al 0.05**
- **** Altamente significativo al 0.01**
- **N.S. No significativo**

Tabla de Medias

Tratamiento	Medias
1	26.5800
2	29.8333
3	28.6900
4	30.6599
5	25.0966

