

RESPUESTA DEL GIRASOL A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE INCORPORACION DEL FERTILIZANTE

Diego F. Pérez H.*

Orlando Agudelo D.**

Jorge Peña C.**

COMPENDIO

El estudio se realizó con el objetivo de analizar la respuesta del girasol a la fertilización a diferentes profundidades. Los tratamientos fueron: incorporación del fertilizante a 10 cm con rastrillo pulidor, a 15 cm con rastra-arado, a 25 cm con arado de discos y a 30 cm con cincel-abonador; testigo absoluto sin fertilizar. Se presentaron incrementos en rendimiento a la incorporación del fertilizante a 30 cm, mostrando diferencias altamente significativas con la fertilización a 10 cm y el testigo, los incrementos en rendimiento fueron de 64.9 o/o y 109.7 o/o en promedio para cada uno de los semestres. Igualmente, se observaron aumentos en el diámetro del capítulo, en el peso de 1.000 semillas, en la altura de planta y disminución en el porcentaje de semillas vanas en el capítulo. Los porcentajes de cáscara, almendra, aceite y proteína no respondieron a la fertilización profunda. Desde el punto de vista económico, la mejor alternativa correspondió a la fertilización a 30 cm con cincel-abonador; la incorporación a 15 cm, con la rastra-arado, se presentó como segunda opción con una tasa de retorno marginal aceptable, la cual para la región se estimó en 100 o/o como valor mínimo.

ABSTRACT

RESPONSE OF SUNFLOWER TO DEEP FERTILIZATION

The objective of the study was to analyze the response in yield and other agronomic characteristics of sunflower based on different depths of fertilizer application. The treatments were application of fertilizer 10 cm depth tandem disk harrow, 15 cm depth with disk harrow, 25 cm depth with disk plow and 30 cm depth with chisel; an absolute control was also included. The incorporation with chisel was significantly higher than disk harrow and the control, but not with tandem disk harrow and disk plow. Increments of the chisel treatment with respect to disk harrow for the two consecutive semesters were thus: for yield 64.9 o/o and 109.7 o/o; for capitulum diameter 20.1 o/o and 29.9 o/o; for weight of 1,000 seeds 34.7 o/o and 37.1 o/o for plant height 15.6 o/o and 27.7 o/o, and a decrement of 43.9 o/o and 54 o/o for the empty seeds percentage. The percentages of oil and protein content, and hull and almond were similar in all the treatments. Economically, the best alternative was the chisel treatment and the second option was the disk harrow with an acceptable return rate, that was estimated for the region in 100 o/o, as a minimum value.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. A. A. 233 Palmira.

1. INTRODUCCION

Investigaciones realizadas en el Brasil indican que el cultivo del girasol prefiere suelos arcillo-arenosos; pero se puede adaptar a cualquiera de los dos, siempre y cuando no haya impedimentos de naturaleza física o química que dificulten el adecuado desarrollo del sistema radicular (4). La planta posee raíz pivotante que puede alcanzar hasta los tres metros de profundidad, dependiendo de la especie. Entre los primeros 50 a 60 cm de profundidad tiene raicillas secundarias y se puede extender horizontalmente hasta los 50 cm, permitiéndole a la planta soportar condiciones adversas (5).

El girasol es muy sensible al pH del suelo, en general crece entre 5.7 y 8.0, siendo el óptimo de 6.0 a 7.2. Suelos con pH bajos requieren adecuada fertilización foliar de elementos menores (8).

Las recomendaciones de fertilización con elementos mayores son muy variables dependiendo, entre otros factores, del clima y las condiciones físicas y químicas del suelo; un factor muy importante a considerar es la profundidad de colocación del fertilizante, debido a la longitud de la raíz (1). El nitrógeno influye positivamente en el crecimiento de la planta, formación de hojas y rendimiento en semilla. Se recomienda utilizar bajas cantidades de potasio (hasta 50 kg), acompañadas con moderadas cantidades de nitrógeno (hasta 100 kg) y utilizar el fósforo entre 35 y 70 kg, e incorporándose el fertilizante antes de la siembra (7). Los fertilizantes que contienen fósforo aplicados en forma superficial, son utilizados de modo incompleto por las plantas, debido a que el ácido fosfórico es muy poco móvil en el suelo, incluso bajo la acción de la lluvia (9). Algunos autores afirman que el método más eficaz de fertilización es la aplicación en banda a 10 cm a profundidad, en la última labor de preparación del suelo; mientras otros sostienen que la aplicación del fertilizante en banda por debajo de la semilla es más eficiente en suelos donde el contenido de fósforo natural es bajo (9).

Valetti y Migasso, en 1985, en la Argentina, evaluaron la incorporación del fertilizante a 20 cm de profundidad contra la forma convencional (al momento de la siembra junto con la semilla). Los resultados mostraron incrementos significativos a favor de la fertilización a 20 cm. En las variables evaluadas el rendimiento en semilla se incrementó en 28 o/o, el número y peso de semillas se incrementó en 39.7 o/o y 54 o/o respectivamente; el diámetro del capítulo se incrementó entre un 12 o/o y 23 o/o y el peso de las 1000 semillas permaneció invariable. Estos resultados se presentaron en suelo con bajo contenido de fósforo natural.

Bastidas y otros en 1986 (2) en ensayos preliminares realizados en Palmira (Colombia), en suelos con una capa endurecida a 15 cm de profundidad, encontraron incrementos significativos en el rendimiento en semilla del 139.7 o/o a favor de la incorporación a 25 cm, en comparación con la fertilización superficial a 2 cm.

Las diferencias encontradas en el aprovechamiento de los fertilizantes en el girasol, de acuerdo con la profundidad de aplicación, motivaron la realización de este estudio, evaluando durante dos semestres diferentes profundidades de localización del fertilizante.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El estudio se realizó en dos lotes del ICA Palmira (6), con las siguientes características: a) 1987 A: suelo ligeramente ácido (pH 6.4), alto en P (100 ppm) y K (0.38 meq/100 g de suelo), textura franco-arenosa; b) 1987 B: suelo ligeramente ácido (pH 6.4), alto en P (32.6 ppm) y K (0.42 meq/100 g de suelo), textura arcillosa y con una capa endurecida a 20 cm de profundidad. Se sembraron los híbridos DO-885 y DO-664.

Se utilizó un diseño experimental de "Bloques al Azar" para el primer semestre y de "Parcelas Divididas" para el segundo. En ambos casos cada experimento tuvo cuatro repeticiones. La dosis única de fertilización fue

de 100-60-60 kg/ha de N, P y K, incorporados en cuatro tratamientos a 30 cm con cincel abonador, a 25 cm con arado de discos, a 15 cm con rastra arado y a 10 cm con rastrillo pulidor. Además se utilizó un testigo absoluto sin fertilizar. Después de la incorporación del fertilizante se terminó de adecuar la superficie del suelo para la siembra. El área experimental por parcela fue de 200 m² (10 x 20 m).

Para el rendimiento se cosecharon los dos surcos centrales (8.40 m², 0.70 m entre surcos y 6 m de largo). En el resto del área se efectuaron las otras observaciones agronómicas. Las variables evaluadas fueron: rendimiento en semillas, materia seca total por planta, diámetro del tallo, altura de planta, diámetro del capítulo, peso de 1.000 semillas, porcentaje de vaneamiento, relación almendra/cáscara, porcentaje de aceite y proteína en la semilla.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y los promedios de los tratamientos se compararon con DMS (Diferencia Mínima Significativa).

Para el análisis monetario del ensayo se empleó la metodología de presupuestos parciales para lo cual se tomó como guía el manual metodológico de evaluación "la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos" (3). Este análisis incluyó el presupuesto parcial y el análisis marginal.

En este ensayo, los costos que variaron con cada tratamiento son los relacionados con el valor de la preparación del suelo, la incorporación del fertilizante (con maquinaria), el fertilizante, la aplicación manual del fertilizante, los empaques y la trilla. Para el análisis de presupuesto parcial se consideraron los siguientes rubros: rendimiento ajustado (kg/ha), el cual equivale a la producción promedio por cada tratamiento menos un 5 o/o de disminución por pérdidas de cosecha; beneficio bruto de campo (\$ 264.00/kg); costo de campo de los insumos y beneficio neto.

El análisis marginal se basó en el cálculo de las tasas de retorno marginal para comparar

los incrementos de costos y beneficios entre los tratamientos (diferentes profundidades de incorporación del fertilizante).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Rendimiento

Los rendimientos en ambos semestres presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). Para el primer semestre la mejor respuesta se obtuvo con la incorporación del fertilizante a 30 cm (1.894 kg/ha en promedio), con un incremento del 48.4 o/o y 91.3 o/o con relación a la incorporación a 10 cm y el testigo. Para el segundo semestre, con un rendimiento promedio de 2.355 kg/ha, el incremento fue del 91.4 o/o y 128.1 o/o. Los resultados indican que el rendimiento se favoreció en la medida que se profundizó el fertilizante (Cuadros 1 y 2). Valletti y Migasso (9) incrementaron el rendimiento en 28 o/o con fertilizantes a 20 cm de profundidad, Bastidas y otros (2) también registraron incrementos del 139.7 o/o a favor de la fertilización a 25 cm de profundidad, contra fertilizaciones superficiales a 10 cm y 2 cm. Los rendimientos obtenidos con las incorporaciones a 25 cm, arado de discos y a 15 cm con rastra arado, no fueron significativamente diferentes con relación al obtenido con el cincel abonador.

En el primer semestre el híbrido DO-855 fue significativamente superior (2.155 kg/ha) al DO-664 (1.599 kg/ha), pero en el segundo semestre el comportamiento fue lo contrario.

3.2. Componentes del rendimiento

La colocación del fertilizante a mayor profundidad influyó positivamente sobre el diámetro del capítulo. En el primer semestre, con la incorporación a 30 cm, fue 2.4 cm mayor que cuando se colocó a 10 cm. Durante el segundo semestre los resultados mostraron la misma tendencia.

Valletti y Migasso (9) incrementaron el diámetro del capítulo entre 12 y 23 o/o a favor

Cuadro I

Rendimiento y componentes de rendimiento del girasol en pruebas de incorporación del fertilizante a diferentes profundidades. Palmira 1987

Profundidad del fertilizante	Rendimiento (kg/ha)		Diámetro del capítulo (cm)		Peso de 1000 semillas		Porcentaje de vaneamiento	
	87 A	87 B	87 A	87 B	87 A	87 B	87 A	87 B
30 cm (cincel-abonador)	1894 a	2355 a	15.7 a	17.0 a	48.1 a	48.2 a	2.35 a	1.51 a
25 cm (arado de discos)	1788 a	1867 ab	15.0 ab	15.8 a	46.4 a	42.9 ab	2.95 ab	1.91 ab
15 cm (rastra-arado)	1483 ab	1514 bc	14.2 bc	14.6 b	43.3 ab	38.5 ab	3.46 bc	2.25 ab
10 cm (rastrillo pulidor)	1276 bc	1230 bc	13.3 cd	13.8 c	39.1 c	32.9 b	3.45 bc	3.44 b
Testigo	990 c	1032 c	12.8 d	12.3 d	36.5 c	33.8 b	3.83	5.11 c
D. M. S. al 1 o/o	431.9	688.8	0.94	9.74	5.93	10.9	0.82	1.59

Significativo al nivel del 5 o/o
 Números con igual letra no difieren estadísticamente

Cuadro 2

Variables agronómicas del girasol en pruebas de incorporación del fertilizante a diferentes profundidades. Palmira 1987

Profundidad del fertilizante	Altura de planta (cm)		Relación cáscara / almendra		o/o de aceite	o/o de proteína
	87 A	87 B	87 A	87 B		
30 cm (cincel - abonador)	179 a	185 a	32:68 a	25:75 a	38.80	24.10
25 cm (arado de discos)	174 a	178 ab	27:73 a	23:76 a	37.50	25.70
15 cm (rastra- arado)	163 a	173 b	23:77 a	25:75 a	38.33	24.60
10 cm (rastrillo- pulidor)	153 a	161 c	32:68 a	25:75 a	38.60	24.60
Testigo sin fertilizar	138 a	146 d	32:68 a	27:73 a	39.01	22.70
D. M. S. al 1 o/o	-	8.5	-	-	-	-

Significativo al nivel del 5 o/o

Números con igual letra no difieren estadísticamente

de la incorporación a 20 cm, en comparación con el sistema convencional.

El mayor peso de 1.000 semillas se obtuvo incorporando el fertilizante a 30 cm, con promedios de 48.1 y 48.2 g, para el primer y segundo semestre respectivamente (Cuadros 1 y 3). La incorporación a 30 cm presentó diferencias significativas, con incrementos de 9.0 y 15.3 g, para los dos semestres en su orden, con relación a la aplicación más superficial.

Bastidas y otros (2) aumentaron el diámetro en 40 o/o cuando incorporaron el fertilizante a 25 cm de profundidad, con relación a incorporaciones a 10 y 2 cm. Encontraron además, un incremento de 27.5 o/o en el peso de 1.000 semillas, cuando se incorporó el fertilizante a 15 cm en comparación con las aplicaciones superficiales.

El porcentaje de semillas vanas en el capítulo disminuyó con la profundidad del fertilizante (Cuadros 1 y 3). Aunque el promedio de vaneamiento fue bajo, variando entre 2.35 o/o para la localización a 30 cm y 3.45 o/o para el tratamiento a 10 cm, hubo diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos a 30 cm y 25 cm presentaron igual respuesta en el porcentaje de vaneamiento con respecto a los híbridos, entre los cuales, el DO-855 tuvo el menor porcentaje de vaneamiento en los dos semestres.

3.3. Otras variables agronómicas

3.3.1. Altura de planta a maduración

Se encontró incremento positivo en la altura de las plantas a medida que se profundizó el fertilizante, pero no hubo diferencias significativas durante el primer semestre, al contrario del segundo semestre (Cuadro 2). Para el semestre 1978 A, la mayor altura (185 cm) se alcanzó con el tratamiento a 30 cm, con incrementos del 14.9 o/o y 26.6 o/o comparado con el tratamiento a 10 cm y el testigo respectivamente. Bastidas y otros (2)

encontraron la misma tendencia al incorporar el fertilizante a mayor profundidad.

3.3.2. Relación cáscara/almendra; porcentaje de aceite y proteína

La profundidad del fertilizante no influyó en la relación cáscara/almendra, ya que esta característica es genética. Se encontraron diferencias en esta variable entre los semestres, indicando una interacción genotipo-ambiente (Cuadro 2). Los híbridos DO-855 y DO-664 presentaron igual comportamiento en esta variable.

Tampoco influyó la colocación del fertilizante a diferentes profundidades sobre el porcentaje de aceite y proteína. El DO-855 fue superior en 2 o/o al DO-664, en porcentaje de aceite, alcanzando un 39 o/o.

3.4. Materia seca total por planta

En el estado R_1 (inicio de floración) los testigos fueron ligeramente superados por los tratamientos profundos (Figura 1); en R_5 la diferencia fue notoria, lo cual se reflejó en alta producción de materia seca por planta, con diferencias entre 2 y 10 g/planta en el primer semestre, 13 y 19 g/planta en el segundo. Para maduración (R_9) las diferencias fueron aún más amplias indicando que la fertilización profunda en los tratamientos a 15, 25 y 30 cm permitieron mayor desarrollo de la planta.

3.5. Correlaciones y regresiones entre variables estudiadas

La variable rendimiento tuvo correlación positiva con el diámetro del capítulo en 0.94, con la profundidad del fertilizante en 0.96, negativamente con el porcentaje de vaneamiento (-0.90) y no mostró ningún tipo de correlación con el peso de 1.000 semillas. El diámetro del capítulo y el peso de 1.000 semillas presentaron correlación positiva (0.97) con la profundidad del fertilizante; pero el porcentaje de vaneamiento tuvo correlación negativa (-0.88) con la profundidad.

Cuadro 3

Análisis estadístico de algunas variables en el estudio de incorporación del fertilizante a diferentes profundidades en girasol. Palmira 1987

Fuentes de variación	1987 A		1987 B	
	FC	FT (1o/o)	FC	FT (1o/o)
RENDIMIENTO				
Híbridos	19.5**	7.44	1.38 ns	161
Profundidades	10.6**	3.93	12.6**	7.01
CV	21.3 o/o		31.5 o/o	
DIAMETRO DEL CAPITULO				
Híbridos	20.5**	7.44	0.99 ns	161
Profundidades	21.9**	3.93	71.3	3.74
CV	4.87 o/o		4.65 o/o	
PESO DE 1000 SEMILLAS				
Híbridos	34.9**	21.2	3.8 ns	161
Profundidad	10.2**	15.9	8.28 ns	7.01
CV	10 o/o		20.2 o/o	
PORCENTAJE DE VANEAMIENTO				
Híbridos	17.6**		0.95 ns	161
Profundidad	7.1**		34.4 **	7.01
CV	-		-	

** Altamente significativo
 ns No significativo

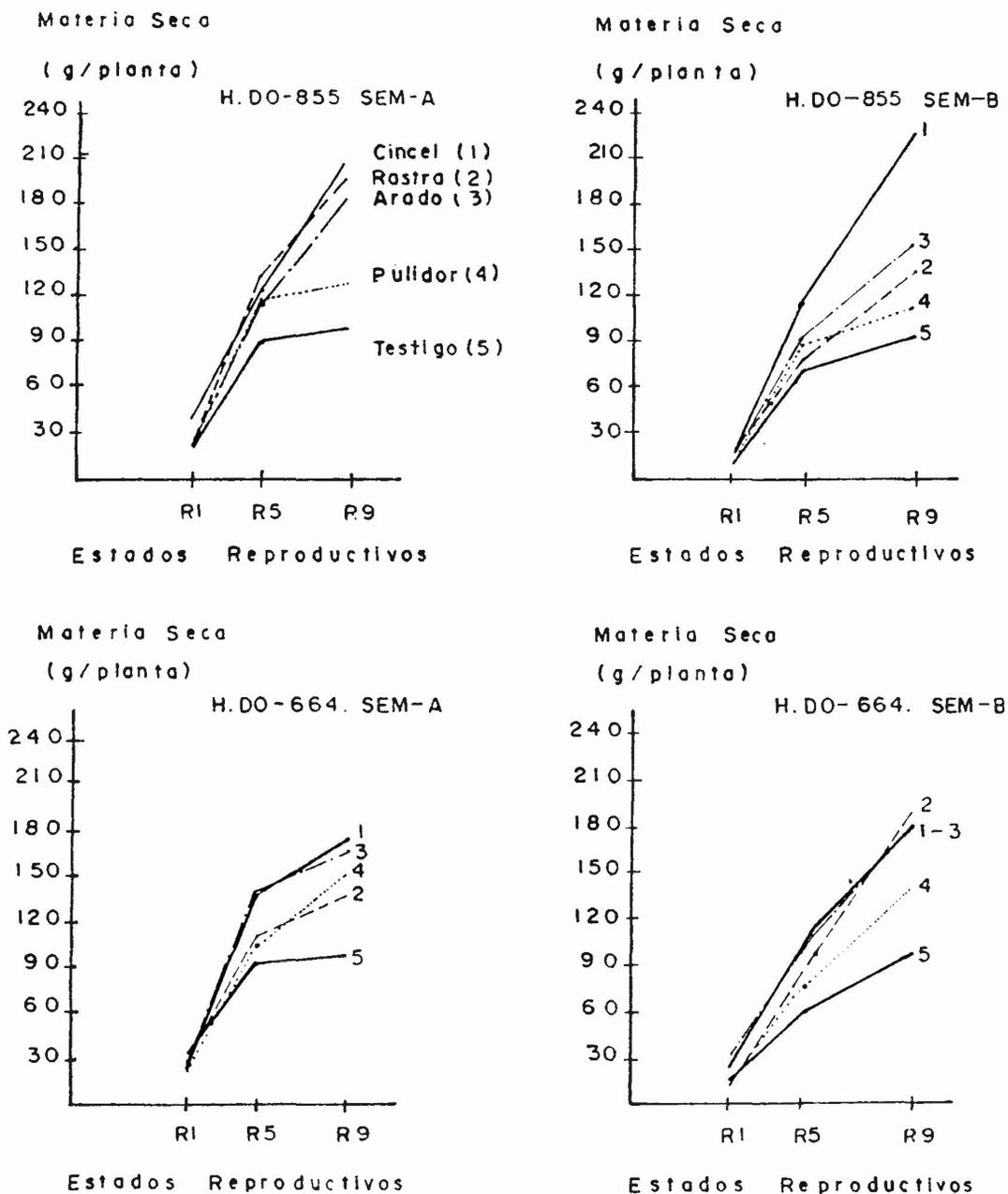


Figura 1. Acumulación de materia seca (g/planta) de dos híbridos de girasol a través de varios estados reproductivos. Palmira 1987.

Cuadro 4

Presupuesto parcial del estudio

Rubro	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
	Testigo	10 cm	15 cm	25 cm	30 cm
Rendimiento medio (kg/ha)	1.011	1.253	1.499	1.828	2.125
Rendimiento ajustado (kg/ha)	960	1.190	1.424	1.737	2.019
Beneficio bruto de campo (\$/ha)	253.440	314.160	375.936	458.568	533.016
Costo que varían (\$/ha)					
Preparación suelo	2.100	0	2.100	5.375	2.100
Incorporación fertilizante	0	2.100	3.275	12.000	6.040
Fertilizante	0	39.760	39.760	39.760	39.760
Aplicación fertilizante (mano de obra)	0	1.500	1.500	1.500	0
Empaques	4.800	5.950	7.120	8.685	10.095
Trilla	9.600	11.900	14.240	17.370	20.190
Total de costo que varían (\$/ha)	16.500	61.210	67.995	84.690	78.185
Beneficio neto (\$/ha)	236.940	252.950	307.941	373.878	454.831

Precio girasol vendido en la finca: \$ 264.00/kg

Cuadro 5

Análisis de dominancia de las alternativas y estimación de la tasa de retorno marginal (Análisis Marginal)

Tratamiento		Total costos que varían (\$/ha)	Beneficios netos (\$/ha)	TRM (o/o)
No.	Descripción			
1	00 (Sin fertilizar) Testigo	16.500	236.940	
2	10 (Rastrillo-pulidor)	61.210	252.950	35.8
3	15 (Rastra - arado)	67.995	307.941	810.4
4	30 (Cinzel - abonador)	78.185	454.831	1.441.5
5	25 (Arado de discos)	84.690	373.878	D

TRM: Tasa de retorno marginal

D: Tratamiento dominado, no entra en el análisis marginal.

Se realizó también la regresión por híbrido para individualizar el efecto de la profundidad de la fertilización sobre los promedios de las variables componentes del rendimiento. Los híbridos en ambos semestres presentaron, en promedio, un coeficiente de regresión $B=0.11$ cm, valor que indica que por cada centímetro de profundidad del fertilizante, se aumenta en esta proporción el diámetro del capítulo. Para el peso de las 1.000 semillas se presentó un $B=0.59$ g, lo cual significa que por cada centímetro adicional de profundidad de colocación del fertilizante, se incrementa en 0.59 el peso de las 1.000 semillas. El porcentaje de vaneamiento presentó un $B=-0.24$ o/o, lo cual representa que por cada centímetro de profundidad del fertilizante, se disminuye en este porcentaje las semillas vanas. El rendimiento presenta un $B=40.5$ kg/ha, indicando que la producción se aumenta proporcionalmente a este valor por cada centímetro de profundidad de aplicación del fertilizante.

3.6. Análisis monetario

3.6.1. Presupuesto parcial

A medida que se profundiza en la ubicación del fertilizante aumentaron los beneficios netos (Cuadro 4), por lo tanto, la incorporación a 30 cm con el cincel abonador presentó el mayor ingreso en comparación con las otras alternativas.

Del análisis de dominancia de las alternativas (Cuadro 5), se desprendió que el tratamiento marcado con la letra D (tratamiento dominado), se elimina por presentar un beneficio neto menor asociado a un costo variable mayor, en comparación a los otros tratamientos. Para seleccionar una opción entre los cuatro restantes, se realizó el análisis marginal.

3.6.2. Análisis marginal

Entre los tratamientos no dominados el tratamiento 5, se consideró como la alternativa de mayores beneficios económicos, con una tasa de retorno marginal de 1.441 o/o

(Cuadro 5). El criterio para seleccionar esta alternativa se basó en la escogencia de una tasa de retorno que esté por encima de una tasa mínima aceptable para el agricultor. En este caso, el productor estaría dispuesto a cambiar un tratamiento por otro, si la tasa mínima fuese del 100 o/o, tasa considerada aceptable en la zona, para una inversión de este tipo. El tratamiento 3 también presentó una tasa de retorno marginal apropiada y se presenta como una segunda opción, dependiendo su elección en un momento dado de la disponibilidad de implementos agrícolas en la finca, capital existente y el riesgo, entre otros factores.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. En los dos semestres se presentó respuesta altamente significativa en el rendimiento a la incorporación profunda del fertilizante.
- 4.2. La localización del fertilizante influyó significativamente en el incremento de algunas variables tales como: materia seca total, altura de la planta, rendimiento (y sus componentes como diámetro del capítulo y peso de 1.000 semillas). El porcentaje de semillas vanas en el capítulo, sin ser un componente primario del rendimiento, se vió favorecido al disminuir significativamente.
- 4.3. Los porcentajes de cáscara, almendra, aceite y proteína no fueron afectadas significativamente por la profundidad de incorporación del fertilizante.
- 4.4. A los niveles de precios de las labores, insumos y producto considerados, el tratamiento 5 (incorporación del fertilizante a 30 cm con cincel-abonador) presentó los mejores beneficios monetarios.
- 4.5. Dependiendo de la disponibilidad de implementos agrícolas, la escasez de capital del productor y el riesgo, entre otros factores, el tratamiento 3 (incorporación del fertilizante a 15 cm, utilizando

rastra arado) se presentó como segunda opción, con una tasa de retorno marginal aceptable.

5. BIBLIOGRAFIA

1. AGUDELO, O. Manejo y fisiología del girasol. En: ICA-COMALFI. El cultivo del girasol. Cali, Sept. 1986. p. 1 - 19.
2. BASTIDAS, G.; AGUDELO, O.; PEÑA, J. ; CARMEN, H.; ORTIZ, G. La fertilización profunda en girasol Helianthus annuus L. labor definitiva para la producción. Palmira, ICA, 1986. (mecanografiado).
3. CIMMYT. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodología de evaluación económico. México, 1988.
4. CONTIBRASIL. Girasol; manual de productor. Revista del Brasil. p. 1 - 30. 1981.
5. DOMINGUEZ, P. El cultivo del girasol. Helianthus annuus L. potencial energético. En: ICA - COMALFI. El cultivo del girasol. Cali, Sept, 1986. Memorias. p. 1- 22.
6. JALLER, G. Descripción y caracterización de los Centros de Investigación y Estaciones Experimentales del Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, ICA, 1986.
7. LEMA R, V. Niveles de fertilización para híbridos promisorios de girasol Helianthus annuus L. para las condiciones del Valle del Cauca. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1985. (Tesis Ing. Agr.).
8. ROBINSON, R. G. Production and culture of sunflower. In: CARTER, J. F. (ed). Sunflower science and Technology. 1978.
9. VALETTI, D. E.; MIGASSO, N. A. Fertilización profunda en el cultivo del girasol. En: Conferencia Internacional del Girasol, 11, Mar del Plata, Argentina, 1985. p. 203 - 208.