

5. FERTILIZACION DEL CULTIVO DE GIRASOL (Helianthus annuus L) EN EL VALLE DEL CAUCA

Gloria Ortiz R. *

5.1 INTRODUCCION

Aunque en el país se han realizado algunas investigaciones con el fin de generar recomendaciones para el manejo apropiado del cultivo de girasol, se dispone de pocos resultados que permitan dar una recomendación sobre la clase de fertilizante, dosis y época de su aplicación. Según estudios de países con amplia trayectoria en el cultivo, la respuesta del girasol a la fertilización depende de la forma y la época de aplicación de los mismos. En el Valle del Cauca se han establecido cerca de 2.000 ha/año con diferentes híbridos, y ha sido necesario ajustar las prácticas agronómicas para el manejo del cultivo de girasol en esta región.

Con relación a fertilización se ha observado que es uno de los factores más importantes en la producción. El máximo rendimiento se puede obtener cuando hay un suministro oportuno y equilibrado de todos los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

En el presente artículo se presenta una recopilación de resultados de varios trabajos sobre fertilización y nutrición que pueden servir de

* Ing.Agr.,M.Sc. Grupo Satélite Algodón. Apartado Aéreo 233, ICA, Palmira, Valle del Cauca.

guía básica en el manejo de la fertilización en este cultivo.

5.2 CONDICIONES DE DESARROLLO

5.2.1 Clima

En Colombia el girasol se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 2.800 m.s.n.m. con una amplia gama de temperaturas (12 a 28°C) y de precipitación (680 a 1600 mm/año). En las zonas altas se ha mostrado tolerante a las heladas hasta la época de la floración. Las bajas temperaturas favorecen la concentración de aceites (Agudelo y Bastidas, 1984; Dominguez, 1986).

Los valores extremos de temperaturas afectan el crecimiento vegetativo y el rendimiento; temperaturas inferiores de 6 a 8°C pueden producir alteraciones hormonales que generan plantas con varios tallos o provocar su secamiento (Dominguez, 1986).

El girasol es una planta esencialmente heliófila que requiere de una alta luminosidad, con un período mayor de 9 horas. La baja intensidad de radiación asociada con días nublados, puede retrasar la floración hasta en un mes (Lema, 1986).

5.2.2 Requerimientos Hídricos

El girasol es de los cultivos extensivos más tolerantes a la escasez de precipitación si existe humedad adecuada en la zona de raíces. Sin embargo, en el momento de la germinación, durante la floración y en la etapa de llenado de semillas requiere un buen suministro de agua (Dominguez, 1986).

El período crítico en que las deficiencias de humedad causan las mayores pérdidas de rendimiento, es el comprendido entre 20 días antes y 20 días después de la floración; sequías prolongadas durante los 20 días

siguientes a la floración reducen el rendimiento de semilla y la producción de aceite (Agudelo y Bastidas, 1984).

Del total de agua consumida por el cultivo, una quinta parte la utiliza en los primeros 40 a 50 días de crecimiento; en el período siguiente de 40 a 50 días el girasol consume la mitad del agua requerida durante todo el ciclo. Se obtienen rendimientos máximos cuando el suministro de agua es permanente, desde el comienzo de la diferenciación del capítulo hasta la madurez fisiológica de la semilla, o sea, durante el 75% del ciclo del cultivo (Dominguez, 1986, Bastidas, 1986).

5.2.3 Condiciones Apropriadas de Suelos

El girasol requiere para un buen desarrollo, suelos bien drenados, sin impedimentos físicos en el perfil que permitan el desarrollo profundo del sistema radicular. Suelos con baja fertilidad o con capas endurecidas producen sistemas radiculares restringidos que ofrecen un mal anclaje a la planta, absorción deficiente de agua y minerales y por lo tanto crecimiento limitado (Dominguez, 1986; Agudelo, 1986).

Según Valdivia y Hernández, 1972 citado por Ocampo et al, 1989, el girasol es una planta que exige suelos profundos y bien drenados; los más favorables para su cultivo son los de textura franca arenosa o arcillo-arenosa.

Crece bien a pH entre 5.7 y 8.0 siendo el óptimo de 6.0 a 7.2. En suelos ácidos se presentan problemas de germinación de la semilla, muerte y crecimiento reducido de plántulas, síntomas asociados con toxicidad de aluminio entre otros (Agudelo, 1986; Guaggio, et al 1985).

El girasol tolera más la salinidad que la soya, en un rango entre 2 a 4 mmhos/cm. Resultados de investigación han demostrado que con 12 mmhos/cm se reduce la producción de aceite en un 21% comparado cuando crece en

un suelo con 2.5 mmhos/cm; la composición de los ácidos grasos que contiene el aceite no cambia al incrementarse la salinidad (Robinson, 1978).

El girasol es una planta relativamente tolerante al alto porcentaje de Na en el suelo, hasta un 20%, lo cual ofrece una alternativa para las condiciones de suelos del Valle del Cauca (zona de Palmaseca), con éstas características. Resultados de campo han mostrado que el rendimiento de tallos y hojas (gramos de materia seca), después de los 30 días de crecimiento no fué afectado por un 24.8% de Na intercambiable, pero disminuyó drásticamente a un 45.8% de Na intercambiable (Chhabra, et al 1979).

5.3 CARACTERISTICAS DE LA PLANTA QUE INCIDEN EN LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

5.3.1 El Sistema Radicular

La raíz del girasol es pivotante y por sus características de crecimiento puede profundizar en el perfil del suelo, dependiendo de las características de éste; en suelos arenosos puede alcanzar 3 metros de profundidad lo cual le permite utilizar el agua y los elementos nutritivos disponibles en estos extractos. La tolerancia a sequía está asociada con la profundidad y extensión del sistema radicular, el cuál, además de la raíz principal pivotante está complementado por una red de raicillas en los primeros 30 a 60 centímetros, extendida horizontalmente entre unos 20 y 30 centímetros, pudiendo así extraer agua y nutrientes en un volumen amplio de suelo (Vranceanu, 1977).

5.4 CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES GRUPOS Y ORDENES DE SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

En la parte Central del Valle se han desarrollado suelos sobre antiguos

sedimentos aluviales calcáreos; estos incluyen Mollisoles y Vertisoles. A lo largo de los diques naturales de los ríos se encuentran Entisoles e Inceptisoles. Otros como los Aridisoles se encuentran en la zona de Pie de Monte y algunos Histosoles ocupan las áreas pantanosas. Sin embargo, hacia los extremos sur y norte del Valle los materiales parentales parecen haber estado bajo una acción fuerte de la ceniza volcánica por lo que se formaron algunos Inceptisoles (Arenas et al, 1980).

En el Valle del Cauca se presentan los siguientes órdenes de suelos:

1. **Entisoles (ENT):** suelos con poco o ningún desarrollo, con horizontes superficiales delgados y ausencia de desarrollo del sub-suelo. Usualmente son muy arenosos, o con pendientes muy fuertes, o suelos aluviales recientes.
2. **Vertisoles (ERT):** suelos que se expanden y contraen, alternadamente de períodos secos o húmedos, debido al alto contenido de montmorillonita (se agrietan).
3. **Inceptisoles (EPT):** suelos en estado incipiente de desarrollo, donde comienzan a diferenciarse el horizonte B del subsuelo, ligeramente más maduros que los Entisoles.
4. **Mollisoles (OLL):** suelos negros de pradera, ricos en calcio; son los suelos de mayor desarrollo genético.
5. **Alfisoles (ALF):** suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo y relativamente alto contenido de Calcio y Magnesio asimilables. Suelos maduros que han experimentado cierta lixiviación de arcilla (Arenas et al, 1980).

De acuerdo a las características físicas de los suelos, los mejores para el desarrollo de cultivos son los Mollisoles, Inceptisoles y Alfisoles.

5.4.1 Características Químicas

El análisis de 20.396 muestras de suelos procedentes de diferentes regiones del Valle del Cauca muestran las siguientes condiciones generales de fertilidad:

- **pH:** El 43.7% de las muestras presentaron un rango entre 5.6-6.5, es decir suelos ligeramente ácidos. Sin embargo, en forma general puede decirse que el Valle Central tiende a ser neutro y que la acidez aumenta a medida que asciende o aumenta la participación. Los valores promedios de suelos neutros y aún ácidos dentro del Valle Central enmascararían la presencia de suelos alcalinos (Ramirez, 1983).
- **Materia orgánica (%):** En el Valle Central y sobre todo en la zona norte empiezan a manifestarse zonas de bajo contenido de materia orgánica, con valores inferiores a 3.7%, considerado el valor promedio para la parte central.
- **Fósforo (ppm P):** Los resultados para fósforo indican que hay un alto contenido de este elemento en el Valle Central, donde todos los valores están por encima de 15 ppm, considerado el valor promedio. Para el piso térmico cálido el promedio es 38.0 ppm de P (Ramirez, 1983).
- **Potasio (me/100 g suelo):** Según los resultados se nota un alto contenido de potasio intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. La zona Central presenta un promedio de 0.44 me/100 g. La tendencia a los contenidos altos de potasio es mayor en la zona norte que en la zona sur donde se encuentran valores muy bajos. La zona de Buenaventura, en promedio, es la zona más deficiente en potasio (Ramirez, 1983).
- **Calcio - Magnesio (me/100 g suelo):** Para el piso térmico cálido se encuentran contenidos promedios de 14.8 y 8.1 me/100 g de calcio

y magnesio respectivamente, siendo la relación Ca/Mg promedia de 2.4. Sin embargo, se encuentra que en algunas zonas (Ginebra) esta relación es muy estrecha.

Sodio y Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI): Los contenidos de sodio son bajos, con un promedio de 0.6 me/100 g así mismo el porcentaje de sodio intercambiable es bajo, con un promedio de 3.0%. Se presentan casos de contenidos de sodio altos, como en la zona de Palmira (4615 muestras) donde se encontró un promedio de 2.0 me/100 g y 7.5% de sodio intercambiable, y para Roldanillo (458 muestras) un contenido promedio de 2.1 me/100 g y 6.6% de sodio intercambiable (Ramirez, 1983).

5.5 RESULTADOS DE INVESTIGACION

Durante el perío 1986B-1988A los antiguos Programas de Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales y Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario ICA del Centro de Investigación Palmira adelantaron varios trabajos en fincas de agricultores con el objeto de conocer la respuesta del girasol a la aplicación de N,P,K, elementos menores, dosis, época y forma de aplicación de los fertilizantes para las condiciones del Valle del Cauca. Los ensayos se realizaron en siembras de los híbridos DO-855, DO-664, DO-705, SF-100, S-401, NK-246 y NF-254 en los municipios de Yotoco, Cali, Palmira y Pradera localizados en suelos clasificados como Mollisoles. Algunas características físico-químicas de los suelos donde se realizaron los experimentos aparecen en la Tabla 1.

5.5.1 Respuesta a Nitrógeno: Dosis y Epoca de Aplicación

Para evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol DO-855 se estableció un trabajo en el municipio de Pradera en un suelo clasificado como un Typic haplustoll-cumulic haplustoll, aplicando cuatro dosis de N: 0-60-120-180 kg N/ha; tres dosis de B: 0-1-2

72

TABLA 1. RESULTADOS PROMEDIOS DE ANALISIS DE SUELOS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES
(1986B-1988A).

Municipio	Finca	Textura	pH	M.O. %	P Bray II ppm	K Meq/100 g	B ppm	Serie	Clasificación
Palmira 1986 B	CI Palmira (lote 25)	ArL	6.4	2.0	39.8	0.70	0.18	Palmira (PL)	Pachic Haplustoll
Palmira	El Confin (Palmaseca)	FAR	7.0	2.5	56.3	1.6	0.27	Galpón-Pal- maseca	Typic Pelluster- Petrocalcic-Na- trustalf
Palmira 1987 A	CI Palmira (lote 14)	FAR	6.3	3.1	56.1	0.39	0.26	Palmira	Pachic Haplustoll
Cali 1987 A	Arroyohondo	Ar	7.0	2.9	3.7	0.50	0.20	Galpón(GL)a	Typic Pelluster
Pradera 1987 A	La Concor- dia	Ar	6.8	3.1	87.0	0.43	0.21	Palmira-Pal- mirita(PL-PT)ab	Typic Haplustoll Cumulic haplusto
1988 A		F	6.2	1.5	42.6	0.16	-		
Yotoco 1987 A	Hato Viejo	FAR	6.4	1.6	29.8	0.12	0.54	Jordan-Pal- mirita	Typic Haplustoll Cumulic
1988 A		FAR	7.9	2.5	36.1	0.31	-	(JT-PT) ab	Haplustoll

(Tomado de Ortiz, 20, 21)

kg B/ha; el P y el K aplicado en dosis constante de 30 kg P_2O_5 /ha y 15 kg K_2O /ha respectivamente, incorporándolos al suelo antes de sembrar. El N y B fueron aplicados después de la siembra en banda, incorporados a 30 centímetros.

Estadísticamente los resultados no presentaron diferencias significativas; el rendimiento más alto fué 2.321 kg/ha obtenido con la aplicación de 180 kg N/ha y 1 kg B/ha, lo cuál representó un incremento del 9.7% con relación al testigo para N.

La aplicación de N sin B produjo rendimientos similares al testigo, siendo mayor con 60 kg/ha que con 120 y 180 kg N/ha (Ortiz, 1987). Los resultados promedio de 47 experimentos de campo realizados por CETIOM (Francia), mostraron que la dosis óptima económica de N estaba alrededor de 50 kg/ha. Con ésta dosis se encontró un aumento de producción del 8% respecto al testigo sin N. Dosis superiores causaron una disminución significativa del contenido de aceite, del 48% en el testigo sin N, a 46.3% con la dosis de 150 kg/ha (Vranceanu, 1977).

En el trabajo de tesis de Campos y Molina (1987), realizado en el municipio de Candelaria en un Mollisol (Serie Palmira) se estudió la fertilización nitrogenada y fuentes de nitrógeno aplicado 0, 45 y 90 kg N/ha, utilizando úrea y sulfato de amonio; el híbrido sembrado fué el DO-664. El N se aplicó en dos épocas: total (100%) al momento de la siembra, y fraccionado 50% al momento de la siembra y 50% a los 15 días de la emergencia. Los resultados mostraron que la altura de la planta a los 30 y 48 días después de la emergencia, diámetro del tallo y capítulo no presentaron diferencias estadísticas significativas. La altura de planta a los 60 días fué mayor cuando se aplicó N; no se encontró diferencias significativas entre las fuentes, pero sí entre épocas de aplicación a favor de la fraccionada. Con la aplicación de 90 kg N/ha en forma fraccionada se obtuvieron las mayores alturas. La fuente y época de aplicación no influyeron ni en el rendimiento ni en el peso de 1000 semillas; hubo incremento

altamente significativo con la aplicación de 45 y 90 kg N/ha, pero no hubo diferencias significativas entre éstas dos dosis. Según el análisis económico los mejores tratamientos fueron 90 kg N/ha utilizando como fuente la úrea fraccionadas y 45 kg N/ha en una sola aplicación (100%) al momento de la siembra (Campos y Molina, 1987).

En el Centro de Investigación Palmira, en un suelo clasificado Pachic Haplustoll (Serie Palmira), la aplicación de 80 kg N/ha 15 días después de la siembra incrementó en 34.9% el rendimiento del girasol respecto a la incorporación total del N en el momento de la siembra (744 kg/ha). En Yotoco, el rendimiento más alto (1.944 kg/ha) se obtuvo con la adición de 80 kg N/ha fraccionado: 50% a los 15 días después de la siembra, 25% a los 30 días después de la siembra y 25% a los 45 días. Al aplicar todo el N al momento de la siembra se obtuvo un rendimiento de 1.657 kg/ha (Ortiz y Bastidas, 1989).

En dos localidades del Valle del Cauca, en el Centro de Investigación Palmira-ICA en un suelo clasificado como Pachic haplustoll, Serie Palmira y en Yotoco suelo clasificado como Typic haplustoll- Cumulic haplustoll, serie Jordán-Palmita se evaluó la aplicación fraccionada de 80 kg N/ha en el rendimiento del girasol y SF-100 respectivamente por localidad. No se encontraron diferencias significativas entre las épocas de aplicación; en Palmira, el rendimiento más alto se obtuvo con la aplicación total (100%) de la dosis 15 días después de la siembra, lo cual representa un incremento del 34.9% respecto a la aplicación total al momento de la siembra. En Yotoco, con la aplicación fraccionada 50% a los 15 días después de la siembra, 25% a los 30 días y 25% a los 45 días se obtuvo el rendimiento más alto (1944 kg/ha), representando un incremento del 17% respecto a la aplicación al momento de la siembra (Ortiz, 1988).

En el estado de Mississippi (Suelo Vertic haplaquepts) y en Brooksville (Suelo Typic chromuderts) se midió la respuesta del girasol North King Brand Sunbred 212 a la fertilización nitrogenada, aplicando 0-34-67-134

y 0-45-90-180 kg/ha respectivamente para cada localidad. El N fué suministrado al momento de la siembra y en el estado de cuatro hojas. El rendimiento en semilla mostró una respuesta cuadrática en el estado de Mississippi con un máximo rendimiento de 2.602 kg/ha. En Brooks-Ville la respuesta fué similar a la ecuación de Mitscherlich con una producción de 2.380 kg/ha. La dosis de N para el óptimo económico fué de 116 y 76 kg/ha, respectivamente (Homenauth et al, 1966).

De acuerdo con los resultados reportados aquí y obtenidos para el Valle del Cauca se recomienda en primera aproximación aplicar entre 50 a 100 kg N/ha 15 días después de la siembra, dependiendo del resultado del análisis de suelos para contenido de materia orgánica.

5.5.2 Fertilización con N, P y K.

En la Granja Montelindo, región de Santágueda municipio de Palestina (Caldas), se realizó un trabajo de campo para evaluar el efecto de la fertilización foliar y edáfica en el híbrido de girasol NK-H01 utilizando diferentes relaciones NPK (1-3-1, 5-2-5) en dosis de 100 y 200 kg/ha y aplicaciones foliares de 20, 40 y 80 kg/ha de la fórmula 5-25-15. El suelo tenía un pH de 4.8, 7.3% de M.O., 12 ppm de P, 0.35 me k/100 g y textura franco-arenosa. El fertilizante fosfórico (Escorias Thomas) fué incorporado con rastrillo; el N (Nitrato de amonio) y K (Cloruro de K) fueron aplicados en banda al momento de la siembra. La fertilización foliar se inició a los 25 días después de la siembra (plantas con 4 hojas bien formadas); se aplicó en concentración del 0.5% distribuido en 6 aplicaciones, una cada 10 días. Los resultados no mostraron diferencias significativas para rendimiento y diámetro del capítulo. La relación 5-2-5 se comportó mejor que la relación 1-1-1 en el peso de semilla (Padilla, 1970).

En el Centro de Investigación ICA Palmira se comparó la respuesta de los híbridos DO-705 y DO-855 con la variedad DUSOL, a diferentes niveles de fertilización: 0-50-100-200 kg/ha de N y 0-50-100 kg/ha de K₂O con

P constante; y la aplicación de 0-35-70-140 kg/ha de P205 con dosis constante de N y K. La fertilización se aplicó fraccionada 1/3 al momento de la siembra y 2/3 antes de la floración. Las variables diámetro del capitulo, peso de 1000 semillas y rendimiento presentaron una significancia negativa (promedio más bajo cuando los niveles de K aumentaban). El mayor porcentaje de aceite (42.7%) se encontró con la aplicación de 200 kg N/ha y 100 kg K20/ha. De acuerdo a los resultados para este tipo de suelo se recomienda aplicar bajas cantidades de N hasta 100 kg/ha para obtener buenos rendimientos y aplicar P entre 35 y 70 kg P205/ha incorporado antes de la siembra (Lema, 1986).

En el municipio de Palmira (Palmaseca) en un suelo clasificado como un Typic Pelluster-Petrocalcic natrustalf se evaluó la respuesta del híbrido DO-705 a la aplicación de 0-40-80-120 kg N/ha; 0-30-60-90 kg P205/ha; 0-30-60-90 kg K20/ha y 0-1-2 kg B/ha. El fertilizante se aplicó 15 días después de la siembra, en banda. Estadísticamente el mejor tratamiento fue la relación 40-30-0-2 kg/ha de N, P205, K20 y B respectivamente, el cual presentó la mayor producción 2.481 kg/ha.

Dosis altas (120-90-90 kg/ha de N-P205-K20) ocasionaron disminución en el rendimiento (979 kg/ha). Con el B se observó incremento a medida que se aumentaban las dosis, lo cual concuerda con el nivel medio de B encontrado en el suelo y el girasol es una planta exigente en este elemento. Con la aplicación de sólo N se obtuvo respuesta hasta 80 kg/ha; con 120 el rendimiento disminuye. Al incrementarse la dosis de K la producción disminuye, lo cual indica que el contenido del suelo fue suficiente para suplir las necesidades del cultivo (Ortiz, 1987).

En dos suelos del Centro de Investigación ICA Palmira, uno perteneciente a la serie Galpón (Typic pelluster) con una capa dura (Hard pan) entre los 15 a 20 centímetros de profundidad y el otro de la serie Palmira (Pachic haplustoll) se evaluó el efecto de la fertilización sobre el rendimiento del girasol DO-664 aplicando 0-50-100 kg/ha de N; 0-30-60 kg P205/ha,

0-35-70 kg K₂O/ha y 1 kg B/ha, en banda al momento de la siembra (Ocampo et al, 1989).

En el lote con el impedimento físico en el perfil los rendimientos fueron muy bajos, obteniéndose un máximo de 971 kg/ha con el tratamiento 50-60-35-1 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O y B respectivamente. El mayor diámetro de capítulo y el mayor peso de 1000 semillas se obtuvieron con los tratamientos 50-30-35-1 y 100-0-35-1 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O y B, respectivamente. El porcentaje de vaneamiento fué menor para el tratamiento 100-60-35-1 (Ocampo et al, 1989).

En el trabajo realizado en el suelo de la serie Palmira los rendimientos fueron más altos, obteniéndose el mayor valor de 1932 kg/ha con el tratamiento 100-30-70-1 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O y B. Con la aplicación de 100-30-35-1 se obtuvo el menor porcentaje de vaneamiento. Con la sola aplicación de 35 y 70 kg K₂O/ha y 1 kg B/ha se registraron los mayores contenidos de aceite y proteína respectivamente. La fertilización con N no presentó efectos significativos. En ambos experimentos los tratamientos que contenían P, K y B incrementaron los porcentajes de aceite y proteína (Ocampo et al, 1989).

En Pradera en un suelo de la serie Palmira-Palmita (Typic haplustoll - Cumulic haplustoll) se evaluó el efecto de la fertilización con N y K en el rendimiento del girasol DO-855. Se aplicó 60 kg P₂O₅/ha y dosis de 0-40-80-120 kg N/ha y 0-40-80-120-160 kg K₂O/ha; el fertilizante se aplicó al momento de la siembra en el fondo del surco. Para rendimiento, los resultados estadísticamente no presentaron diferencias significativas. A pesar del bajo contenido de materia orgánica el N tuvo un efecto negativo, es decir causó una disminución en el rendimiento a medida que se aumentaba la dosis. En el caso de K los resultados muestran que sólo para la aplicación de 40 kg K₂O/ha hay incrementos en el rendimiento respecto al testigo; para las otras dosis el rendimiento disminuye (Ortiz, 1988).

Según los resultados obtenidos para el Valle del Cauca se recomienda aplicar entre 30 a 60 kg P₂O₅/ha y 35-70 kg K₂O/ha, dependiendo del análisis de suelo.

5.6 METODOS DE APLICACION DEL FERTILIZANTE

La aplicación directa del fertilizante al cultivo puede ser al suelo o foliarmente. La respuesta del girasol al abonamiento depende de otros factores, tales como clima, condiciones químicas y físicas del suelo (fertilidad), dosis, forma y época de aplicación. La ubicación correcta del abono está considerada como un factor muy importante para que el aprovechamiento del mismo por parte de las plantas sea eficiente (Valetti et al, 1985).

5.6.1 Aplicación al Suelo

La aplicación del fertilizante al suelo puede ser realizada al voleo antes de la siembra, en hilera cerca o con la semilla en el momento de sembrar, o en bandas después de germinar y usualmente antes de que las plantas tengan 30 centímetros de altura. La práctica es abonar en banda en el momento de la siembra o utilizar una combinación de aplicaciones al voleo y bandas. Una práctica común es colocar en banda el P, K y parte del N; el resto del N al voleo antes de sembrar o en bandas después de germinar (Robinson, 1978).

5.6.1.1 Aplicación Profunda

Dadas las características del sistema radicular del girasol, la respuesta a la fertilización y la obtención de una mayor eficiencia de la misma depende de las condiciones físicas del suelo (textura), de los impedimentos en el perfil (capas endurecidas) y de la localización del abono,

el cual debe ser incorporado o ubicado en la zona de raíces, donde se presenta la mayor concentración de éstas (Robinson, 1978).

Los fertilizantes con N, P y K se utilizan mejor cuando se incorporan en profundidad, ya que cuando se aplican superficialmente el efecto se disminuye y se anula completamente en los períodos de sequía (Guerrero, 1984).

En un suelo del Centro de Investigación ICA Palmira con una capa dura (hard pan) entre 15-20 centímetros de profundidad (Serie Galpón) se evaluó el efecto de incorporar a diferentes profundidades el fertilizante en el rendimiento del girasol DO-664. Se aplicó 80-90 kg N/ha, 30 kg P2O5/ha 15-30 kg K2O/ha y 1 kg B/ha. El abono se incorporó a 2 centímetros con rastrillo pulidor, a 10 centímetros con rastra y a 25 centímetros con arado de disco. Los resultados mostraron diferencias significativas entre la fertilización a 25 centímetros (2.105 kg/ha) y la aplicación a 2 y 10 centímetros (1.878 y 816 kg/ha) respectivamente. En los otros parámetros evaluados se obtuvo incrementos del 40.4% para el diámetro del capítulo; 27.5% para el peso de 1000 semillas; 21.5% para altura de planta y un 25% para el diámetro del tallo a favor de la fertilización profunda (Bastidas et al, 1988).

En otro lote de la serie Palmira del Centro de Investigación ICA-Palmira que no presentaba capa dura y había sido subsolado para siembras anteriores, se evaluó la incorporación de 80 kg N/ha, 30 kg P2O5/ha, 15 kg K2O/ha y 1 kg B/ha, en el rendimiento de los híbridos SF-100, DO-885, DO-664, DO-705, NK-246 y NK-254. Los sistemas de aplicación fueron:

1. Superficial: (al voleo sin incorporar, correspondiendo a cero centímetros).
2. A los 10 centímetros con el pulidor,
3. A 20 centímetros con rastra

4. A 25 centímetros con arado de disco

No se encontraron diferencias significativas entre sistemas de incorporación ni entre la interacción, sistemas de incorporación x híbrido; la diferencia fué altamente significativa para rendimientos entre híbridos, encontrándose el máximo de 1.234 kg/ha para el DO-664 con el fertilizante incorporado a 25 centímetros. En general, para todos los parámetros medidos (altura de planta, diámetro de capítulo) no presentaron diferencias significativas entre los sistemas de incorporación del fertilizante, probablemente debido a la textura franco-arcillosa y la subsolada previa, labor que rompió la compactación debido al uso continuo de maquinaria (Ortiz, 1988).

En Arroyohondo (Municipio de Cali) se realizó otro trabajo para observar el efecto de la incorporación del fertilizante (80-30-30 kg/ha de N,P205 y K20) en el rendimiento del girasol DO-664. La ubicación se hizo con la abonadora de caña, a 10, 20 y 30 centímetros, en banda a los 15 días de sembrado el cultivo. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre profundidad de incorporación, el rendimiento más alto 2.513 kg/ha se obtuvo con el fertilizante incorporado a 30 centímetros. Este tratamiento significó un incremento de 325 kg/ha (14.8%) comparado con la aplicación superficial (Ortiz, 1987).

El efecto de la colocación del fertilizante nitrogenado (0-40-80 kg/ha) y del B (0-1 kg/ha) en forma superficial e incorporado a 20 centímetros sobre el rendimiento de los híbridos SF-100 y S-401, se estudió en la localidad de Yotoco (Valle del Cauca). Para el híbrido SF-100 no hubo diferencias significativas para la forma de colocación del fertilizante, ni para dosis de fertilizante, ni para la interacción forma de aplicación x dosis de fertilizante; el rendimiento más alto (2.019 kg/ha) se encontró para la aplicación de 1 kg B/ha incorporado. Con el híbrido S-401 se encontraron diferencias significativas para dosis de fertilizante, siendo el rendimiento más alto (2.211 kg/ha) con 80 kg N/ha sin B en forma

incorporada (Ortiz, 1987).

Otros trabajos sobre incorporación del fertilizante se han realizado en el Centro de Investigación ICA-Palmira (Lotes 12 y 25). El fertilizante se colocó a diferentes profundidades con varios implementos agrícolas; las dosis aplicadas fueron 100-60-60 kg/ha de N, P205, K20 respectivamente. El abono se colocó con arado a 25 centímetros, con rastra-arado a 15 centímetros, con rastrillo pulidor a 10 centímetros y con el cincel abonador (utilizado para caña) a 30 centímetros. Los parámetros evaluados fueron rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos DO-855 y DO-664. Los resultados mostraron que la localización profunda influyó para que se incrementara el tamaño de la raíz, la producción de materia seca total, el diámetro del tallo, altura de planta, como también el rendimiento y sus componentes (diámetro del capítulo y peso de 1000 semillas). Los rendimientos más altos se lograron cuando se incorporó el fertilizante a 30 centímetros con el cincel abonador, siendo 2.155 kg/ha para el híbrido DO-855 (1987-A) y 2.695 kg/ha para el DO-664 (1987-B). El mayor diámetro del capítulo 16.3 y 16.7 centímetros, mayor pero de 1000 semillas 53.3 y 53.2 g, para el DO-885 y DO-664 respectivamente, se obtuvieron con la incorporación profunda a 30 centímetros (Perez, 1989).

Los trabajos realizados hasta la fecha indican que la mejor práctica en cuánto a colocación del fertilizante para el caso del cultivo de girasol es en forma profunda por lo menos a 30 centímetros.

5.6.2 Fertilización Foliar

Las aspersiones foliares son usadas para corregir deficiencias de micronutrientes. Por este sistema algunos elementos son rápidamente absorbidos. Aplicaciones foliares de Mn y Mo 10 días después de la floración dieron lugar a incrementos de rendimiento de 170 a 420 kg/ha; aplicaciones de B, Cu y Zn no presentaron ningún efecto. La aplicación de una solución

al 0.005% de Zn, Cu y Mo en la floración y en el estado de maduración de la semilla incrementó el porcentaje de aceite (Robinson, 1978).

La aplicación de B a razón de 0.4-0.5 kg/ha en dos aspersiones, al comienzo de la floración y durante la floración incrementó la producción de semilla de 120 a 320 kg/ha en suelos forestales y de 100 a 240 kg/ha en suelos calcáreos (Stoyanov, 1985). Para el caso de elementos mayores, con N se han obtenido rendimientos más altos cuando el 25% fué aplicado al suelo y 75% al follaje, que cuando todo el N fué aplicado al suelo (Gaur et al, 1975 citado por Robinson, 1978).

5.7 EL CULTIVO DE GIRASOL EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

En el Valle del Cauca algunos ingenios (Providencia y Manuelita) conjuntamente con el ICA introdujeron nuevos sistemas de producción en el campo agrícola con las siembras semi-comerciales del girasol intercalado con socas de caña de azúcar. Las experiencias con caña-girasol se han realizado bajo diferentes condiciones de suelos. Los mejores resultados han sido en los fértiles, de textura liviana (francos, franco-arenosos).

Los rendimientos más bajos se han obtenido en suelos mal drenados y/o afectados por sales y/o sodio. Los trabajos realizados han sido sin aplicar fertilizante al girasol. Estos resultados han demostrado que la formulación de 45-45-45 kg/ha de N, P₂₀₅ y K₂₀ respectivamente, estimula el desarrollo de la planta de girasol, los capítulos son más grandes y más alta la producción de grano, sin afectarse la concentración de aceites y proteína (Dominguez, 1986a).

5.8 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los trabajos realizados en varias localidades del Valle del Cauca se puede concluir que el girasol responde a:

1. Nitrógeno: dosis entre 50 a 100 kg/ha.
2. Para P y K la respuesta está entre 30 y 60 kg P₂₀₅/ha y 35 a 70 kg K₂₀/ha respectivamente.
3. La respuesta a B estuvo entre 0 y 1 kg/ha; dosis superiores causan disminución del rendimiento.
4. La incorporación profunda del fertilizante a 25-30 centímetros con el arado dió rendimientos más altos comparados con la aplicación superficial.
5. La aplicación del N 15 días después de la siembra mostró rendimientos más altos que cuando se aplicó al momento de la siembra.

5.9 RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE LA FERTILIZACION DEL CULTIVO DE GIRASOL EN SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Con los rendimientos obtenidos se dan las siguientes recomendaciones en Primera Aproximación de fertilización para el cultivo de girasol:

PARAMETRO	CONTENIDO EN EL SUELO	DOSIS
M.O. - %	< 2	100 kg N/ha
	2 - 4	50 - 80 kg N/ha
	> 4	50 kg N/ha
P-ppm Bray II	< 20	90 kg P ₂₀₅ /ha
	20- 30	30 - 60 kg P ₂₀₅ /ha

	> 30	0 - 30 kg P205/ha
K-me/100 g	< 0.20	70 kg K20/ha
	0.20 - 0.40	35 - 70 kg K20/ha
	> 0.40	No aplicar K
B-ppm	< 0.20	1 - 2 kg b/ha
	0.20 - 0.60	1 kg B/ha
	> 0.60	No aplicar B

- Incorporar el fertilizante a 25 centímetros de profundidad antes de la siembra.
- Aplicar el N 15 a 30 días después de la siembra

5.10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUDELO, O.; BASTIDAS, R.G. 1984. El girasol, un cultivo con futuro
Revista ASIAVA. 10:10-16.
2. AGUDELO, O. 1986. Manejo y Fisiología del Girasol. pp.11-19. In:
ICA-COMALFI. El cultivo del girasol. Palmira.
3. ARENAS, E.; CAICEDO, A.; MARTINEZ, R.; CARMEN, M; RAMIREZ, V.A. 1980.
Procesos de formación de los suelos del Valle del Cauca. Universi-
dad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Palmira.
4. BASTIDAS R.,G. 1986. Origen, Historia e Investigación del Girasol
en Colombia. pp:1-10. In: ICA-COMALFI. El cultivo de girasol.
Palmira.
5. BASTIDAS R.,G.; AGUDELO D.,O.; PEJA C.,J.; CARMEN C.,H.; ORTIZ R.,G.
1988. La fertilización profunda en girasol (Helianthus annuus
L.) Labor definitiva para la producción. ICA. Centro Investiga-
ción Palmira. 18 p. (Mecanografiado).
6. CAMPOS A., C.E.; MOLINA G., G.A. 1987. Respuesta del girasol (He-
lianthus annuus L) a la fertilización nitrogenada utilizando
dos fuentes y dos épocas de aplicación en Candelaria Valle.
Tesis. Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima.
Ibagué.
7. CHHABRA, R.; SINGH, S.A.; AROL, L.P. 1979. Effect of exchangeable
sodium percentage on the growth, yield and chemical composition
of sunflower (Helianthus annuus L.) Soil Science. 27:242-247.
8. DOMINGUEZ S.,P. 1986a. Posibilidades del girasol (Helianthus annuus
L) como cultivo intercalado con la caña de azúcar (Saccharum
spp) en Colombia. pp:431-460. In: Buenaventura, C.E. El cultivo
de la caña de azúcar. Técnica.

9. DOMINGUEZ S.,P. 1986a. Posibilidades del girasol (Helianthus annuus L) como cultivo intercalado con la caña de azúcar (Saccharum spp) en Colombia. pp.431-460. In: Buenaventura, C.E. El cultivo de la caña de azúcar. Técnica.
10. GUERRERO R.,R. 1984. La recomendación de fertilizantes, fundamentos y aplicaciones. pp.225-267. In: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y Control. Santafé de Bogotá.
11. HOMENAUETH, O.P.; HAIRSTON, J.E.; Sanford, J.O.; Mc Connaughey, P.K. 1966. Efficiency and response of sunflower to rate and timing of banded nitrogen. Soil Science and plants analysis. 17(9):921-935.
12. LEMA R., V.H. 1986. Niveles de fertilización para híbridos promisorios de girasol (Helianthus annuus L) para las condiciones del Valle del Cauca. Tesis. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira.
13. OCAMPO H.,E.F.; CONDE A.,M.C. 1989. Respuesta de un híbrido de girasol (Helianthus annuus L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y boro en dos suelos del Valle del Cauca. Tesis. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira.
14. ORTIZ R.,G. 1987. Informe Anual Programa de Suelos 1986B-1987A. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Palmira. 15 p.
15. ORTIZ R.,G. 1988. Informe Anual 1987B-1988A. Programa de Suelos. Centro de Investigación Palmira. 8 p.
16. ORTIZ R.,G.; BASTIDAS R.,G. 1989. Diferentes épocas de aplicación del Nitrógeno para el girasol (Helianthus annuus L.) en el Valle del Cauca. Centro de Investigación Palmira. 15 p. (Mecanografiado).
17. PADILLA M.,J.A. 1970. Respuesta del girasol (Helianthus annuus L.)

a la fertilización foliar y edáfica en la zona de Santa Agueda.
Tesis. Universidad de Caldas. Manizales.

18. PEREZ H.,D.F. 1989. Respuesta del girasol (Helianthus annuus L.) a diferentes profundidades de incorporación del fertilizante. Tesis. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira.
19. GUAGGIO, J.A.; Ungaro, M.R.G.; Gallo, P.B.; Cantarella, H. 1985. Sunflower response to lime and boron. pp.209-215. In: Asociación Argentina de Girasol. Asagir. XI Conferencia Internacional de girasol. Mar del Plata. (Tomo I).
20. RAMIREZ V.,A. 1983. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos del Valle del Cauca y cálculo de las necesidades mínimas de fertilizantes. Programa de Suelos. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Bogotá.
21. ROBINSON, R.G. 1978. Production and culture. pp.89-143. In: Carter, J.F. (ed). Sunflower science and technology. Soil Sciences Society of América, Wisconsin (USA). (Agronomy, 9).
22. STOYANOV, D. 1985. Boron fertilization. Borax holdings, London. L. Pochvoznisnie, Agrokhimiya i Rasitelna. Zashchita. 20:82-88.
23. VALLETTI, D.E.; MIGASSO, N.A. 1985. Fertilización profunda en el cultivo de girasol. pp. 203-208. In: Asociación Argentina de Girasol. Asagir. XI Conferencia Internacional de Girasol. Mar del Plata (Tomo I).
24. VRANCEANU, A.V. 1977. El girasol. Traducción de Guerrero, G.A. Mundi-Prensa, Madrid.