

3. MANEJO Y FISIOLOGIA DEL GIRASOL *

Orlando Agudelo D. **

3.1 INTRODUCCION

La especie Helianthus annuus L. presenta una amplia variabilidad genética la cual se manifiesta en grandes diferencias fisiológicas y morfológicas entre genotipos y en adaptación a una gran variedad de condiciones ambientales.

No obstante las diferencias en comportamiento entre genotipos, la especie tiene un patrón de crecimiento y desarrollo y de requerimientos mínimos de suelos, fertilización, agua y luminosidad que repercuten en la producción, y que deben proveerse mediante prácticas de manejo acordes a las características de los genotipos y de la naturaleza de los diferentes ambientes.

En este artículo se presentan recomendaciones de manejo basadas en la morfología y la fisiología del girasol derivadas de experiencias propias y de otros países.

* Contribución del Grupo Multidisciplinario de Oleaginosas Anuales. ICA, Palmira, Apartado Aéreo 233.

** I.A., M.Sc. Sección de Oleaginosas

3.2 DESCRIPCION DE LA PLANTA

3.2.1 Desarrollo de la Raíz

Aunque la raíz pivotante del girasol tiene la capacidad de alcanzar grandes profundidades, el grado de penetración depende de la textura y estructura del suelo, sobrepasando los tres metros en los suelos arenosos y reduciéndose a medida que la proporción de partículas finas es mayor o ante la presencia de capas endurecidas. Entre los 20 y 40 cm de profundidad se desarrolla una red de raicillas cuya densidad depende de la humedad y la fertilidad del suelo; algunas raíces secundarias pueden alcanzar longitud de 150 cm. La profundidad del sistema radicular capacita a la planta de girasol para utilizar agua y elementos nutritivos de un volumen amplio de suelo. Esta característica le permite al girasol tolerar deficiencia de humedad, pero hace necesario que los fertilizantes sean incorporados a una mayor profundidad que la comúnmente utilizada en especies de cultivos con sistema radicular más superficial.

En suelos franco arcillosos del Valle del Cauca se ha encontrado que las raíces sobrepasan el metro de profundidad. Estudios de crecimiento efectuados con el híbrido D 730 mostraron que el peso de raíces aumenta hasta poco antes de la madurez alcanzando un peso de materia seca de 25.9 g. por planta.

3.2.2 Desarrollo del Tallo

El tallo de los genotipos cultivados es pubescente, cilíndrico, en general, no ramificado; dependiendo del genotipo, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y el grado de competencia; la longitud del tallo varía entre 1 y 3 m y el diámetro del mismo entre 1 y 9 cm; el color varía entre verde y morado.

Durante la maduración la porción del último entrenudo cercana al capítulo

se curva en diferentes grados dependiendo del material (Figura 1). De los híbridos evaluados en el país, el DO 855 presenta curvatura de 135° mientras que la de DO 664 y DO 730 es de 180°. En algunas localidades el híbrido SF 100 presenta semilla quemada por quedar expuestas al sol debido a que las curvaturas del extremo del tallo son inferiores a 135°, cuando el último entrenudo es demasiado largo o es débil la curvatura es superior a 180° y en esta posición del capítulo se dificulta la cosecha mecánica. Una curvatura apropiada es la que protege a los frutos de la acción directa del sol, del ataque de insectos plaga y aves que al mismo tiempo facilitan la cosecha directa.

3.2.3 Desarrollo Foliar

Poco después de germinar la semilla, el hipocotilo se alarga rápidamente elevando los cotiledones y exhibiendo las primeras hojas. Inicialmente las hojas se presentan opuestas pero en estados avanzados se arreglan en un espiral de hojas alternas. Los peciolo de las hojas inferiores son cortos, los del tercio medio tienen longitud de 15 o más cm; los peciolo vuelvan a acortarse hacia el tercio superior.

El número máximo de hojas se determina al diferenciarse la inflorescencia (R1 en Tabla 1). Los híbridos de mayor estatura forman un mayor número de hojas por presentar más nudos. El número de hojas de los materiales evaluados varió entre 18 y 42.

Las hojas inferiores se van secando a medida que progresa el desarrollo; inicialmente la pérdida de área foliar es más lenta que el aumento del área foliar asociado con la emisión y expansión de las hojas nuevas, por esta razón el índice de área foliar (IAF) aumenta hasta el comienzo de la apertura de la inflorescencia (R4).

El híbrido DO 730 presentó el máximo IAF a los 50 días de la emergencia. Otros híbridos como el DO 855 tiene hojas más persistentes y por lo tanto una mayor duración del área foliar la cual, por lo general, está

FASE VEGETATIVA

Se determina por el número de hojas verdaderas (no brácteas) con longitud mayor a 4 cm.

VE Emergencia.- Los cotiledones han emergido del suelo; primera hoja verdadera menor de 4 cm.

V1 Primera hoja verdadera de 4 cm de longitud

V(n) N Hojas con un mínimo de 4 cm de longitud

FASE REPRODUCTIVA

Esta fase comprende la etapa reproductiva propiamente dicha y la etapa de maduración. Se describe por la longitud del último entrenudo y la apariencia de las diferentes partes de la inflorescencia.

R1 Aunque la fase reproductiva comienza con la diferenciación de la yema terminal, para propósitos prácticos se considera que esta fase se inicia cuando la inflorescencia es visible.

R2 Longitud del último entrenudo entre 0.5 y 2.0 cm.

R3 Longitud del último entrenudo superior a 2.0 cm.

R4 Comienzo de la apertura del capítulo; pétalos de las flores estériles visibles.

R5 El capítulo alcanza su desarrollo máximo, todas las flores del disco son visibles, pétalos completamente extendidos, comienzo de la antesis.

R6 Pétalos de las flores exteriores marchitos, fin de la antesis.

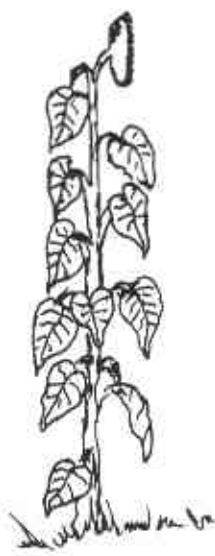
Continuación Tabla 1

-
- R7 Después de la fecundación se inicia la etapa de maduración evidenciado por el inicio del amarillamiento de las brácteas del receptáculo de la inflorescencia.
- R8 Receptáculo amarillo con algunas brácteas verdes
- R9 Madurez fisiológica; Receptáculo de color amarillo a café.
-

* Para describir la comunidad se debe considerar el promedio de los estados de las plantas individuales.



0°



90°



135°



180°



180°



225°

FIGURA 1. Angulos formados por el tallo en maduración (IBPGR, 1985)

asociada con mayores rendimientos. La duración de las cinco hojas superiores es especialmente importante en términos de rendimiento por ser las que más aportan material fotosintético para el llenado del grano.

La persistencia de hojas verdes después que se alcanza la madurez fisiológica del grano no es deseable porque estas hojas retardan y dificultan la cosecha y hacen necesario recurrir al uso de desecantes para acelerar el secado.

Las hojas del girasol por ser de tamaño grande y orientadas horizontalmente permiten poco paso de radiación hacia el suelo limitando así el crecimiento de las malezas.

Para describir el estado de desarrollo de la planta durante la fase vegetativa se utiliza una nomenclatura que empieza en VE cuando emergen el arco del hipocotilo y los cotiledones y progresa hacia VN en que N indica el número de hojas verdaderas con longitud superior a 4 cm (Figura 2 y Tabla 1).

3.2.4 Desarrollo de la Inflorescencia

El girasol es una especie de crecimiento determinado con una inflorescencia terminal denominada capítulo o cabezuela originada de la diferenciación de la yema terminal. En esta cabezuela se forman los frutos a partir de flores fértiles fecundadas.

La diferenciación de la yema terminal señala el final de la fase vegetativa y el comienzo de la etapa reproductiva. La diferenciación no es estrictamente controlada por la duración relativa de los períodos de luz y oscuridad por lo cual, el girasol se considera insensible al fotoperíodo. La iniciación y desarrollo de la inflorescencia se retarda en climas fríos. Durante la fase reproductiva se determina el rendimiento potencial de las plantas, por esta razón



Figura 2-ALGUNOS ESTADOS VEGETATIVOS Y DE CRECIMIENTO DE HIBRIDOS DE GIRASOL PALMIRA. 1985

si se presentan condiciones adversas durante esta etapa, como baja intensidad de luz, deficiencias de elementos nutritivos y de agua, los rendimientos son bajos porque se reduce el número de flores fértiles en el capítulo.

La cabezuela está formada por un receptáculo sobre el cual se forman flores de dos tipos: bisexuales hacia el centro, conformando un disco, y masculinas en la periferia (Figura 3). El número de flores que componen el disco es variable entre genotipos fluctuando entre 700 y 3000. En los híbridos evaluados se han registrado variaciones entre 8 y 45 cm en el diámetro del disco. Los híbridos DO 730 y DO 644 forman discos con más de 30 cm de diámetro, mientras que en el DO 855 y el DO 705 el diámetro del disco varía entre 15 y 25 cm. El tamaño del disco es influenciado también por la fertilidad del suelo y por la magnitud de la competencia con otras plantas.

La apariencia del capítulo varía entre genotipos de acuerdo con la forma del receptáculo (Figura 4). Con las formas convexas se propicia la pudrición del capítulo por lo cual son más recomendables los capítulos con apariencia cóncava o plana.

Al ocurrir la apertura del capítulo y las flores, el pedúnculo de la inflorescencia adquiere sensibilidad fototrópica orientando el capítulo de acuerdo con la dirección del sol; este movimiento de orientación cesa cuando emergen las flores masculinas del borde, quedando el capítulo orientado en dirección de la salida del sol. Una vez finalizada la fecundación, el último entrenudo se arquea dirigiendo el capítulo hacia el suelo; si ésto no ocurre se presenta quemazón y mal formación de frutos.

Debido a que en el girasol los estambres emergen antes que el pistilo y a que el polen es liberado con anterioridad a que el estigma sea receptivo, se requiere la participación de insectos, especialmente abejas, pa-

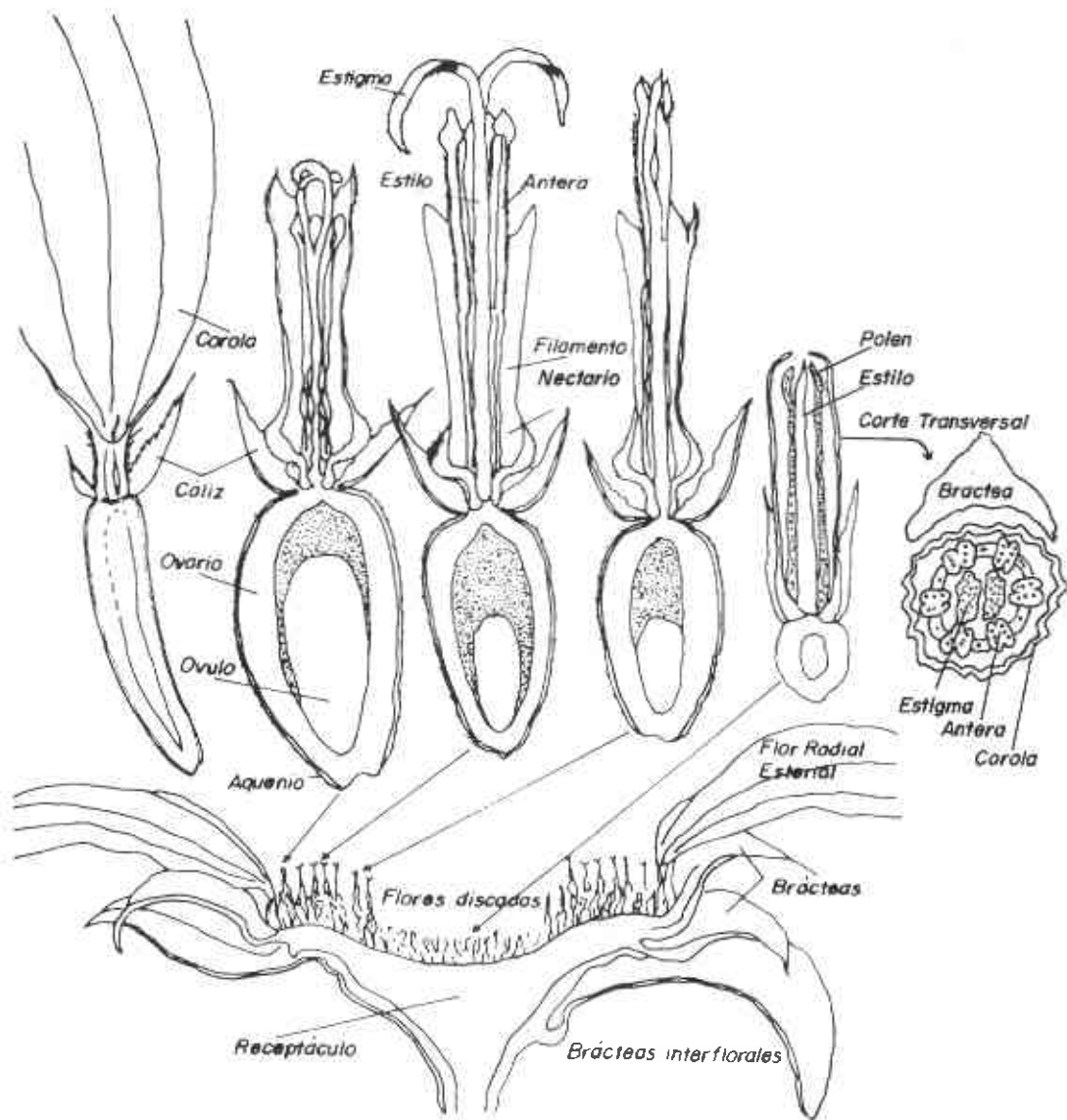


FIGURA 3. Características de la flor y sus diferentes partes (Knowles, 1978)

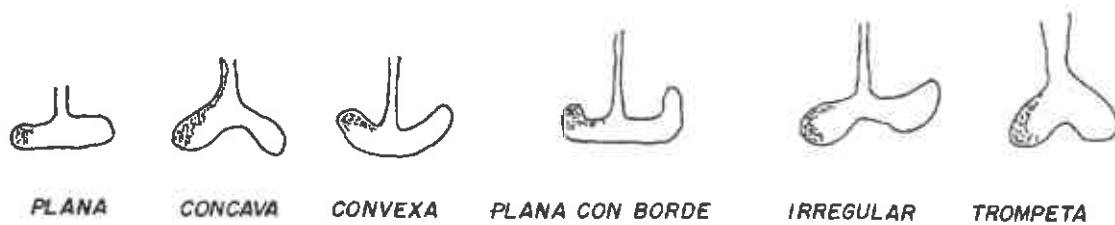


FIGURA 4. Tipos de capítulos presentados por el girasol en maduración (Knowles, 1978)

ra realizar la polinización. Una vez iniciada la polinización de las flores exteriores se requieren aproximadamente 7 días para que ocurra la polinización de las flores centrales. Mientras más largo sea este período mayor es la probabilidad de que sean polinizadas todas las flores fértiles, por esta razón factores como las temperaturas superiores a 38° que reducen la duración del período de polinización, causan pérdidas de rendimiento.

La descripción del desarrollo de la inflorescencia es la comprendida entre los estados R1 y R6 de la Tabla 1 y Figura 5.

3.2.5 Desarrollo del Fruto

El fruto del girasol es un aquenio cuyo pericarpio hace las veces de testa; debido a que la testa verdadera tiende a desintegrarse al madurar el fruto. Los aquenios del exterior del capítulo son de menor tamaño que los interiores. Condiciones adversas del ambiente dan lugar a la formación de frutos sin semilla o a aborto de frutos. (Knowles, 1978).

La semilla propiamente dicha es la porción interior del aquenio excluyendo el pericarpio y consiste en un cutícula formada por tres capas de parénquima; del endospermo que posee una capa simple de células de aleurona coalescentes con la cutícula y del embrión formados por dos cotiledones que contienen principalmente aceite, proteína y partículas de aleurona. Hacia los extremos de la semilla son notorias las cavidades de aire (Knowles, 1978, IBPGR, 1985).

La forma de aquenio varía de aplanada a globosa con tamaño notable pero de poco peso. El peso de 100 aquenios fluctúa entre 4 y 20 gramos, en general el de los aquenios de los híbridos usados para aceite varía entre 4 y 8 gramos, y el de los confiteros entre 8 y 12 gramos. La relación entre el pericarpio (cáscara) y la semilla o almendra es de



Figura 5. ALGUNOS ESTADOS REPRODUCTIVOS Y DE CRECIMIENTO DE HIBRIDOS DE GIRASOL PALMIRA. 1985

gran importancia en la producción de proteína y aceite. Con la investigación se buscan variedades e híbridos con menor porcentaje de cáscara y mayor de almendra. El color de la semilla puede ser blanco, café, negro, algunas semillas presentan estrías las cuales pueden ser de color blanco, gris o violeta. (Knowles, 1978; IBPGR, 1985).

El desarrollo del fruto se realiza entre los estados R7 y R9 de la Tabla 1 y Figura 5.

3.2.6 Acumulación de materia seca

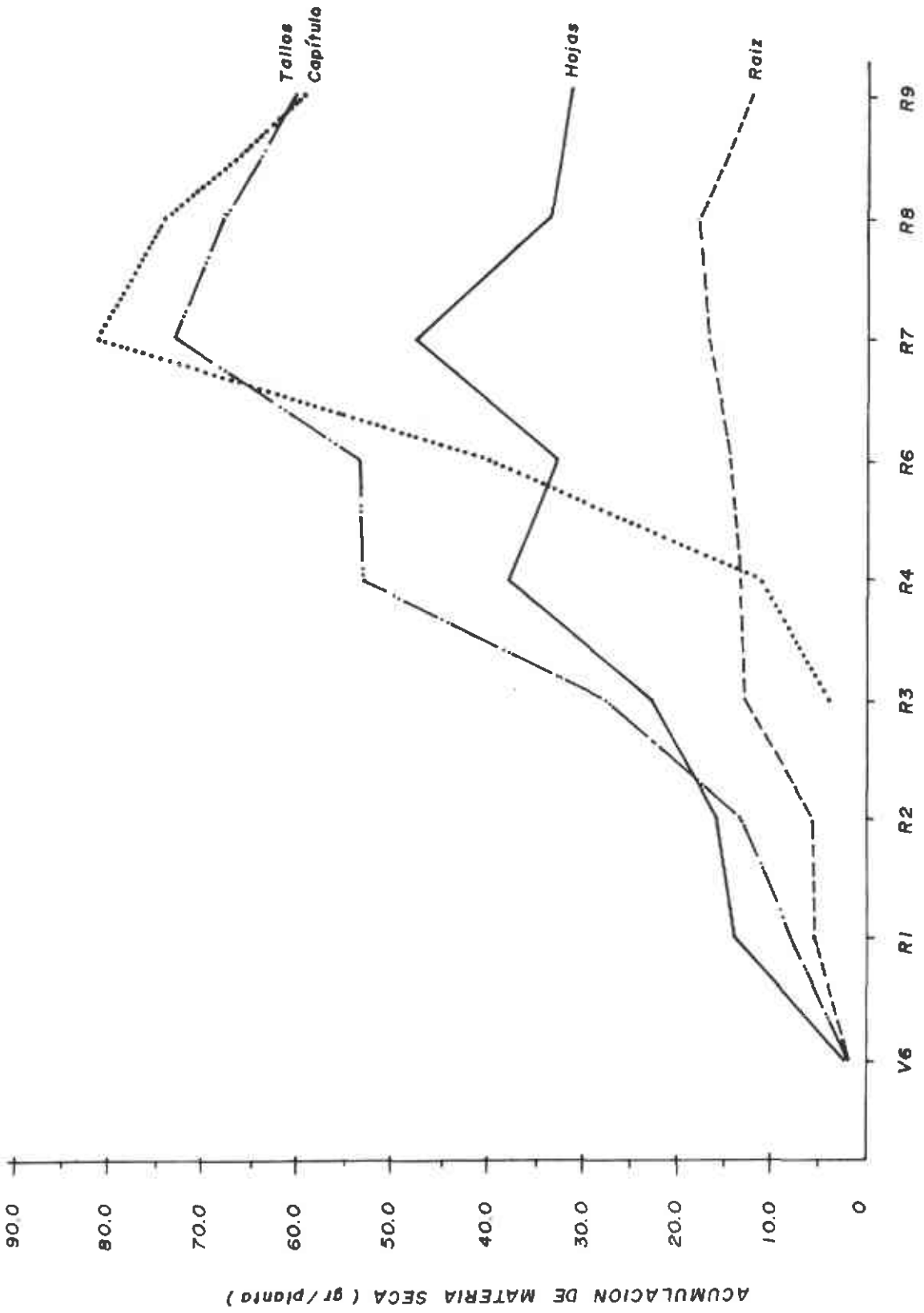
Como se puede observar en la Figura 6, en la fase vegetativa hasta el estado en que la sexta hoja alcanza 4 cm de longitud, la acumulación de materia seca total es de 2.5g por planta, correspondiendo un 8% al tallo, un 8% a la raíz y el 84% a la materia seca de las hojas.

Aunque después de iniciada la fase reproductiva no se diferencian más hojas, el crecimiento de los primordios diferenciados durante la fase vegetativa da lugar a que la materia seca aportada por las hojas aumenta en forma sostenida hasta R7 o sea el momento de iniciación de la formación de los aquenios.

El inicio del alargamiento del tallo coincide con el comienzo de la fase reproductiva. Desde R3 la materia seca acumulada en el tallo supera a la de las hojas constituyendo en R7, el 3% de la materia seca de la planta mientras que el peso seco de las hojas aporta el 21.8% y el de la raíz del 7.6%.

El crecimiento de las raíces es sostenido hasta R3 llegando a constituir en este estado el 20% del peso seco de la planta.

La acumulación de materia seca en el capítulo empieza a ser significativa a partir del momento en que su distancia al último nudo del tallo supera



ESTADOS VEGETATIVOS Y REPRODUCTIVOS

Figura 6 - Desarrollo y acumulación de materia seca del híbrido DO855 a través de vari

los 2.0 cm. En R7 la materia seca acumulada en el capítulo equivale el 37% del peso seco total de la planta.

3.3 ASPECTOS AGRONOMICOS

3.3.1 Requerimientos Edáficos

El girasol crece bien en suelos con potenciales de hidrógeno entre 5.7 y 8.0 considerándose óptimos los comprendidos entre 6.0 y 7.2 unidades. En suelos con tendencia a la acidez es necesario prestar atención al manejo del fósforo y en suelos con tendencia a la alcalinidad, a los elementos menores.

El nitrógeno es el elemento que más limita los rendimientos, pero usado en exceso tiende a causar disminución del contenido de proteína afectando su calidad adversamente, además reduce el porcentaje de aceite (Robinson, 1978).

Algunas recomendaciones de fertilización en USA indican cantidades de nitrógeno entre 45 y 70 kg/ha; fósforo de 10 a 15 kg/ha colocado muy cerca a la semilla y de potasio entre 20 y 40 kg/ha antes de la siembra. Un punto muy importante a tener en cuenta lo constituye la profundidad de colocación del fertilizante debido a la longitud de la raíz del girasol la cual puede variar entre 20 y 50 cm. En general se ha encontrado en Colombia un crecimiento adecuado del girasol en suelos de buena fertilidad y en la zona cafetera en donde existe alto contenido de materia orgánica.

3.3.2 Siembra

En Colombia la siembra debe coincidir con la época de lluvias. En el Valle del Cauca los meses de Marzo a Septiembre son los adecuados igual

que para el Tolima. Un desfase en la siembra puede traer consigo mayor ataque del coleóptero del capítulo "Ciclocephala sp.", el cual afecta la producción en caso de presentarse. En los Llanos Orientales el segundo semestre del año y en la Costa Atlántica el primer semestre, son los indicados. En esta última zona se afecta considerablemente la calidad y cantidad del aceite, debido a la temperatura.

Las sembradoras para soya o algodón son las adecuadas, requiriéndose un plato especial de 16 orificios alargados que permiten el paso correcto de la semilla sin producirle fracturas; existen sembradoras especiales para este cultivo. Una vez sembrado el girasol tarda de 4 a 6 días en emerger. La semilla presenta estados de dormancia los cuales son rotos con aplicaciones previas de Ethrel. La profundidad de siembra varía entre 3 y 6 cm. Cuando hay buena humedad y con semillas pequeñas se utiliza siembra más superficial. Generalmente las semillas grandes de girasol emergen más rápido que las pequeñas.

3.3.3 Tolerancia a la Sequía

El girasol no es completamente tolerante a sequía, pero a menudo éste muestra características de tolerancia al compararlo con otros cultivos.

Esta respuesta se basa en una excelente longitud de raíz y una red de raicillas localizadas en la parte superior del suelo, que lo hacen muy hábil en la toma de agua, aunque la translocación del agua de la raíz a las hojas, es menor que en la soya. Cortos períodos de sequía no producen bajas notorias en el rendimiento; el período crítico se estima en 20 días antes y 20 días después de la floración. Se ha encontrado que bajo altas condiciones de estrés, el girasol ha continuado su fotosíntesis. Extrema sequía en floración suspende la antesis y afecta los rendimientos. (Robinson, 1978).

Bajo extrema sequía, los tallos se tornan delgados y quebradizos por

encima de los 15 cm del suelo, reduciendo la población como un mecanismo de defensa. Las hojas bajas se secan pronto, no siendo de importancia si la antesis ha pasado; si ello no ha ocurrido, los rendimientos pueden ser reducidos grandemente. Los capítulos si están en antesis, son deformados (forma de guitarras), presentando diferentes zonas vanas especialmente la parte inferior y central del capítulo. La semilla de girasol obtenida en suelos secos ha tenido mayor porcentaje de germinación que en otros cultivos (Robinson, 1978; Rojas y Agudelo, 1986).

3.3.4 Luz y Fotosíntesis

El girasol presenta mayor desarrollo y mayores rendimientos en zona y épocas con alta intensidad lumínica, por esta razón no se recomienda su cultivo en zonas y épocas de alta nubosidad.

En general las tasas máximas de fotosíntesis se obtienen a intensidades de luz elevadas y a temperaturas entre 30 y 35 °C. Se calcula que debido al fotoperiodismo de las hojas se aumenta la fijación de b́ioxido de carbono entre 10 a 23% en comparación con hojas estáticas aunque el girasol fija el CO₂ exclusivamente por la ruta C3, presenta tasas de asimilación neta superiores a las demás especies de este grupo y similares a las especies C4, fotosintéticamente más eficientes. Tasas diarias de asimilación de 21 g de CO por metro cuadrado de área foliar son comunes en girasol.

3.3.5 Aceite y Proteína

Las variedades e híbridos de girasol tienen notables variaciones en contenido de aceite siendo éste muy afectado por la temperatura. El porcentaje varía para los tipos de aceite entre 40 y 53% y para los de confitería entre 20 y 28%. La cantidad de aceite es una característica hereditaria afectada por el ambiente, por ejemplo un exceso de 40°C.

Fertilización nitrógenada disminuye el contenido de aceite y aumenta la proteína. Las plantas tardías también presentan mayor cantidad de aceite que las plantas tempranas. La temperatura afecta considerablemente la cantidad y calidad de aceite.

Como se observa en la Tabla 2, el balance de ácidos grasos varía con las condiciones ambientales. En Palmira a mayor altitud y con menor temperatura el contenido de ácido linoleico es mayor que el de oleico; en cambio, en el Espinal y en Cereté lugares más bajos y con mayor temperatura es mayor el contenido de ácido oleico que el de ácido linoleico, obteniéndose aceite de mayor grado de insaturación en Palmira.

Los híbridos de girasol introducidos al país presentan contenidos de proteína variables entre 15 y 28%.

3.3.6 Componentes de Rendimiento

El rendimiento del girasol es el producto del número de capítulos, número de semillas por capítulo y el peso de la semilla. El primer componente es afectado por la densidad de población y los otros dos por el cultivar en si mismo, por el clima, las condiciones de suelo, la competencia y la incidencia de plagas y enfermedades que lo afectan. El girasol posee una amplia variabilidad genética que puede ser aprovechada para incrementar la producción. Híbridos triples debido a la mayor heterogeneidad genética han sido considerados más estables en varios ambientes que los híbridos simples, aunque se han encontrado algunos de éstos con excelente adaptabilidad. Los híbridos sembrados en Colombia corresponden a DO 855 (simple), DO 705 (triple), DO 730 (simple) y DO 664 (triple), este último el más rústico. Se ha demostrado que líneas sintéticas desarrolladas con pocas líneas 3 a 5, ha producido mejores rendimientos que sintéticos que involucran muchas líneas (Fick, 1978).

Los rendimientos máximos han variado entre 4.0 y 4.8 ton/ha, obtenidos

TABLA 2. CANTIDADES (%) DE ACIDOS GRASOS DEL HIBRIDO DE GIRASOL DO-855 EN TRES LOCALIDADES. 1984.

ACIDO GRASO	LOCALIDAD		
	Palmira asnm 1000	El Espinal asnm 400	Cereté asnm 13
Linoleico	56	38	33
Oleico	37	55	60
Palmitico	6	5	5
Estearico	1	2	2

Lloreda Grasas S.A. Cali

en USA experimentalmente. En Colombia se han registrado rendimientos de 3.6 ton/ha en evaluaciones de híbridos en 1984. Los rendimientos varían en diferentes ambientes debido principalmente a cambios en las propiedades del suelo y en luminosidad.

Basados en las características de fotosíntesis de la planta, el girasol podría proporcionar rendimientos comerciales de 3 a 4 ton/ha, dependiendo del genotipo utilizado, del ambiente local y del manejo del cultivo.

3.4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DELIO, W.; PUTT, E.D. 1980. Sunflower. In: "Hybridization of crop plants" Walter R. Fehr and Henry H. Hadley E. Madinson Wisconsin. USA. 631-644 pp.
2. DORREL, D.G. 1978. Processing and utilization of oilseed sunflower In: "Sunflower Science and Technology" Jack Carter Ed. Madinson. Wisconsin. USA. 407-440 pp.
3. FICK, G.N. 1978. Breeding and genetics. In: "Sunflower Science and Technology" Jack Carter. Ed. Madinson. Wisconsin. USA. 279-338 pp.
4. GADEA, L.A. 1966. El Girasol. Manual Técnico. Madrid. 140 p.
5. GOMEZ, M.; AGUDELO, O. 1986. Caracterización morfo-agronómica de tres genotipos de Girasol en una región del Valle del Cauca. Universidad de Nariño. 126 p. (Tesis).
6. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1985A. Informe de evaluación y supervisión de híbridos de Girasol de la empresa Lloreda Grasas S.A. Programa de Leguminosas de Grano Palmira. (Mimeografiado).
7. ICA. 1985B. Informe de evaluación y supervisión de híbridos de Girasol de la empresa Lloreda Grasas S.A. Programa de Leguminosas de Grano. Palmira. (Mimeografiado).
8. ICA. 1986A. Informe de evaluación y supervisión de híbridos de Girasol de la empresa Lloreda Grasas S.A. Programa de Leguminosas. Palmira. (Mimeografiado).
9. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES (IBPGR). 1985. Descriptors for cultivated and wild sunflower. Roma. 33 p.
10. KNOWLES, P.F. 1978. Morphology and anatomy of sunflower. In: "Sunflower Science and Technology" Jack F. Carter. Ed. Madinson Wisconsin. USA. 55-87 pp.

11. NATIONAL SUNFLOWER ASSOCIATION (NSA). 1985. Sunflower seed protein
In Human foods. Julie Henderson Ed. Bismarck. North Dakota.
16 p.
12. ROBINSON, R.G. 1978. Production and culture of sunflower. In: "Sun
flower Science and Technology" Jack F. Carter. Ed. Madison
Wisconsin. USA. 89-143 pp.
13. ROJAS, H.; AGUDELO, O. 1986. Tolerancia de los cultivos a la sequía
ICA Recursos de Agua y Tierra. Palmira. 24 p. (Mimeografiado).
14. SALGADO, F.M.; SALGADO, M.F.; AGUDELO, O. 1975. Observaciones
sobre híbridos y variedades de Girasol "Helianthus annuus" intro-
ducidos al país con el fin de proyectar su posible establecimien-
to. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. (Tesis).
15. SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. 1981. Description of sunflower growth
stages. Crop Sci. Vo.21. 901-903.