

A
0102
1992

RESPUESTA DE LA SOYA (Glycine max (L) Merrill) A LA
APLICACION DE MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR
(Glomus y Entrophospora) UTILIZANDO TRES FUENTES
FOSFATADAS EN UN OXISOL DEL PIEDEMONTE LLANERO

REINEL PEREZ BETANCOURTH
JAIME ENRIQUE TRIANA ARIAS



VILLAVICENCIO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

1992

RESPUESTA DE LA SOYA (Glycine max (L) Merrill) A LA
APLICACION DE MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR
(Glomus y Entrophospora) UTILIZANDO TRES FUENTES
FOSFATADAS EN UN OXISOL DEL PIEDEMONTE LLANERO

REINEL PEREZ BETANCOURTH
JAIME ENRIQUE TRIANA ARIAS

Trabajo de tesis de grado
presentado como requisito
para optar al título de
Ingeniero Agrónomo

Director JORGE E MUNOZ A
Agrólogo M.Sc.

VILLAVICENCIO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

1992

TABLA DE CONTENIDO

	Pag	
1	INTRODUCCION	1
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3	JUSTIFICACION	5
4	OBJETIVOS	7
4 1	OBJETIVO GENERAL	7
4 2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
5	REVISION DE LITERATURA	9
5 1	FERTILIZACION DEL CULTIVO DE LA SOYA	9
5 2	NECESIDADES DE FOSFORO Y PROBLEMAS DE ASIMILACION	10
5 3	TRANSFORMACIONES MICROBIOLOGICAS DEL FOSFORO	14
5 4	LAS MICORRIZAS	19
5 4 1	Definición	19
5 4 2	Clasificación Taxonomica	19
5 4 3	Morfología de Micorriza Vesiculo Arbuscular	21
5 4 3 1	Morfología externa del hongo	21
5 4 3 2	Morfología del hongo dentro de la raíz	23
5 5	FUNCION DE LA M V A SOBRE EL FOSFORO EN EL SUELO	26
5 6	EFICIENCIA DE LOS HONGOS MICORRIZOGENOS	30

5 7	FACTORES QUE BENEFICIAN LA M V A	32
5 7 1	Suelo	32
5 7 2	Factores ecológicos	32
5 7 3	Prácticas agronomicas	33
5 8	IMPORTANCIA DE LA M.V A EN EL CULTIVO DE LA SOYA	34
6	HIPOTESIS	40
7	VARIABLES	41
7 1	INDEPENDIENTES	41
7 2	DEPENDIENTES	41
7 3	INTERVINIENTES	41
8	MATERIALES Y METODOS	42
8 1	LOCALIZACION	42
8 2	CLIMA	42
8 3	CARACTERISTICAS DEL SUELO	42
8 3 1	Descripción del perfil	42
8 3 2	Características fisico-químicas	42
8 4	TRABAJO DE CAMPO	43
8 4 1	Preparación del suelo	43
8 4 2	Materiales	44
8 4 3	Descripción de las Variables Independientes	45
8 4 3 1	Suelo Micorrizado	45
8 4 3 2	Superfosfato triple	45

	Pag
8 4 3 3 Escorias Thomas	45
8 4 3 4 Roca Fosfórica	45
8 4 4 Diseño Experimental	46
8 4 5 Metodología	48
8 4 5 1 Aplicación del Correctivo	48
8 4 5 2 Delimitación de Parcelas	48
8 4 5 3 Aplicación de la Micorriza Vesículo-Arbuscular	50
8 4 5 4 Siembra e Inoculación con <u>Bradyrhizobium</u>	50
8 4 5 5 Aplicación de fuentes fosfatadas	50
8 4 5 6 Fertilización con N y K	51
8 4 6 Labores de cultivo	51
8 4 6 1 Aplicación de herbicidas preemergente	51
8 4 6 2 Control de insectos plagas	51
8 4 6 3 Labores culturales	52
8 4 7 Datos a tomar	52
8 4 7 1 Días a emergencia	52
8 4 7 2 Días a floración	52
8 4 7 3 Días a madurez de cosecha	52
8 4 7 4 Altura promedio de las plantas	52
8 4 7 5 Altura de carga	53
8 4 7 6 Número de vainas por planta	53
8 4 7 7 Peso de 100 semillas	53

8 4 7 8	Numero de granos por vaina	53
8 4 7 9	Rendimiento	53
8 5	TRABAJO DE LABORATORIO	53
8 5 1	Materiales	53
8 5 1	Análisis biológico de muestras de suelo	54
8 5 2 1	Transporte y almacenamiento de las muestras	54
8 5 2 2	Separación de esporas del suelo	55
8 5 3	Muestreo y análisis del área foliar	56
8 5 4	Muestreo y coloración de raíces	56
8 5 4 1	Transporte de las muestras	56
8 5 4 2	Técnica de tinción de raíces	57
8 5 5	Otros parámetros a determinar	58
9	RESULTADOS Y DISCUSION	59
9 1	OBSERVACIONES DE CAMPO	59
9 2	ANALISIS ESTADISTICO	61
9 2 1	Días a madurez de cosecha	61
9 2 2	Altura de las plantas	67
9 2 3	Altura de carga	64
9 2 4	Numero de vainas por planta	75

	Pág	
9 2 5	Peso de 100 semillas	81
9 2 6	Numero de granos por vaina	84
9 2 7	Rendimiento	86
9 3	RESULTADOS DE LABORATORIO	95
9 3 1	Infección de las raíces por la M.V A.	95
9 3 2	Evolución de esporas en el suelo	102
9 3 3	Contenido de P en las hojas de la planta	106
9 3 4	Evolución del P en el suelo	106
10	ANALISIS ECONOMICO	121
11	CONCLUSIONES	121
12	RECOMENDACIONES	130
13	RESUMEN	133
14	BIBLIOGRAFIA	136
15	ANEXOS	140

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Algunas características de la Micorriza Ectotrofa y de la Micorriza Vesículo Arbuscular (Segun Black 1980).	22
Tabla 2 Caracterización del suelo donde se efectuó el experimento	43
Tabla 3 Dosis de Micorrizas fuentes y dosis de fósforo y tratamientos	47
Tabla 4 Análisis de varianza para la variable días a madurez de cosecha	62
Tabla 5 Comparación de medias para las dosis de Micorriza en las variables días a madurez de cosecha altura de plantas y altura de carga	64
Tabla 6 Comparación de medias para las dosis de P en las variables días a madurez de cosecha altura de plantas y altura de carga	66
Tabla 7 Análisis de varianza para la variable altura de plantas en cm.	68
Tabla 8 Análisis de varianza para la variable altura de carga.	72
Tabla 9. Comparacion de medias para las diferentes fuentes de fósforo en las variables días a madurez de cosecha, altura de plantas y altura de carga	73
Tabla 10 Análisis de varianza para la variable numero de vainas por planta	76

Tabla 11	Comparación de medias para las dosis de micorriza en las variables numero de vainas por planta, índice de semillas, numero de granos por vaina y rendimiento	77
Tabla 12	Comparación de medias para las diferentes fuentes de P en las variables numero de vainas por planta, índice de semillas, numero de granos por vaina y rendimiento	78
Tabla 13	Comparacion de medias para las dosis de P_2O_5 en las variables numero de vainas por planta, índice de semillas numero de granos por vaina y rendimiento	79
Tabla 14	Análisis de varianza para la variable peso de 100 semillas.	82
Tabla 15	Análisis de varianza para la variable numero de granos por vaina	85
Tabla 16	Análisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha	88
Tabla 17	Efecto de la aplicación de MVA en el porcentaje de infección de la soya en un Oxisol sin esterilizar	96
Tabla 18	Dinámica de la producción de esporas de M V A en un cultivo de soya sembrado en un Oxisol sin esterilizar	105
Tabla 19	Contenido de fósforo en hojas de soya sembrada en un Oxisol del Meta, con y sin la aplicación de M V A	110
Tabla 20	Contenido de P en el suelo con y sin la aplicación de M V A en un cultivo de soya	116
Tabla 21	Ingresos, beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes de P y sin la aplicación de M.V A	127

Tabla 22	Ingresos beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes de P y 100 kg/ha de M V A	123
Tabla 23	Ingresos, beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes de P y 200 kg/ha de M V A	124



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Distribución de bloques, parcelas principales, subparcelas y tratamientos en el campo.	49
Figura 2 Días a madurez de cosecha de la soya bajo tres dosis de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 . 1990 B	65
Figura 3. Altura de las plantas de soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B.	70
Figura 4. Altura de carga de la soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B	74
Figura 5 Numero de vainas por planta de soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B	80
Figura 6 Peso de 100 semillas de soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B.	83
Figura 7 Numero de granos por vaina de la soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B.	87
Figura 8 Rendimiento de la soya bajo tres dosis de micorriza tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B	89
Figura 9 Rendimiento de la soya con y sin aplicación de M.V.A. utilizando tres fuentes de fósforo en un Oxisol sin esterilizar 1990 B	91

Figura 10	Comportamiento del rendimiento de soya (ton/Ha) sin la aplicación de M V A (0 kg/ha) en un Oxisol sin esterilizar	92
Figura 11	Comportamiento del rendimiento de soya (ton/ha) con la aplicación de M V A de 100 kg/ha de M V A en un Oxisol sin esterilizar 1990 B	93
Figura 12	Comportamiento del rendimiento de la soya (ton/ha) con la aplicación de 200 kg/ha de M V A en un Oxisol sin esterilizar 1990 B	94

Gráfica 9	Contenido de P en ppm en un Oxisol con y sin la aplicación de M V.A en soya utilizando Escorias Thomas	119
Gráfica 10	Contenido de P en ppm en un Oxisol con y sin la aplicación de M V A en soya utilizando Roca Fosfórica	120

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Tabla 1 Promedios de rendimientos en kg/ha para los diferentes tratamientos	110
Tabla 2 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de micorriza y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Superfosfato Triple	141
Tabla 3 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de micorriza y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Escorias Thomas	142
Tabla 4 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de micorriza, y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Roca Fosfórica	143
Tabla 5 Informe Metereológico de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero durante el ciclo del cultivo HIMA1 1990 B	144

Nota de Aceptacion

Mentoria *

Jurado



Jurado

Villaviencio Marzo de 1992

PERSONAL DIRECTIVO

FABIO GARAVITO NEIRA
Rector

GABRIEL ROMERO
Vice-Rector

RICARDO MARTINEZ SOLANO
Secretario General

EMILIO GARCIA
Decano Facultad de Ingenieria Agronómica

Dedico este trabajo en forma
muy especial a mis padres,
quienes con su apoyo moral y
económico lograron hacer que
alcanzara mi meta

A mis hermanos Luis, Blanca,
Ana y Marina

JAI ME ENRIQUE

A la memoria de mi querida
madre que desde su morada
celestial me confortó y animó
espiritual y materialmente para
hacer realidad mi propósito

A mi padre y queridísimos
hermanos quienes me apoyaron
incansablemente en la conquista
de mi triunfo

A mis profesores y compañeros
por sus conocimientos
impartidos y amistad brindada

REINEL

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo expresan sus
agradecimientos

- A Dr Jorge Enrique Muñoz A. por su valiosa
colaboración en la dirección y desarrollo de esta
investigación
- A Dr Eric Owen por la asesoría prestada durante el
desarrollo del trabajo
- A ICA por la colaboración en aspectos relacionados con
la ejecución de este trabajo
- A Laboratorio de Suelos y Fitopatología de la
Universidad dirigidos por el Dr Julio Cesar Moreno
y Dra Maria del Rosario Silva
- A La Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales
- A Todas las personas, amigos y compañeros que de una u
otra manera cooperaron en la realización de este
trabajo

1. INTRODUCCION

En los países agrícolas la producción de alimentos está orientada a largo plazo, hacia la obtención de materiales promisorios que garanticen un mayor rendimiento por hectárea y a corto plazo a la racionalización de costos con el fin de hacer más rentables los cultivos.

En Colombia la producción de leguminosas de grano cada año resulta más costosa para el agricultor, debido al alto precio de los insumos en comparación con el valor del producto bruto.

Una de las estrategias para aumentar los niveles de producción en soya se basa en fertilizaciones acordes con los requerimientos del cultivo, pero las fuentes para su elaboración son materias primas importadas las cuales son bastante costosas, caso de los fertilizantes fosforicos creándose la necesidad de aumentar la eficiencia de la planta con respecto a la fertilización de tal forma que con cantidades menores

y baratas se pueda nutrir lo suficientemente bien para dar cosechas rentables. Una de las formas de aumentar la eficiencia de la planta para tomar nutrientes es a través de las Micorrizas microorganismos simbiotes mutualistas que reciben fotosintatos de la planta para su subsistencia y le compensan facilitándole la absorción de nutrientes del suelo, especialmente el fósforo el cual es poco disponible pero sí indispensable para muchos procesos fisiológicos como división celular fortalecimiento del sistema radicular, etc. Además después del nitrógeno, el fósforo ocupa el segundo lugar en importancia desde el punto de vista nutricional de las plantas, en cuanto a la magnitud extraída del suelo para su desarrollo y crecimiento.

Con este trabajo se pretende conocer y analizar algunas referencias de la Micorriza para destacar el papel de la fase viva del, suelo de su fertilidad nutrición de las plantas producción de estas y, finalmente la rentabilidad que se podría alcanzar al incorporar al suelo estos microorganismos benéficos.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fertilización correcta de los cultivos, utilizando las dosis más recomendables, las fuentes apropiadas y los mejores métodos de aplicación, la época apropiada sumando a esto la participación de algunos microorganismos benéficos del suelo se contribuye al mantenimiento, conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo y sobre todo a la obtención de buenas cosechas y alta rentabilidad

Entre las limitaciones edáficas más comunes en suelos de los Llanos Orientales está la deficiencia de P, superando en muchos casos a las deficiencias de otros nutrientes importantes como el N, K, Ca, Mg S y Zn, a este problema se añade el de la acidez de los suelos, la cual conlleva muchas veces a la toxicidad por el exceso de Al y Mn la baja disponibilidad del P en los suelos oxisoles debido a su baja solubilidad o alto poder de fijación invita a estudiar una serie de reacciones de transformación en las cuales están estrechamente ligados una serie de microorganismos, entre ellos las micorrizas



que segun se ha visto facilitan el aprovechamiento del fósforo por parte de las plantas

Dada la importancia del cultivo de la soya en el mercado regional y nacional, conviene hacer un estudio concienzudo acerca del efecto de la asociación simbiótica con las raíces de las plantas, llamada Asociación Micorriza debido a que esta simbiosis juega un papel importante al mejorar la absorción de nutrientes y agua en la planta. Además es necesario impulsar una filosofía de bajos insumos con la cual se minimice la dependencia de muchos productos químicos y sobre todo buscar en lo posible soluciones biológicas como instrumentos para rebajar costos y conservar los suelos

3 JUSTIFICACION

La deficiencia de fosforo en un alto porcentaje de suelos de Colombia y de América Latina, es uno de los factores que más limita la producción de los cultivos. El uso eficiente de los fertilizantes fosfatados para la producción de alimentos, requiere de un entendimiento básico, tanto de las propiedades de los fertilizantes como de sus reacciones químicas y biológicas en los suelos. Cuando se dispone de esta información es posible manejar adecuadamente los fertilizantes para que su utilización en un sistema complejo, fertilizante-suelo-microorganismos-cultivo, resulte efectiva tanto agrónomica como económicamente.

El fosforo (P) además de estar en cantidades muy pequeñas en el suelo presenta problemas de fijación siendo poco disponible para las plantas además es un insumo costoso y esencial para el desarrollo agropecuario del país, pero su suministro depende en gran parte de las importaciones, por lo cual se hace necesario buscar alternativas para utilizar fuentes

económicas de P, cuyo manejo reduzca los costos de producción para incrementar la productividad agrícola

Si llegara a introducirse la biofertilización con microorganismos benéficos, como una práctica rutinaria en el paquete tecnológico, probablemente repercutiría en el descenso de los costos de producción ya que evidentemente el trabajo efectuado por los microorganismos para suministrar nutrientes disponibles a las plantas es evidentemente más barato que la incorporación de fertilizantes convencionales. En efecto con la participación de los microorganismos del suelo en la nutrición de las plantas, las dosis a aplicar de determinados elementos disminuirían considerablemente. He aquí la importancia del estudio de esta simbiosis planta-hongo denominada Micorriza

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inoculación de campo con Micorriza Vesículo Arbuscular al utilizar tres fuentes y tres dosis de P, en el cultivo de la soya en un suelo clase IV del Piedemonte Llanero

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Conocer la importancia y dosis optima de M V A en la producción y rentabilidad de la variedad Sovica P-33

Determinar la fuente y dosis de fosforo más eficiente en términos de producción para la variedad Sovica P-33 con y sin aplicación de Micorriza

Mediante análisis foliares tomados periódicamente determinar el contenido de fósforo en la planta para observar la función de la micorriza en ella

Evaluar el comportamiento de la población de esporas en el suelo y establecer el porcentaje de infección del hongo en la raíz

Hacer el análisis económico respectivo para determinar la rentabilidad económica que se obtiene con la utilización del hongo micorrizogeno

5. REVISION DE LITERATURA

5.1 FERTILIZACION DEL CULTIVO DE LA SOYA

PARRA L.A. (19) dice que la nutrición mineral de la soya es relativamente compleja y que un rendimiento de 3 000 kg/ha en este cultivo extrae aproximadamente del suelo 205 kg de N 55 kg de P_2O_5 y 135 kg de K_2O . El autor afirma que la soya como todas la leguminosas necesita considerables cantidades de nitrógeno para producir rendimientos elevados y de buena calidad. Sin embargo estas plantas extractoras del N atmosférico son capaces de fijarlo con ayuda de bacterias nodulares que lo transforman en asimilable por la planta a esto se debe por lo general que las aplicaciones de los fertilizantes nitrogenados no influyen significativamente en la producción de este cultivo.

MUNEVAR M.F. (17) dice que las leguminosas como grupo de plantas se diferencian de la mayoría de otras especies vegetales en la capacidad que tienen de asociarse con los rizobios como resultado de esta

asociación la planta se altera morfológicamente por la formación de nódulos en sus raíces que albergan rizobios ocurriendo fisiológicamente varios cambios con respecto a las plantas no noduladas. Si la asociación simbiótica ^o leguminosa-rizobio se expresa sin limitación la planta puede obtener todo el nitrógeno que requiera para su crecimiento a partir del N del aire.

PARRA C A (19) sostiene que el fósforo como un componente vital que es de la materia orgánica participa en la síntesis de compuestos como los fosfolípidos (Lecitina y Fitina) y los fosfoproteidos, una fuerte deficiencia de este elemento no sólo conduce a una reducción del rendimiento sino que también disminuye el valor proteico de la semilla.

5.2 NECESIDADES DE FOSFORO Y PROBLEMAS DE ASIMILACION

GARAVITO F (7) afirma que el fósforo es un elemento de gran importancia en las plantas, aunque menos requerido que el nitrógeno y el potasio. Este elemento es constituyente de los ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, fosfolípidos y además es indispensable en procesos donde hay transformaciones de energía.

SANCHEZ L F y OWEN E J (28) dicen que en los suelos de clase IV de los Llanos Orientales, el fósforo se encuentra en muy bajas cantidades como P disponible, constituyéndose en uno de los principales limitantes para los cultivos. SANCHEZ P A (24) afirma que los suelos ácidos de los trópicos tienden a ser extremadamente deficientes en fósforo, generalmente contienen altas concentraciones de formas reactivas de hierro y aluminio que hacen que las formas solubles de fósforo reaccionen y se transformen en menos solubles y poco aprovechables por las plantas. Este fenómeno llamado Fijación, es quizás uno de los más importantes en los suelos ácidos y que actualmente impide el desarrollo de grandes zonas arables del mundo que se encuentran prácticamente sin uso alguno.

SANCHEZ P A. y HUEHARA G (25), sostienen que los suelos ácidos que fijan grandes cantidades de fósforo son invariablemente de textura media a fina, altos en óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Según los mismos autores hay varios grupos de suelos cuya capacidad de fijación de fósforo es muy alta, ellos son los de orden Oxisol y Ultisol suborden Andepts y ciertos Inceptisoles y Alfisoles óxicos.

ACERIAS PAZ DEL RIO (1) escribe que la deficiencia de fósforo es un problema de reconocida importancia cuya magnitud constituye una de las limitaciones de mayor trascendencia en la producción de cosechas. La baja disponibilidad del fósforo en suelos tropicales está asociada con bajo contenido de fósforo total, fijación del fósforo, alta estabilidad de los compuestos fosfatados del suelo, lo que implica una baja solubilidad y por lo tanto una débil liberación de formas disponibles para la planta. Cuando se trata de controlar la deficiencia mediante aplicación de fertilizantes fosfatados una buena parte de los mismos es retenida por la fase sólida del suelo, a través de diferentes mecanismos quedando fuera de la acción absorbente de las plantas. Existen evidencias que un exceso de aluminio en solución en suelos fuertemente ácidos causa deficiencia de fósforo en la planta por formación de compuestos insolubles fuera de ella o por inactivación del fósforo absorbido por la raíz.

GUERRERO R R (9) afirma que las formas de fosfatos actualmente utilizados como fertilizantes son ortofosfatos y se agrupan teniendo en cuenta su solubilidad en agua en

- Fosfatos solubles en agua Superfosfatos simple y triple
- Fosfatos de mediana solubilidad el Fosfato Dicalcico es el unico fertilizante simple importante en este grupo
- Fosfatos de baja solubilidad la Roca Fosfórica y las Escorias Thomas

LEON S L (14), dice que en Colombia se encuentran minas de Roca Fosfórica en seis localidades, de las cuales las más importantes parecen ser las de Sardinata, Pesca y Tesalia en el Departamento del Huila

COOKE G W (5) sostiene que la Roca Fosfórica es una fuente barata de fósforo, pero que unicamente es efectiva en suelos ácidos y su acción es retardada, así mismo las rocas fosfóricas son más efectivas bajo condiciones de clima cálido y en suelos húmedos

LATHWELL citado por SANCHEZ P y SALINAS J (27) dice que las rocas fosforicas requieren un ambiente ácido en el suelo con el fin de liberar fósforo hacia la solución del suelo en algunos suelos ácidos de América Tropical la efectividad de las rocas fosfóricas altamente reactivas disminuye si el pH del suelo es superior a 5

5.3 TRANSFORMACIONES MICROBIOLÓGICAS DEL FOSFORO

MUNEVAR M F (16) describe que las distintas formas químicas del fósforo en el suelo, ya sean orgánicas o inorgánicas están sujetas a transformaciones microbiológicas. Estas transformaciones pueden agruparse en los siguientes tipos de reacciones:

- Mineralización de compuestos orgánicos con la liberación del fósforo inorgánico disponible para las plantas
- Conversión de formas inorgánicas disponibles en componentes celulares de microorganismos (inmovilización)
- Alteración de la solubilidad de los compuestos inorgánicos de fósforo, debido principalmente a cambios de la acidez del suelo. Indudablemente las transformaciones mencionadas influyen notoriamente en la disponibilidad de fósforo para la planta, bien sea del fósforo del suelo o del fósforo aplicado en los fertilizantes.

Continúa el autor diciendo que ciertos compuestos inorgánicos de fósforo en el suelo que son poco solubles

como la roca fosfórica son poco o muy lentamente asimilables por las plantas, sin embargo muchos microorganismos del suelo pueden solubilizar los fosfatos inorgánicos, el principal medio por el cual se produce la solubilización de los fosfatos es la formación de ácidos orgánicos como resultado de la acción microbial sobre diferentes substratos esta función solubilizadora de los microorganismos ofrece un gran potencial para la utilización de fuentes de fósforo como las rocas fosfóricas que por ser materiales no procesados químicamente, tienen un menor costo. Una función muy importante de los microorganismos con respecto al fósforo es aquella que realizan las micorrizas en la absorción de este elemento por muchas especies de plantas.

SIEVERDING E (32) sostiene que el fósforo es muy poco móvil en el suelo y su difusión va desde 0.5 hasta 1.5 cm por año. Afirmar que la solución del suelo contiene una concentración relativamente baja de P y alrededor de la raíz se forma rápidamente una zona carente de este elemento como las hifas de los hongos micorrizógenos crecen más allá de la zona agotada alrededor de la raíz permiten que el suelo sea más intensivamente explotado.

COX G y TINKER P (6) comprobaron que el P una vez absorbido por la hifa en forma de ortofosfato es transportado como polifosfato hacia el interior de la raíz donde es liberado

AZCON G de A y BAREA J M , (2) Aseguran que el desplazamiento del ion fosfato hacia la raíz tiene lugar por difusión, en su cambio hacia la planta se fija fácilmente a arcillas y coloides del suelo por medio de combinaciones insolubles con calcio, hierro y aluminio. Los mismos autores dicen que los mecanismos propuestos para explicar la mayor capacidad de absorción de fósforo por plantas micorrizadas están basados en las siguientes causas

- a Que la micorrización induzca cambios morfológicos en la planta
- b Que la micorrización induzca cambios fisiológicos lo que provocaría un crecimiento de la capacidad de la superficie de la raíz de la planta para absorber fósforo
- c Que la micorrización proporcione una superficie de absorción adicional (hifas del hongo)
- d Que las hifas o las raíces micorrizadas tengan capacidad para solubilizar fuentes de fósforo no disponibles para raíces no infectadas

e Que la raíz micorrizada tenga más longevidad que la que no lo está

La posibilidad d) ha sido objeto de especial investigación y controversia. De un lado, muchos experimentos indican que las plantas micorrizadas crecen mejor que las no micorrizadas en suelos enriquecidos en formas difícilmente solubles de fósforo tales como apatita, fitato y fosfato de calcio, aluminio o hierro. Todo esto hizo pensar en una posible solubilización de fosfatos por las hifas de la M V A. sin embargo, ensayos con fósforo radiactivo (P^{32}) pusieron de manifiesto que tanto las plantas micorrizadas como las no micorrizadas tomaban el fósforo de la misma fuente. La absorción más eficiente por las raíces micorrizadas causa que se estimule la disociación química del fosfato insoluble para reponer el soluble que están captando las hifas de la micorriza, y mantener así el equilibrio fosfato insoluble-fosfato soluble. Ello puede justificar las respuestas de las plantas micorrizadas a la adición de fosfato de roca u otra fuente poco soluble.

SIEVERDING E. (32) asegura que no se ha determinado que las raíces micorrizadas puedan absorber fuentes de P

diferentes a las no solubilizadas. La buena absorción del P proveniente de las rocas fosfóricas o de otras fuentes relativamente insolubles en suelos ácidos por las plantas micorrizadas, se debe a procesos bioquímicos en el suelo que determinaron su solubilidad. En este contexto se debe mencionar que por la extracción más rápida del P de la solución del suelo a través de los hongos M V A, la velocidad de la solubilización de las fuentes relativamente insolubles se aumenta, de otro lado las pérdidas del P solubilizado, ya sea por la fijación química (en complejo insoluble del AlPO_4 o FePO_4) o biológica, se disminuye con la presencia de la M V A y una alta tasa de absorción de fósforo.

AZCON G de A y BAREA J M, (2) utilizando fósforo radioactivo (P^{32}) pusieron de manifiesto que el incremento en la captación de fosfato por las hifas depende más de su posición, longitud y número, que de alguna propiedad especial de su superficie que agilice la captación. Estas apreciaciones parecen destacar la hipótesis de que la micorrización induzca cambios fisiológicos que justifiquen la mayor absorción de fósforo. De otro lado se ha calculado que el flujo de fosfato en el interior de las hifas es del orden de 10^{-8} a 10^{-9} moles/cm⁻²/sq⁻¹, habiéndose propuesto varios

mecanismos para tratar de explicarlo. Diversas observaciones indican la existencia de ciclosis o corrientes protoplasmáticas bidireccionales en el interior de la hifa, aceptándose que éstas desempeñen un papel importante en la traslocación del fosfato.

5.4 LAS MICORRIZAS

5.4.1 Definición. SIEVERDING E, (33) define micorriza como la unión simbiótica entre raíces de las plantas superiores y hongos, esta es una acción mutualista puesto que ambos asociados, hongo y planta se benefician de este estado, la planta le proporciona al hongo los carbohidratos necesarios para su supervivencia y éste a su vez, transporta los nutrientes a la raíz de la planta, aumentando la capacidad de absorción de los mismos, debido a la extensión del micelio a través de una cierta distancia en el suelo alrededor de la raíz.

5.4.2 Clasificación taxonómica. SIEVERDING E, (33) clasifica la micorriza según la forma de la asociación en dos tipos Ectomicorriza y Endomicorriza.

La Ectomicorriza se caracteriza porque las hifas del hongo rodean la raíz formando una capa compacta que e tá

en contacto con la epidermis de la raíz. Este tipo de micorriza se encuentra asociada a raíces de árboles y arbustos de las zonas templadas como de las Gimnospermas (Pináceas y Cupresáceas) y en Angiospermas (Rosáceas, Mirtáceas, Ericáceas, etc.). La mayoría de los hongos que forman la Ectomicorriza pertenecen a los Basidiomicetos estimándose que en total unas 5 000 especies de hongos forman la Micorriza Ectotrófica.

La Endomicorriza, en la cual el hongo penetra en las células más internas de la raíz atravesando las membranas celulares no forma manto sino una red difusa de micelio alrededor de la raíz penetrando a las células epidérmicas.

La Endomicorriza se divide a su vez en

- Micorriza de las Orquidáceas, formada por hongos de la clase Basidiomicetos
- Micorriza de las Ericáceas formada por hongos de la clase Ascomicetos y Basidiomicetos
- Micorriza Vesículo-arbuscular (M V A) que es la más importante de las tres formas

En la Tabla 1, se presentan algunas características de la Micorriza Ectotrofa y de la Micorriza Vesículo Arbuscular

SIEVERDING E., (30) afirma que los hongos M V A se ubican en la clase Zygomycotina, orden Endogonales, con la única familia Endogonácea; antiguamente Taxter (1927) ubicó la familia Endogonácea en el orden Mucorales pero él aparentemente no había visualizado el carácter M V A en los hongos de ésta. El mismo autor asegura que de los nueve géneros de Endogonáceas establecidos por Trappe (1982) como Acaulospora, Complexipes, Endogone, Entrophospora, Gigaspora, Glaziella, Glomus, Modicella y Sclerocystis, actualmente Modicella y Complexipes se han excluido del orden Endogonales, de los restantes con certeza solamente los géneros Acaulospora, Entrophospora, Gigaspora, Glomus y Sclerocystis forman Micorriza Vesículo Arbuscular

5.4.3 Morfología de la M.V.A.

5.4.3.1 Morfología externa del hongo. SIEVERDING E (31) divide la Micorriza Vesículo-arbuscular en dos grupos

- a) Los géneros que producen clamidosporas, al cual pertenecen Glomus y Sclerocystis

TABLA 1 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LA MICORRIZA ECTOTROFA Y DE LA MICORRIZA VESICULO ARBUSCULAR (Segun BLACK, 1980)

	MICORRIZA ECTOTROFA Formadores de un manto	MICORRIZA VESICULO ARBUSCULAR (Endomicorriza)
MODOS DE NUTRICION DEL HONGO	Ecológicamente un simbiante obligado biotrofo	Simbiante obligado biotrofo
EFEITO PRINCIPAL SOBRE LA NUTRICION DE LA PLANTA	Mejor absorción de fósforo aparentemente mejor absorción de N)	Mejor absorción de fósforo
DISTRIBUION DE HOSPEDEROS PARA EL HONGO	La mayoría fuera de los trópicos	Mundial (Micorriza de mayor importancia para los trópicos)
DISTRIBUCION DEL HONGO (inoculo en suelos nativos)	Exótico con respecto a los trópicos	Nativa
FUENTE DE FOSFORO EN LOS TROPICOS	Hojarasca	Suelo fertilizantes hojarasca
EXPLOTACION DEL SUELO	Poca densidad de raíces manto del hongo alrededor de la raíz, micelio del hongo	Alta densidad de raíces micelio fuera de la raíz
RESERVAS DE FOSFORO	En el manto formado por el hongo	Pocas reservas limitadas (si las hay)

b) Los géneros que producen a zigosporas que comprende Acaulospora, Gigaspora y Entrophospora

a) Los géneros Glomus y Sclerocystis forman esporocarpios en el suelo, siendo más frecuente en Glomus la presencia de esporas simples en el suelo. Del género Glomus hay especies que forman esporas en la epidermis de la raíz.

b) Los géneros Acaulospora, Gigaspora, y Entrophospora no producen esporocarpios, estos géneros se diferencian entre sí por la hifa de soporte típica, o por la formación de esporas conectadas a hifas terminales dilatadas como ocurre en Acaulospora y Entrophospora.

5.4.3.2 Morfología del hongo dentro de la raíz.

SIEVERDING E (34) dice que para conocer las y estructuras del hongo dentro de la raíz, y saber cuál es la que se debe observar al microscopio, hay que conocer las tres estructuras características: hifas, arbusculos y vesículas.

Hifas De esporas germinales o del micelio externo, las hifas penetran en la raíz y forman un apresorio en las capas más internas del parénquima cortical. La

infección también puede ocurrir por hifas que recorren la superficie de las raíces. Las hifas hacen un haustorio para entrar en la raíz, el crecimiento de la epidermis de la raíz puede ser intracelular y/o intercelular. Las hifas nunca penetran en la endodermis, tejidos vasculares, meristemas, tejidos estacales, clorofilicos, partes viejas de la raíz, o en sistemas especializados de órganos vivos. Con el tiempo hay una degeneración y descomposición de las hifas siendo así que la infección por hifas puede aparecer muy oscura.

Arbusculos. El intercambio de nutrientes del huésped al hongo y viceversa, se da por los arbusculos, siendo esta la estructura más importante en la simbiosis. Al principio el crecimiento de los arbusculos es parecido al de hifas intercelulares pero la fina ramificación característica de los arbusculos puede llenar la célula por completo. Los arbusculos siempre están en contacto con hifas intracelulares. La vida de los arbusculos es corta y va de 4 hasta 10 días.

Vesículas. Se definen vesículas como órganos^{1, 10, 11} del hongo, posterior o simultáneo a la formación de los arbusculos del hongo, aparecen en las raíces formas

globosas y/o ovales que se denominan vesículas. Se forman intracelular o intercelularmente, a veces es difícil distinguir en el microscopio si las formas ovaladas en realidad son vesículas o esporas del hongo.

SIEVERDING E., (31) afirma que la duración del proceso de la infección hasta que se completa la distribución en la raíz depende de ambiente, de la especie de planta y por supuesto del hongo, tardando entre 10 días hasta varias semanas.

Continúa el autor y dice, que en la primera etapa del desarrollo del hongo dentro de la raíz se presenta un antagonismo planta-hongo debido al requerimiento de carbohidratos por parte del segundo. En la época de desarrollo dentro de la raíz el hongo empieza a formar micelio externo, órgano a través del cual absorbe los nutrientes y los transporta a la raíz y es, en este momento, cuando la simbiosis empieza a funcionar en forma benéfica para la planta.

HOWELER R. H. y SIEVERDING E., (12) señalan que las hifas también crecen sobre la superficie de la raíz y pueden extenderse varios centímetros en el suelo. Se ha encontrado que un centímetro de raíz micorrizada

puede tener hasta 80 cm de hifas externas (Aguilar y Barea, 1980), por esta extensa red de hifas el hongo absorbe el P del suelo y lo transporta a la raíz donde la planta lo absorbe a través de los arbusculos

5.5 FUNCION DE LA M.V.A. SOBRE EL FOSFORO EN EL SUELO

SANCHEZ P y SALINAS L, (27) describen que la ventaja de la asociación con la Micorrizas radica en la utilización de la hifa del hongo como extensión del sistema radical de las plantas, resultando un área superficial mayor para absorción de nutrientes que se mueven principalmente por difusión (fósforo, zinc) en un volumen de suelo más grande

No hay evidencias que las asociaciones de Micorrizas sean capaces de utilizar formas de fósforo del suelo que de otra manera no estarían disponibles, sin embargo, el aumento en la absorción de fósforo no solamente puede resultar en un aumento del crecimiento y en la concentración de fósforo, sino también en un aumento en la nodulación y fijación de nitrógeno en las leguminosas

SAFIR G R , (21) afirma que en general, la superficie de absorción de la planta micorrizada aumenta ampliamente, con la cual puede tomar más nutrientes y su capacidad para absorber agua del suelo también se favorece, se ha comprobado experimentalmente que las micorrizas pueden aumentar la capacidad de la planta para absorber Potasio, Nitrógeno, Azufre, Calcio y Zinc, además de Fósforo

GIANINAZZI E., (8) sostiene que el papel más importante de las micorrizas en la agricultura podría ser una mejor utilización de los fertilizantes fosforados, la selección de especies eficaces de hongos para una planta y en un suelo determinado permitiría reducir la cantidad y la frecuencia de aplicación de fertilizantes y posibilitar la utilización de formas insolubles de fósforo menos costosas

GERDEMANN, citado por SIEVERDING E (33) dice que la dependencia de la planta a la asociación micorrizal, está basada en el grado en que las plantas necesitan de la asociación con el hongo para producir un máximo de crecimiento o rendimiento a un nivel dado de fertilidad del suelo para conocer el nivel de dependencia es necesario comparar el crecimiento de las plantas

micorrizadas y no micorrizadas a diferentes niveles de fertilidad del suelo

SANCHEZ P.A. y SALINAS J.G. (26) sostienen que la M V A es conocida por aumentar la eficiencia en la nutrición fosfórica de las plantas en suelos ácidos e infértiles, debido a que en estos suelos (Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles), que se caracterizan por la baja tasa de fósforo disponible están ocupando más de las dos terceras partes de América Tropical

SAIF S.R.. (22) afirma que los hongos de M V.A son abundantes y de suma importancia ecológica en el trópico. Extensas son las áreas de suelos tropicales tales como el Cerrado de Brasil y los Llanos Orientales de Colombia que son deficientes en P o inmovilizan fertilizantes fosfóricos. Estas tierras agrícolas marginales podrían ser productivas si se desarrollaran y se adicionaran al suelo hongos micorrízicos con capacidad de utilizar cantidades extremadamente pequeñas de fertilizantes

TORRES H R (36) dice que los beneficios de la infección micorrizógena para la planta depende del nivel de infección y de la especie o cepa fungica que infecte

En muchos suelos deficientes en fosforo la infección micorrizógena se puede incrementar por la adición de fosfatos pero en suelos muy fértiles la infección decrece eventualmente, altas concentraciones internas de nitrógeno y fósforo hacen plantas inmunes a la infección

SANDERS y otros (27) citados por SANCHEZ y SALINAS, dicen que se han establecido varios géneros y especies de micorrizas vesículo-arbusculares que forman asociaciones simbióticas con raíces de ciertas plantas y como resultado de ello, ocurre un aumento en la absorción del fósforo de suelos con bajos niveles de este elemento. Muchas de las consideradas especies como tolerantes a los factores limitantes de los suelos ácidos, presentan asociaciones con micorrizas en los Oxisoles y Ultisoles entre ellos tenemos, el caupí, yuca, cítricos, guayaba, kudzu y soya. Parece razonable que la habilidad para entrar en asociaciones con micorrizas puede ser una característica importante de especies y variedades adaptadas a sistemas con bajos insumos

HOWELER R y SIEVERDING E., (12) reportan que entre 1966 y en 1977 el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria reportó que entre 12 cultivos

tropicales sólo el arroz no tenía micorrizas y que la infección en yuca y en ñame era más lenta que en maíz, cuapí y soya.

5.6 EFICIENCIA DE LOS HONGOS MICORRIZOGENOS

SIEVEREDING E. (32) dice que hasta ahora se han reconocido alrededor de 120 especies de hongos formadores de la M V A. Hay una alta variabilidad en su eficiencia (beneficio en ciertas circunstancias) con relación a la planta, de diversas condiciones físicas y químicas del suelo, así como entre especies de M V A de diferentes procedencias. Así, Glomus mosseae no se adapta a suelos ácidos y Entrophospora colombiana a suelos básicos. La E. Colombiana, aislada en los Llanos Orientales de Colombia no se adaptó a temperaturas bajas, pero sí un ecotipo procedente de Popayán, hay unas especies fungosas que son eficientes bajo casi todas las condiciones de suelo y clima como es el caso de todas las procedencias Glomus manihotis (CIAT, 1985), siempre se ha reportado que una especificidad entre una especie de planta y del hongo no existe. En general, una especie determinada de hongo M V A eficiente para una especie de planta, también puede ser efectivo para otras en las mismas condiciones edafoclimáticas; sin embargo,

varios trabajos realizados en los últimos años (CIAT 1985) indican que entre las plantas y algunos hongos M V A puede existir una asociación preferencial, en estos casos una planta específica aprovecha mejor la simbiosis si se asocia con un hongo M V A específico

AZCON G y BAREA J M , (2) comprobaron que el potencial efectivo de un suelo viene determinado por la cantidad de esporas presentes y por la intensidad de la infección de las raíces que contiene. La mayoría de las esporas y de las raíces micorrizadas se encuentran en la capa superficial del suelo. lo que quizás sea simplemente reflejo de una mayor densidad de raíces en la capa arable de los suelos, aunque no se debe olvidar que la escasez de oxígeno molecular en capas más profundas pueden ser un factor condicionante. Los mismos autores afirman que la eficiencia de las raíces en la absorción de fosfatos se ha valorado, midiendo la cantidad de P^{32} (fósforo radioactivo) captado por unidad de longitud de raíz se ha estimado que este parámetro es cuatro veces mayor para las raíces micorrizadas que para las no micorrizadas, lo que quiere decir que las raíces micorrizadas absorben los fosfatos mucho más eficazmente que las que no lo están. Las explicaciones basadas solamente en cambios morfológicos de la raíz no

justifican ese considerable incremento en la eficacia máxime cuando se conoce que los cambios morfológicos que aparentemente originan las micorrizas son insignificantes. Por otra parte, las razones basadas en suponer una mayor longevidad de las raíces micorrizadas no parecen aceptables si se tiene en cuenta que las raíces no micorrizadas son capaces de absorber fósforo durante largos períodos de tiempo.

5.7 FACTORES QUE BENEFICIAN LA M.V.A.

5.7.1 Suelo. SIEVERDING E , (32) afirma que el factor suelo se considera el más importante y ha sido estudiado en las últimas décadas más intensamente, específicamente los efectos de las condiciones físico-químicas como el pH (Graw 1979), el contenido de P (Howeler y Sieverding, 1982), el balance de nutrientes (CIAI 1985) y elementos tóxicos (Fabig, 1982). El subfactor, que posiblemente sea más determinante es el contenido de fósforo. En general se confirmó ya con muchos trabajos que el beneficio de la M V A para la planta se incrementa en suelos con baja disponibilidad de este elemento.

5.7.2 Factores ecológicos AZCÚN G y BARRA J M , (2) sostienen que diversos factores ecológicos pueden

afectar el desarrollo y actividad de las micorrizas. La luz es un factor fundamental en la infección micorrizal. plantas colocadas en ligeras penumbras la infección no sufre alteraciones de relieve, por lo contrario, cuando se le somete a grandes sombras, la infección se reduce drásticamente y la producción de esporas baja en un 80%. Igualmente las bajas temperaturas reducen también la infección y la producción de esporas.

SIEVERDING E., (32) dice que la humedad, temperatura, épocas de lluvia y sequía son factores que normalmente no son controlables directamente. Indudablemente la M V A requiere productos fotosintéticos de la planta, por lo tanto la selección de un cultivar adaptado a un clima (ambiente) dado, va a favorecer la M V A y por ende se logrará un mayor beneficio.

5.7.3. Prácticas agronómicas. SIEVERDING S., (32) afirma que las prácticas agronómicas como, preparación del terreno, aplicación de abonos y enmiendas, uso de pesticidas y bióxidos, sistemas de siembras y otros, influyen en las condiciones físico-químicas del suelo y son mecanismos para modificarlas. Todas estas prácticas pueden tener un efecto sobre los hongos M V A y por lo



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

SISTEMA DE BIBLIOTECAS

34

HEMEROTECA

Villavicencio - Meta

tanto sobre su beneficio para la planta. Es importante anotar que algunos hongos formadores de M V A son muy sensibles a ciertas prácticas agronómicas, el uso de ellas hace que se pueda favorecer o erradicar un hongo de M V.A específico

5 B IMPORTANCIA DE LA M V.A. EN EL CULTIVO DE LA SOYA

TORRES H R , (36) sostiene que la infección micorrizal tiene un gran valor para las leguminosas porque la nodulación y la fijación simbiótica de nitrógeno requiere un adecuado suplemento de fósforo, además estas plantas tienen un sistema radical relativamente restringido si se compara con el de las gramíneas, que las hacen malas competidoras por los iones de fosfato del suelo

SIEVERDING E (35) señala que algunas especies como la yuca y los cítricos no pueden sobrevivir sin micorrizas, ya que estas le dan tolerancia a condiciones adversas como acidez del suelo, altas temperaturas, cortos periodos de sequía y enfermedades radicales, en tanto que otras especies como las leguminosas en la mayoría de los casos sólo son capaces de fijar nitrógeno a través de Bradyrhizobium cuando tienen una micorriza eficiente

YOST R S y FOX R L (38) compararon el crecimiento de seis especies de plantas en suelos con diferentes niveles de P disponibles con y sin los hongos nativos de micorrizas la dependencia creciente de las micorrizas ocurrió en el siguiente orden soya, caupí, cebolla, leucaena, stylosantes y yuca Las variaciones en la dependencia de las leguminosas hacia las micorrizas probablemente se relaciona con la capacidad de una determinada especie de leguminosa para obtener P del suelo

VALDES M (37) dice que la interacción favorable entre Bradyrhizobium y los hongos formadores de micorriza vesícula-arbuscular es justamente en la rizósfera donde se inicia y sus efectos pueden alterar la fisiología de la planta Estos efectos no nutricionales, o bien simplemente, otros efectos de la simbiosis, fueron sugeridos por Mosse desde 1977

YOST R S y FOX R L , (26) citados por SANCHEZ P A y SALINAS J G , observaron en un Oxisol de Hawai, la respuesta de campo de varios cultivos al fósforo, mediante la fumigación parcial de las parcelas, dejando el resto en su estado natural, como la fumigación

eliminó la mayor parte de la población de micorrizas, su importancia se evalúa en términos de la respuesta al fósforo. Encontraron que las micorrizas influyeron en la absorción de fósforo, no sólo en los bajos niveles de P aprovechable sino hasta en niveles del orden de 0.1 ppm de fósforo en la solución del suelo para soya y de 1.6 ppm para caupí.

SCHENCK N. C. y HINSON K., (29) indican que inoculaciones de la M.V.A. con aislamiento del género *Endogone*, incrementan significativamente el crecimiento y la producción de soya. Los mismos autores encontraron que en suelos de la Florida, el género *Endogone* es el que más frecuentemente coloniza raíces de soya en condiciones naturales.

CARLING D. E. y BROWN H., (4) estudiaron la interacción soya fertilización fosfórica e inoculación con M.V.A., indicaron que seis aislamientos de *Glomus* y trece de *Gigaspora*, usando 50 y 169 kg/ha de P_2O_5 incrementaron los rendimientos y el peso de la planta.

MIRANDA J. C., (11) encontró en Brasil que con introducciones de *Gigaspora margarita* y *Glomus macrocarpus* en combinación con tres niveles de

superfosfato triple y roca fosforica en cultivos sucesivos de sorgo y soya, halló que el rendimiento fue mayor en los tratamientos con roca fosfórica y la micorriza para ambos cultivos, además observó que el cultivo de soya presentó mayor absorción de potasio, calcio y magnesio cuando era inoculado con Glomus macrocarpus

HALOS R y otros, (11) en Filipinas hicieron inoculación conjunta de diversos aislamientos de endófitos de M V A y Bradyrhizobium japonicum en soya, observaron que se incrementaron los rendimientos, el numero de vainas, el peso seco y la altura de las plantas

BAGYRAJ, y otros, (3) habían obtenido resultados similares en la India, inoculando Bradyrhizobium japonicum y Glomus fasciculatus en un suelo arenolimoso deficiente en fósforo, donde las plantas mostraron mayor nodulación, fijación de nitrógeno y crecimiento de la soya

ROSS J P (20) estudió los efectos de la inoculación de M V A en el crecimiento, nodulación y utilización de P adicionado a suelos fumigados y naturales La soya con micorrizas en suelos fumigados rindió el 12/ más que la

soya sin micorrizas en suelos a los cuales se les aplicó 176 kg/ha de P_2O_5

SCHENCK N C y HINSON A , (29) comprobaron que la inoculación con M V.A. aumentó el rendimiento de la soya en uno de dos ensayos de campo, pero sólo después de la esterilización, aumentando el contenido de aceite y proteína de la semilla en soya nodulada y en la no nodulada en el suelo esterilizado

OCHOA T G y otros. (18) en un ensayo realizado en la Universidad de Caldas, utilizando Glomus manihotis en dosis de 100 kg/ha y la variedad de soya SV-89 encontraron que el tratamiento del suelo con micorriza incrementó el ciclo del cultivo, según ellos, lo anterior obedeció al incremento en las fases de formación de vainas y del llenado de granos. En el mismo ensayo comprobaron que el mayor rendimiento (2 860 kg/ha) a nivel semicomercial superó en un 55% (1 840) al tratamiento sin micorriza, el mayor número de vainas por planta (42.4) al tratamiento con micorriza y el menor (31.5) al tratamiento sin micorriza. Estos autores encontraron que la variedad sembrada (SV-89) presentó un comportamiento normal en las etapas de desarrollo para el tratamiento sin micorrizas. El

tratamiento micorrizado mostró un comportamiento igual al del anterior hasta el inicio de la floración, las etapas entre floración y madurez fisiológica se prolongaron alcanzando esta última 114 DDS y la madurez de cosecha se obtuvo a los 135 DDS

6. HIPOTESIS

- Los máximos rendimientos se obtendrán en aquellos tratamientos donde participe la Micorriza en su dosis más alta
- Habrá mejor aprovechamiento del fósforo nativo y aplicado por parte de la planta, debido al beneficio del hongo endófito, representado en alto rendimiento y rentabilidad
- No habrá diferencias significativas con las dosis media y alta de P_2O_5 cuando se utiliza 200 kg/ha de la M V A
- Las fuentes y dosis de fósforo mostrarán diferencias significativas en cuanto a rendimiento y rentabilidad
- Los rendimientos más bajos se obtendrán en los tratamientos donde no se aplique la micorriza
- El porcentaje de infección del hongo en la raíz debe ser proporcional a la cantidad de M V A aplicada al cultivo

7. VARIABLES

7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Dosis de suelo micorrizado (0 100 200 kg/ha)
- Dosis de Superfosfato Triple (108 217 326 kg/ha)
- Dosis de Escorias Thomas (500, 1000 1500 kg/ha)
- Dosis de Roca Fosforica (227, 454, 681 kg/ha)

7.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Rendimiento
- Rentabilidad

7.3 VARIABLES INTERVINIENTES

- Factores agroclimaticos
- Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo
- Presencia de malezas plagas y enfermedades
- Variedad a sembrar

8. MATERIALES Y METODOS

8.1 LOCALIZACION

El trabajo se realizó en la granja de la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, ubicada en el kilómetro 8 vía a Puerto Lopez, Vereda el Cocuy, Municipio de Villavicencio, Departamento del Meta

8.2. CLIMA

El terreno está ubicado a 345 m s n m

Temperatura promedio de 27^oC

Precipitación promedio anual de 2350 mm

Humedad relativa promedio del 78%

8.3 CARACTERISTICAS DEL SUELO

8.3.1 Descripción del perfil

- Clasificación Taxonómica. Oxic dystropept
- Clasificación Agrológica Clase IV
- Posición Fisiográfica Terraza alta
- Relieve Plano

- Pendiente 0 5 - 1 5/
- Drenaje natural Moderadamente bien drenado
- Profundidad efectiva Medianamente profunda

8 3.2 Características físico-químicas del suelo^{1/}

Tabla 2 Características del suelo donde se efectuó el experimento

Textura	M O %	P ppm	pH	Al	Ca Mileq	Mg 100 gr suelo	K	Na	Z	Sat Al
FARL	3 0	4 4	4 4	3 25	0 82	0 26	0 13	0 04		72 2

1/ Fuente Laboratorio de Suelos de la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales

8.4 TRABAJO DE CAMPO

8 4.1 Preparación del suelo. Consistió de una arada y dos rastrilladas 25 días antes de la siembra, con el fin de facilitar la descomposición de la materia orgánica, como también disminuir en lo posible la población de micorrizas nativas al no haber durante este tiempo vegetación, teniendo en cuenta que el suelo no iba a ser esterilizado.



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

8.4.2 Materiales

Cal Dolomita (22/ Ca - 10/ Mg)

Semilla (Soyica P-33)

Bradyrhizobium (Cepa ICA J-01)

Suelo Micorrizado (Glomus + Entrophospora)

Escorias Thomas

Roca Fosforica

Superfosfato Triple

Herbicidas

Insecticidas

Urea

Cloruro de potasio

Molibdato de amonio

Estacas

Pirola

Rastrillo manual

Rollos y cámara fotográfica

Decámetro

Caneca para hacer la inoculación de la cepa

Picas y palas

Bolsas plásticas y de papel

Equipo de riego por aspersión

8.4.3 Descripción de las variables independientes

8.4.3.1 Suelo Micorrizado. Se utilizó una mezcla de hongos endófitos conformada por las especies Glomus manihotis (C-1-1) y Entrophospora colombiana (C-10), relación 1:1 con una concentración de 122 esporas por gr/suelo

8.4.3.2 Superfosfato triple. Considerada como una fuente de fósforo de alta solubilidad y bastante costosa, el contenido de P_2O_5 varía entre 30 y 46%. Una de las ventajas del S.F.T. es la de ser la fuente fosfatada simple con la mayor concentración de fósforo disponible

8.4.3.3 Escorias Thomas (Calfos). Las Escorias Thomas conocidas comercialmente en Colombia como Calfos, son un subproducto del acero, producidas por Acerías Paz del Río, poseen un contenido medio de fósforo, aproximadamente 12% de P_2O_5 . Se aplica a los suelos más por su contenido de fósforo que como material de encalamiento, pero por su poder de neutralización son adecuadas para aplicarlas en suelos ácidos deficientes en P

8.4.3.4 Roca Fosfórica. Las rocas fosfóricas se clasifican de acuerdo a su origen en Sedimentarias

Metamórficas e Igneas Alrededor del 85% de las rocas fosfóricas usadas comercialmente en el mundo son de origen sedimentario, el resto son principalmente igneas. La concentración de P_2O_5 en la roca varía entre 20% y 38%. Las rocas de Colombia tienen un contenido de 20.9% de P_2O_5 (Huila) y 19.8% (Pesca), cifras relativamente bajas en comparación a los contenidos del 30% o más que tienen las rocas del Perú y de Estados Unidos.

8.4.4 Diseño Experimental. Para la realización de este trabajo se utilizó el diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, se tomaron las dosis de micorrizas como parcelas principales y las fuentes y dosis de fósforo como subparcelas, cada parcela principal tiene diez subparcelas para un total de 30 tratamientos en un arreglo factorial de $3 \times 3 \times 3 = 27 + 3$ adicionales que corresponden a los testigos a los cuales no se les aplicó fuente de P (Véase Tabla 3)

El tamaño de cada subparcela experimental fue de 5×4 m (20m^2) y las distancias entre estas de 50 cm; las parcelas principales experimentales fueron de 22×10.5 m (234m^2), las distancias entre estas fue de 1m y 1.5 m entre repeticiones.

TABLA 3. Dosis de Micorrizas fuentes y dosis de fósforo y tratamientos

Micorriza kg/ha	Fuente de fósforo	Dosis kg/h P_2O_5	Tratamientos
0	Superfosfato triple	50	1
		100	2
		150	3
	Escorias Thomas	50	4
		100	5
		150	6
	Roca fosfórica	50	7
		100	8
		150	9
	Testigo	0	10
100	Superfosfato triple	50	11
		100	12
		150	13
	Escorias Thomas	50	14
		100	15
		150	16
	Roca fosfórica	50	17
		100	18
		150	19
	Testigo	0	20
200	Superfosfato triple	50	21
		100	22
		150	23
	Escorias Thomas	50	24
		100	25
		150	26
	Roca fosfórica	50	27
		100	28
		150	29
	Testigo	0	30

El área experimental total a utilizar fue de 2.593 m^2 . La subparcela estadística tiene un área de 12 m^2 , ya que no se tiene en cuenta 50 cm por cada lado de esta con el fin de eliminar el efecto de borde (Véase Figura 1)

8.4.5 Metodología

8.4.5.1 Aplicación del correctivo. Debido a que el suelo contenía un alto porcentaje (72.2%) de saturación de aluminio, hubo necesidad de neutralizar parte de este porcentaje aplicando Cal Dolomita (22% Ca - 10% Mg) como correctivo. Se aplicó 1.000 kg/ha de cal, 10 días antes de la siembra, con lo cual se bajaría a 45% la saturación de Al, condición que para el cultivo de la soya es alto, pero la teoría afirma que los hongos micorrízicos actúan benéficamente en esta clase de suelos ácidos.

8.4.5.2 Delimitación de parcelas. Después de aplicar el correctivo, se dejó un tiempo prudencial de 15 días para la delimitación de parcelas principales y subparcelas. Se colocaron estacas en los extremos de las parcelas principales, para que así, al unir estos extremos con la piola quedarían demarcadas las subparcelas. Debido a las características del terreno en el que se realizó el experimento, hubo necesidad de ubicar una parcela

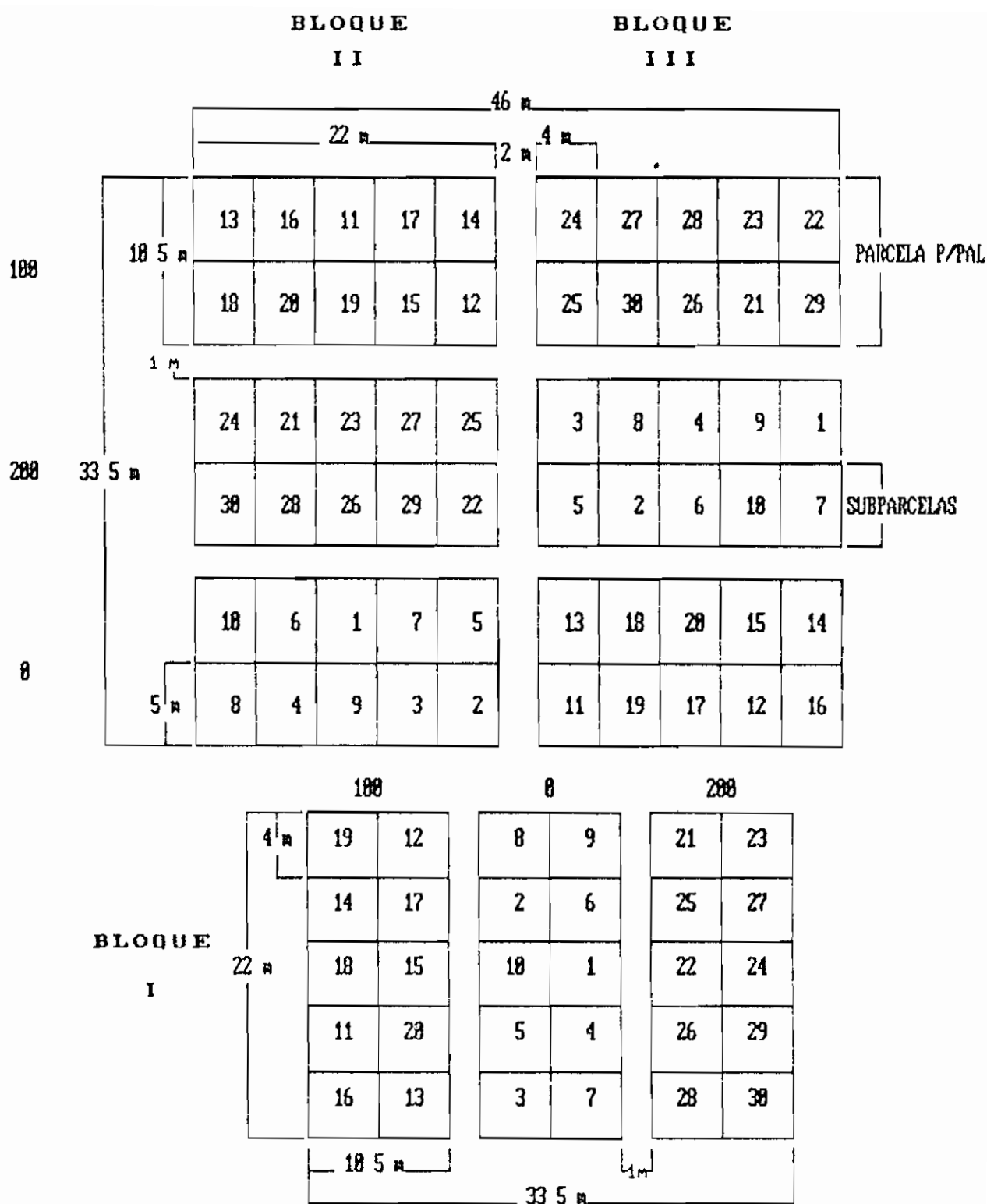


FIG. 1.- DISTRIBUCIÓN DE BLOQUES, PARCELAS PRINCIPALES, SUBPARCELAS Y TRATAMIENTOS EN EL CAMPO

principal en sentido norte a sur y las otras dos de oriente a occidente

8.4.5.3 Aplicación de la Micorriza Vesículo Arbuscular

Se hizo un día antes de la siembra a cada parcela principal se le aplicó 0, 100 y 200 kg/ha de M.V.A respectivamente se aplicó al voleo, luego se incorporó al suelo con ayuda de un rastrillo manual

8.4.5.4 Siembra e inoculación con Bradyrhizobium la siembra se hizo el día 22 de septiembre de 1990, utilizando la variedad soyica P-33 a razón de 90 kg/ha se sembró a 40 cm entre surcos y 5 cm entre plantas Se inoculó la semilla con Bradyrhizobium japonicum de la cepa ICA J-01 en dosis de 500 gr/ha, también se adicionó a la semilla Molibdato de Amonio a razón de 80 gr/ha con el fin de activar rápidamente la cepa

8.4.5.5 Aplicación de fuentes fosfatadas. Se hizo inmediatamente antes de la siembra, la aplicación de la fuente de alta solubilidad (Superfosfato Triple), se hizo en forma localizada y las fuentes de baja solubilidad (Roca fosfórica y Escorias Thomas) se hizo al voleo a razón de 50, 100 y 150 kg/ha de P_2O_5 de cada fuente

Estos fertilizantes fueron incorporados al suelo manualmente con la ayuda de un rastrillo

8.4.5.6 Fertilización con N y K Como fuente de nitrógeno se utilizó urea (46 N) a razón de 23 kg/ha, aplicado en banda a los 25 DDG

La fertilización potásica se hizo con KCl (60% K_2O), se aplicó 150 kg/ha de KCl, fraccionado en dos partes 75 kg AMS y otros 75 kg a los 25 DDG

8.4.6 Labores Agronómicas

8.4.6.1 Aplicación de herbicidas preemergentes. Se hizo al otro día de la siembra, utilizando una mezcla de 2 L/ha de DUAL 960 E C y 10 kg/ha de SENCOR WP 35 con el fin de lograr un buen control de malezas gramíneas y de hoja ancha la aplicación se hizo con bomba de espalda de 20 litros

8.4.6.2 Control de insectos plagas. La plaga que se presentó con bastante incidencia durante el desarrollo del cultivo fue la hormiga arruera (Atta sp), hizo fuerte daño a los 35 DDG por tanto ameritó hacer control químico con Lorsban a razón de 1 kg/ha se aplicó en forma asperjada donde estaban las hormigas atacando y

posteriormente se les ubicó el nido y se les insufló el producto obteniéndose excelente resultado

8.4.6.3 Labores culturales A los 60 días después de germinado el cultivo se observó una pequeña proliferación de batatilla (Ipomea batata), se controló en forma manual

8.4.7 Datos a tomar

8.4.7.1 Días a emergencia. Días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas ha emergido

8.4.7.2 Días a floración. Días transcurridos desde la emergencia hasta cuando el 50% de las plantas presentan al menos una flor abierta

8.4.7.3 Días a madurez de cosecha. Días transcurridos desde la emergencia de las plántulas hasta cuando el 90% de las plantas presentan en su totalidad vainas secas

8.4.7.4 Altura promedio de plantas a madurez fisiológica. Altura medida en centímetros desde el nivel del suelo hasta el punto de crecimiento apical

8 4 7 5 Altura de carga Altura medida en centímetros desde el nivel del suelo hasta donde se encuentra la primera cápsula

8 4 7 6 Numero de vainas por planta. Se tomaron 10 plantas por cada repetición, se contó el total de vainas y se estableció el promedio

8.4.7.7 Peso de 100 semillas. En madurez de cosecha, se tomaron 100 semillas por cada repetición se pesaron y se estableció el promedio

8 4 7 8 Numero de granos por vaina. Se tomaron 40 vainas por cada repetición se contaron los granos de cada una y posteriormente se hizo el promedio general

8 4 7 9 Rendimiento Se cosecharon las parcelas, teniendo en cuenta el efecto de borde se hizo el desgrane se eliminaron las impurezas y posteriormente se pesó este dato se extrapoló a kg/ha

8 5 TRABAJO DE LABORATORIO

8.5.1 Materiales

Muestra representativa de suelo, raíces y hojas

Bolsas de 1 kg

Aqua destilada

Beaker de 250 ml

Tamices de 500 μ m y 44 μ m

Tubos de centrifugación de 50 ml

Centrífuga

Solución de azúcar (500 gr de azúcar en 1 litro de agua)

papel filtro

Estereoscopio

Microscopio

Tubos de ensayo

KOH al 10%

HCl al 10%

Azul de tripano al 0.1% en lactofenol

Nevera

Papel whatman N°2

Lactofenol

Cajas de petri

Cubreobjetos y portaobjetos

8.5.2 Análisis biológico de muestras de suelo. Este trabajo consistió en tomar muestras representativas de suelo y rizosfera del cultivo, porque allí se ubican la mayor cantidad de esporas del hongo (Sieverding, 1984). Las muestras se tomaron a los 30, 60 y 90 DDG para posteriormente mediante la Técnica de Separación de Esporas, observar el comportamiento de estas durante el ciclo del cultivo.

8.5.3 Muestreo y análisis del área foliar. Se tomaron muestras foliares representativas de cada replicación teniendo en cuenta las primeras hojas maduras superiores. Se colocaron en bolsas de papel por separado y se llevaron al laboratorio para secarlas en la mufla a 105°C durante 24 horas para luego en el laboratorio determinar el contenido de fósforo.

8.5.4 Muestreo y coloración de raíces. Para determinar la infección del hongo en la raíz, se tomaron a los 70 DDG muestras representativas de raíces de cinco plantas para el mismo tratamiento asignadas al azar. Se tomaron raíces hasta de 20 cm de profundidad y 15 cm alrededor de la planta se pesaron aproximadamente 500 gr de raíz para ser estudiadas según el método de Sieverding propuesto en 1984, para determinar la infección de la M V A en raíces de yuca.

8.5.4.1 Transporte de las muestras. Para llevar las muestras de raíces al laboratorio se utilizaron frascos de vidrio de boca ancha que contenían una solución AFA (95 ml de ácido acético, 13 ml de formol y 200 ml de alcohol al 50%) esta solución conserva las raíces sin intervenir en el proceso de tinción.

B 5 4 2 Técnica de tinción de raíces. Para la tinción de raíces se utilizó el método propuesto por el CIAI-Proyecto Micorriza, para colorear raicillas de yuca, esta técnica es una variación del método de Philips y Hayman (1970) Consiste en

Se separan las raíces del suelo Se lavan y se colocan en tubos de ensayo Se aplica KOH al 10% hasta que todas las raíces queden inundadas Se dejan de uno a cuatro días a temperatura ambiente, si hay raíces con muchos pigmentos se calientan las raíces en KOH por 10 minutos (60 - 70°C) en baño María Se decanta Se lavan las raíces con agua destilada una vez Se aplica HCl al 10% y se agita para que haya buena neutralización del KOH hasta que las raíces tomen un color blanco (se dejan las raíces entre 15 y 30 min en HCl al 10%) Se decanta el HCl y se lavan una sola vez las raíces con agua Se aplica azul de tripano al 0.1% en lactofenol Se dejan las raíces uno o varios días

Se decanta y la decantación lactofenol con azul de tripano al 0.1% se filtra en papel Whatman No 2 para utilizarlo otras dos veces Se aplica nuevamente lactofenol para extraer el exceso de colorante de las

raíces y preservarlas. Se corta el material coloreado en pedazos de uno hasta dos centímetros distribuyéndolos al azar en una caja de petri y colocándolos paralelamente en una lámina. Se montan las raíces con un medio (agua) y se tapan con un cubreobjetos. Se mueve la lámina por medio del carro portaobjeto del microscopio bajo un cierto objetivo, se cuentan los campos infectados o no infectados. La evaluación visual de estructuras y el conteo de campos infectados por vesículas es recomendable. Finalmente tenemos que

$$\% \text{ infección} = \frac{\text{No Campos infectados}}{\text{No Total de campos observados}} \times 100$$

8.5.5 Otros parámetros a determinar.

- Contenido del P en la planta
- Evolución del P en el suelo
- Evolución de las esporas en el suelo
- Porcentaje de infección del hongo en la raíz

9. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 OBSERVACIONES DE CAMPO

Los datos de campo obtenidos en este experimento se les realizó el respectivo análisis de variancia y la prueba de Tukey.

Para tratar de disminuir el error experimental se dio cumplimiento a las prácticas agronómicas demandadas por el cultivo durante su desarrollo.

Al inicio de la siembra no se presentaron buenas condiciones de humedad la precipitación fue escasa razón por la cual hubo necesidad de aplicar riego por aspersión para estimular la germinación de las semillas garantizando de esta forma el establecimiento del cultivo. Posteriormente se presentó una etapa lluviosa suficiente para abastecer las necesidades de agua del cultivo. En la Tabla 5 del Anexo se presenta la distribución de la precipitación en mm para el segundo semestre del 90.

Un inconveniente que ocasionó problemas al cultivo fue el daño causado por las cabras de la Universidad las cuales defoliaron algunas parcelas. Otra plaga que tuvo incidencia en el desarrollo del cultivo fue la hormiga arriera (Atta sp) se controló con la aplicación de Lorsban (Clorpirifos) a razón de 1 kg/ha.

Respecto a las etapas del desarrollo del cultivo se tuvo que la germinación fue homogénea en todos los tratamientos presentándose ésta a los cuatro días después de la siembra no obstante en aquellas parcelas donde quedaron algunos espacios sin riego, hubo necesidad de hacer resiembras. La floración se inició aproximadamente a los 40 días después de la germinación siendo también uniforme en todos los tratamientos. En cuanto a la madurez de cosecha, las plantas micorrizadas mostraron un comportamiento diferente después de la etapa de floración, se mostraron más vigorosas y tuvieron mejor desarrollo, esta situación fue más notoria cuando se aplicó 200 kg/ha de M.V.A. Además las plantas alargaron su ciclo de madurez, por tal razón, estas parcelas se cosecharon aproximadamente ocho días después de haberse cosechado las plantas que no recibieron el hongo formador de M.V.A. Las plantas no

micorrizadas se cosecharon a los 100 DDS y las micorrizadas (100 y 200 kg/ha de M V A), se cosecharon a los 108 DDS

Lo anterior puede deberse a que, en los primeros 40 días del cultivo, el hongo apenas estaba en proceso de infección y distribución en la raíz, y es a partir de la etapa de floración que se empieza a ver el efecto de la micorriza en las plantas

Los tratamientos testigos fueron los que maduraron más rápido, al igual que aquellas plantas a las que se les aplicó Roca Fosfórica y no fueron micorrizadas

9.2 ANALISIS ESTADISTICO

9.2.1 Días a madurez de cosecha. Según el análisis de varianza para esta variable el cual se presenta en la Tabla 1 se observa que sí hubo diferencia altamente significativa en los tratamientos donde se incorporó el hongo micorrizógeno al suelo, también para las diferentes fuentes de P y dosis de P. No se presentó diferencia significativa en las interacciones Fuente por Dosis de P, Dosis de M V A por Fuente de P, Dosis de M V A por Dosis de P y dosis de M V A por Fuente de P

TABLA 4 Análisis de varianza para la variable días a madurez de cosecha

F U	C L	S C	C M	F C	F T	
Repetición	2	6 00	3 00	11 30	6 94	**
Hicorizas (H)	2	450 07	225 03	847 31	6 94	**
Fuente de P (FP)	2	5 40	2 70	10 19	6 94	**
Dosis de P (DP)	2	3 85	1 92	7 26	6 94	**
FP y DP	4	2 07	0 51	1 95	6 39	NS
H y FP	4	2 07	0 51	1 95	6 39	NS
H x DP	4	0 29	0 07	0 28	6 39	NS
H x FP x DP	8	0 30	0 07	0 28	6 04	NS
Error	4	56 59	14 15			

C U = 0 51

* Presentan diferencia significativa al nivel 5%

** Presentan diferencia altamente significativa al nivel 1%

NS No presentan diferencia significativa

por Dosis de P Este hecho explica que en el alargamiento de los días a madurez de cosecha del cultivo, interviene principalmente la micorriza, cuando se aplica 200 kg/ha del hongo endófito

Segun la prueba de Tukey, Tabla 5, se observó que hay diferencias estadísticas para esta variable cuando se aplica 200 kg/ha de M V A Con las dosis 0 y 100 kg/ha M V A no hay diferencia estadística Con las fuentes de fósforo, se observa diferencia estadística significativa de la Roca Fosfórica con respecto a Escorias Thomas y Superfosfato Triple (Véase Figura 2) Con las dosis de P, se observa diferencia estadística de la dosis baja (50 kg/ha P_{205}) con respecto a la dosis media y alta (100 y 150 kg/ha P_{205}). (Ver Tabla 6)

El análisis de varianza para esta variable muestra un coeficiente de variación bajo (0.51), lo cual significa que el error experimental es mínimo y los datos muestran alta confiabilidad

Los resultados anteriores concuerdan con los obtenidos por Ochoa y colaboradores (18), quienes al aplicar la M V A a un cultivo de soya, encontraron que se incrementaba el ciclo del cultivo en 20 días, las

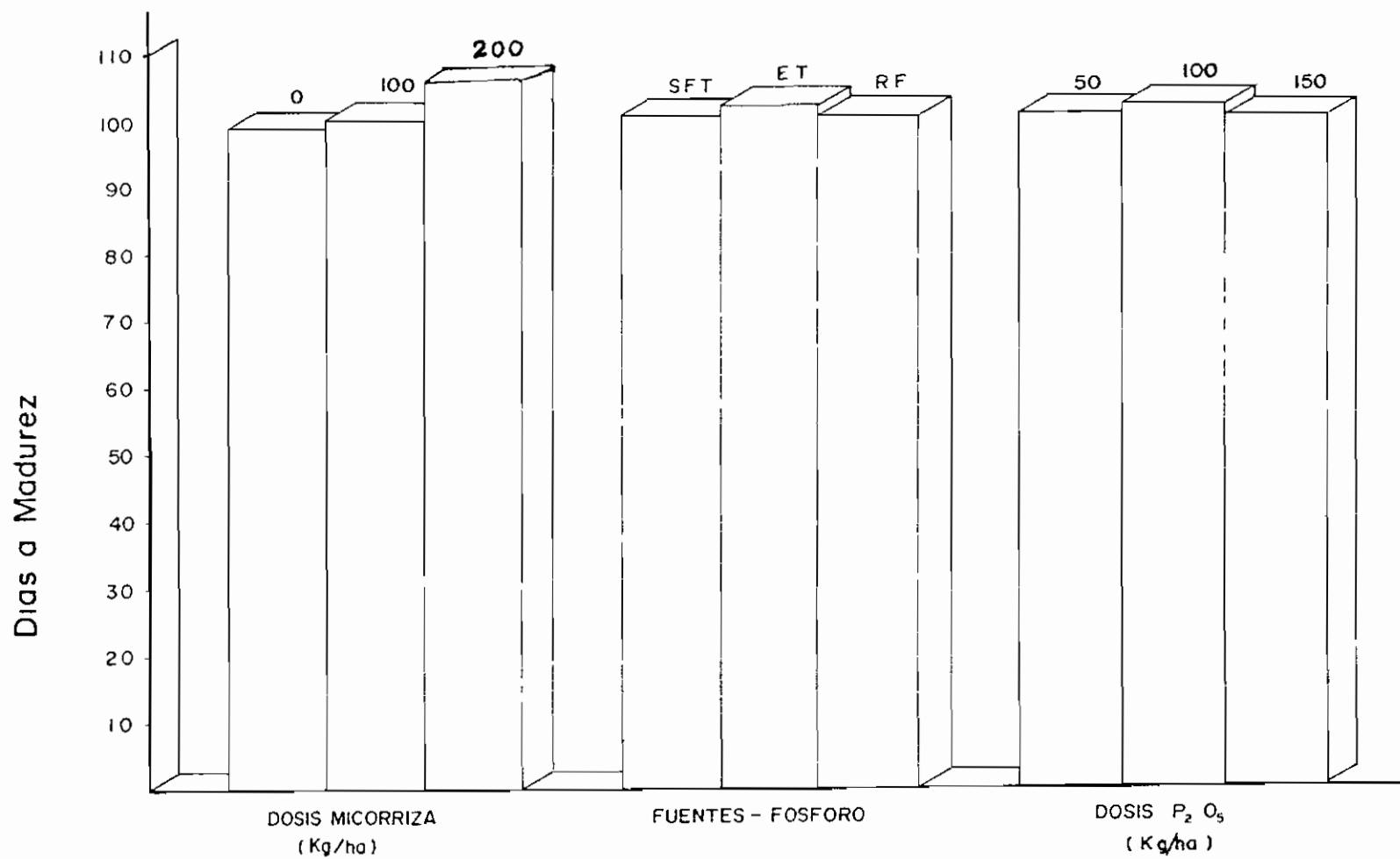


Fig 2 Dias a madurez de cosecha de la Soya bajo tres dosis de micorriza tres fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990 B

TABLA 5 Comparación de medias para las dosis de micorriza (DM) en las variables días a madurez de cosecha (DMC), altura de plantas (AP) y altura de carga (AC) en centímetros.

DM	DMC	AP	AC
0	48 37 b	36 52 b	4 98 a
100	100 07 b	40 14 a	10 37 a
200	106 00 a	42 03 a	10 26 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey

TABLA 6 Comparación de medias para las dosis de P en las variables días a madurez de cosecha (DMC), altura de plantas (AP) y altura de carga (AC) en centímetros

Dosis de P	DMC	AP	AC
50	100.52 a	38.02 b	4.67 b
100	100.89 a	40.55 a	10.18 b
150	101.03 a	40.16 a	10.65 a

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey

parcelas micorrizadas las cosecharon a los 135 DDS, mientras que las no micorrizadas las cosecharon a los 114 DDS. Estos mismos autores afirman que la prolongación del ciclo del cultivo en las plantas micorrizadas, obedeció al incremento de tiempo en las fases de formación de vainas y llenado de granos. También Sieverding (31) dice que el hongo dura de 10 días a varias semanas para formar micelio externo y en este momento la simbiosis empieza a funcionar en forma benéfica para la planta alterando ciertos procesos fisiológicos, de esta forma la planta puede incrementar su ciclo biológico.

9.2.2 Altura de plantas a madurez de cosecha. Según el análisis de varianza para esta variable, el cual se presenta en la Tabla 7, se observa que sí hubo diferencia altamente significativa para las dosis de M V A y para las fuentes de fosforo. Se presentó diferencia significativa para la interacción Fuentes de P por Dosis de P. No se observó diferencia significativa entre las Dosis de P tampoco para las interacciones Dosis de M V A por Fuente de P, Dosis de M V A por Dosis de P y Dosis de M V A por Fuentes de P por Dosis de P.

TABLA 7 Análisis de varianza para la variable altura de plantas en centímetros

F U	S L	S C	C M	F C	F T	
Repetición	2	335 30	167 65	6 78	6 44	*
Micorriza (M)	2	425 10	212 55	8 59	6 94	**
Fuente de P (FP)	2	1248 83	624 41	25 24	6 34	**
Dosis de P (DP)	2	100 70	50 35	2 04	6 14	NS
FP x DP	4	290 95	72 74	7 44	6 34	*
M x FP	4	168 36	42 08	1 70	6 39	NS
M x DP	4	24 26	6 26	0 25	6 39	NS
M x FP x DP	8	361 80	45 22	1 83	6 04	NS
Error	4	924 70	231 18			

C U = 12 56

* Presentan diferencia significativa al nivel 5

** Presentan diferencia altamente significativa al 1%

NS No presentan diferencia significativa



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

SISTEMA DE BIBLIOTECAS

HEMEROTECA

Villavicencio - Meta

Segun prueba de Tukey Tabla 5 se observa que hay diferencia estadística para esta variable, cuando se aplicó la dosis media y alta (100 y 200 kg ha M V A) con respecto a aquellos tratamientos sin micorrizar. Con las fuentes de fósforo se observa diferencia estadística significativa de la Roca Fosfórica al compararla con Escorias Thomas y Superfosfato Triple (Figura 3). Con las tres dosis de P aplicadas no se presenta diferencia estadística significativa entre ellas.

Segun el anterior analisis la micorriza y dos fuentes de fósforo (E Thomas y S F T) incidieron en la altura de las plantas situación similar encontró Gerdemann, citado por Sieverding (33) cuando dice que la dependencia de la planta a la asociación micorrizal está basada en el grado en que las plantas necesitan de la asociación con el hongo para producir un mayor crecimiento y/o rendimiento. También Baqiraj y colaboradores (3) al aplicar Glomus fasciculatus en un suelo deficiente de P en un cultivo de soya, observaron mayor nodulación y crecimiento de ésta.

9.2.3 Altura de carga en centímetros. Segun el análisis de varianza para esta variable el cual se

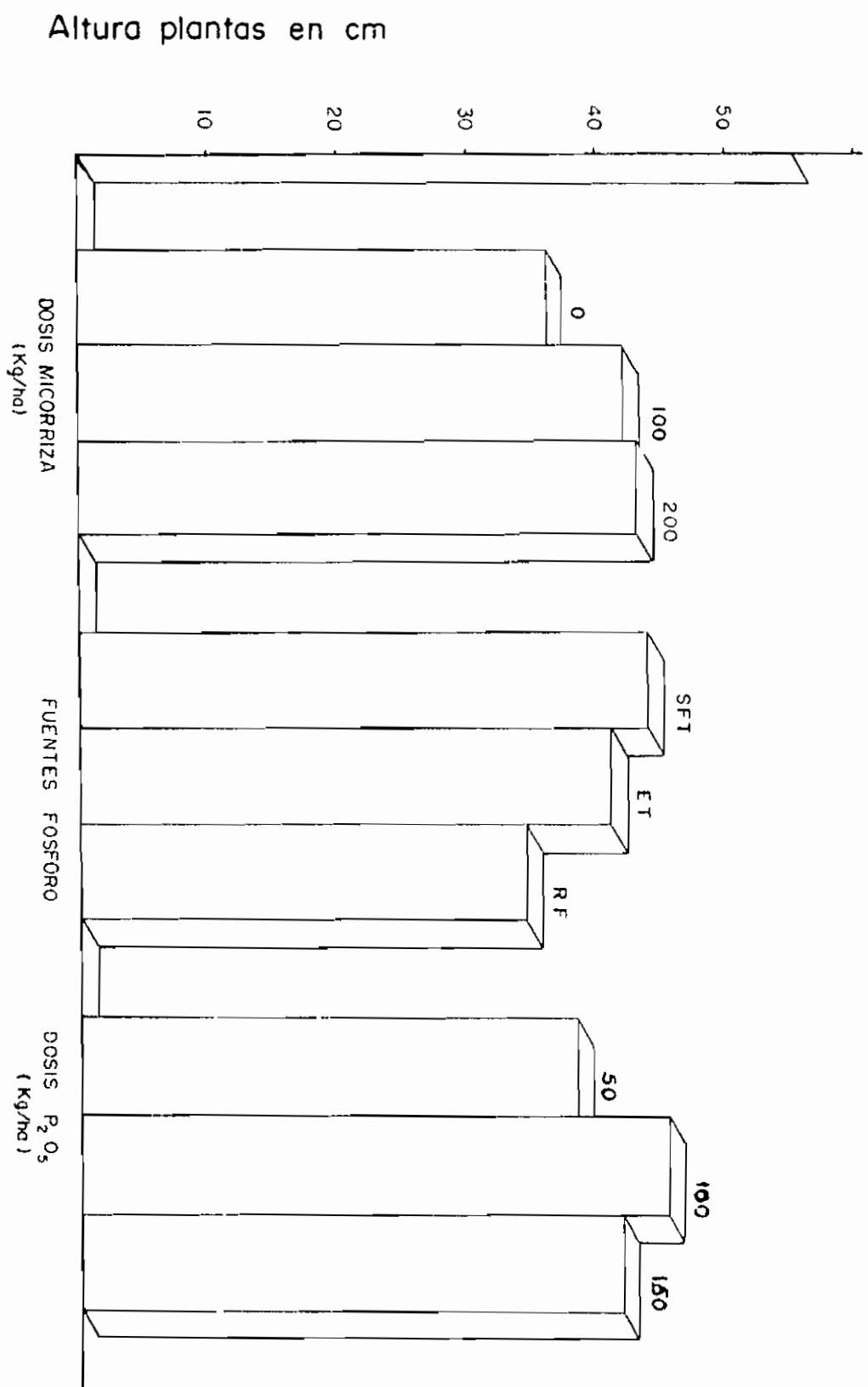


Fig 3 Altura de los plantas de Soya bajo tres niveles de micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 1990 B

presenta en la Tabla 8 se observa que si hubo diferencia altamente significativa en las tres dosis de P_2O_5 aplicadas

Hay diferencia significativa para las fuentes de P y para las interacciones Fuentes de P por Dosis de P. No hay diferencia significativa para las Dosis de M V A, ni en sus interacciones M.V.A por Fuentes de P, M.V.A por Dosis de P y M.V.A por Fuentes por Dosis de P.

Según la prueba de Tukey, Tabla 6, muestra que hay diferencia estadística significativa para esta variable, cuando se aplicó la dosis media y baja de P_2O_5 (50 y 100 kg/ha) con respecto a la dosis alta de P_2O_5 (150 kg/ha). Con las fuentes de P, se observó diferencia estadística de la Roca Fosfórica respecto a E. Thomas y Superfosfato Triple (Ver Tabla 9). Con las dosis de M V A aplicadas al cultivo, no se observó diferencia estadística significativa (Véase Figura 4).

Según este análisis la micorriza no influye sobre la altura de carga en la soya. La literatura no reporta datos al respecto que afirme o contradiga lo expresado anteriormente.

TABLA 8 Analisis de varianza para la variable altura de carga en centímetros

F U	C L	S ²	C M	F C	F T	
Repetición	2	0.75	0.37	0.32	6.94	HS
Micorriza (H)	2	3.63	1.82	1.56	6.94	HS
Fuente de P (FF)	2	11.90	5.94	7.12	6.94	*
Dosis de P (DP)	2	12.98	6.49	7.59	6.94	**
FP x IP	4	16.17	4.04	8.48	6.39	*
H x FP	4	9.62	2.40	2.07	6.39	HS
H x DP	4	10.69	2.67	2.30	6.39	HS
H x FP x IP	4	9.06	1.13	0.98	6.04	HS
Error	1	0.98	0.24			

C U = 10.60

* Presentan diferencia significativa al nivel 5%

** Presentan diferencia altamente significativa al 1%

HS No presentan diferencia significativa

TABLA 9 Comparación de medias para las diferentes fuentes de fósforo en las variables días a madurez de cosecha (DMC) altura de plantas (AP) y altura de carga (AC) en centímetros

Fuente de P	DM	AP	AC
S F T	100 85 a	43 56 a	10 23 a
E Thomas	101 11 a	40 93 a	10 60 a
R Fosforica	100 46 b	34 23 b	4 67 b

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey

9.2.1 **Numero de vainas por planta.** Segun el análisis de variancia para esta variable, el cual se presenta en la Tabla 10 se observa que sí hubo diferencia altamente significativa para las dosis de M V A y también para las fuentes y dosis de P. Hubo diferencia significativa en los tratamientos donde interactuó las dosis del hongo con las fuentes fosfatadas. No se presentó diferencia significativa en las interacciones Dosis de M V A por dosis de P, Fuentes de P por Dosis de P y Dosis de M V A por Fuentes de P por Dosis de P.

La prueba de Tukey (Tabla 11) muestra que hay diferencia estadística significativa para cada dosis de micorriza aplicada al cultivo para la variable numero de vainas por planta. Con las fuentes de P se observa que hay diferencia estadística de la Roca Fosfórica respecto a S F T y E Thomas (Ver Tabla 12). Las dosis de P_2O_5 baja y media (50 y 100 kg/ha) presentan diferencia estadística con respecto a la dosis alta de P_2O_5 (150 kg/ha) (Ver Tabla 13 y Figura 5).

Segun el análisis estadístico para esta variable, se tiene que hay aumento en el numero de vainas por planta cuando se aplica M V A al cultivo y esta situación se

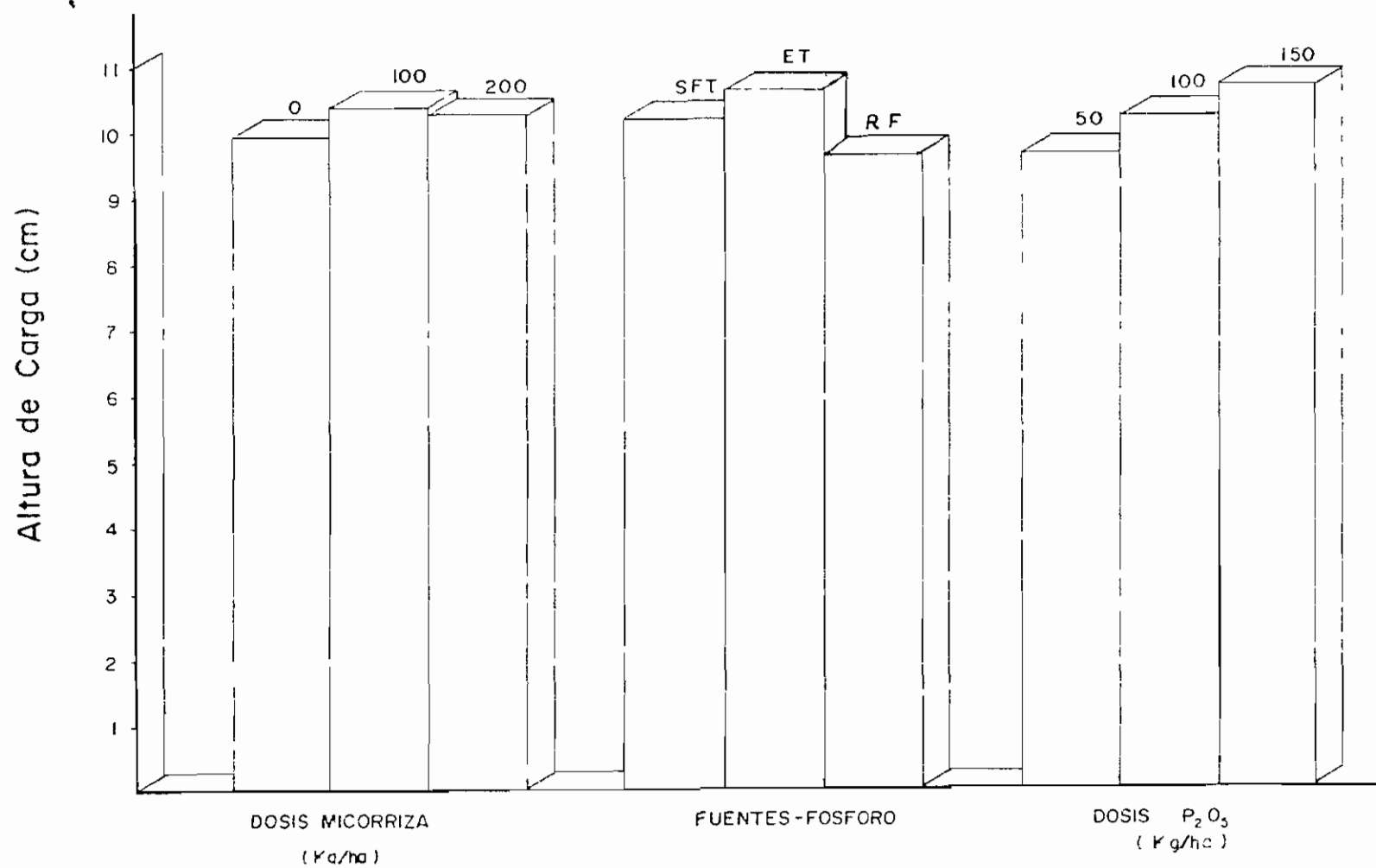


Fig 4 Altura de carga de la Soya bajo tres niveles de Micorriza, tres fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990

TABLA 10 Análisis de Varianza para la variable número de vainas por planta

F U	I	S C	M	F c	I T	
Repetición	1	140 40	70 50	3 42	6 14	NS
Micorrizas (M)	1	433 90	221 95	10 78	6 94	**
Fuente de P (FP)	1	236 81	118 40	15 75	6 94	**
Dosis de P (IP)	2	484 50	242 25	11 76	6 94	**
FP x IP	4	16 54	4 13	0 20	6 33	NS
M x FP	1	275 30	68 83	3 34	3 19	*
M x DP	4	86 03	21 51	1 04	6 34	NS
M x FP x IP	3	163 84	20 48	0 99	6 04	NS
Error	1	19 31	4 83			

$\alpha = 0.01$

* Presentan diferencia significativa al nivel 5

** Presentan diferencia altamente significativa al 1

NS No presentan diferencia significativa

TABLA 11 Comparación de medias para las dosis de micorriza (DM) en las variables número de vainas por planta (NUP) índice de semillas (IS) número de granos por vaina (NGV) y rendimiento (R)

DM	NUP	IS	NGV	R
0	15.27 c	14.05 a	2.53 b	754.16 c
100	17.43 b	14.18 a	2.62 a	785.82 b
200	19.45 a	14.47 a	2.71 a	1031.80 a

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa

TABLA 12 Comparación de medias para las diferentes fuentes de fósforo en las variables número de vainas por planta (NUP) índice de semillas (IS), número de granos por vaina (NGU) y rendimiento (R)

Fuente de P	NUP	IS	NGU	P
S F T	19 14 a	14 16 a	2 66 b	1018 13 a
E Thomas	19 04 a	14 88 a	2 74 a	1052 34 a
R Fosforica	15 47 b	14 16 a	2 59 b	501 30 b

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey

TABLA 13 Comparación de medias para las dosis de P_2O_5 en las variables número de vainas por planta (NVP) índice de semillas (IS) número de granos por vaina (NGU) y rendimiento (R)

Dosis de P_2O_5	NVP	IS	NGU	R
50	15 08 b	13 80 b	2 57 b	685 72 c
100	17 53 b	14 67 a	2 70 a	879 45 b
150	21 04 a	14 73 a	2 70 a	1006 60 a

Medias con la misma letra no presentan diferencia estadística significativa según prueba de Tukey

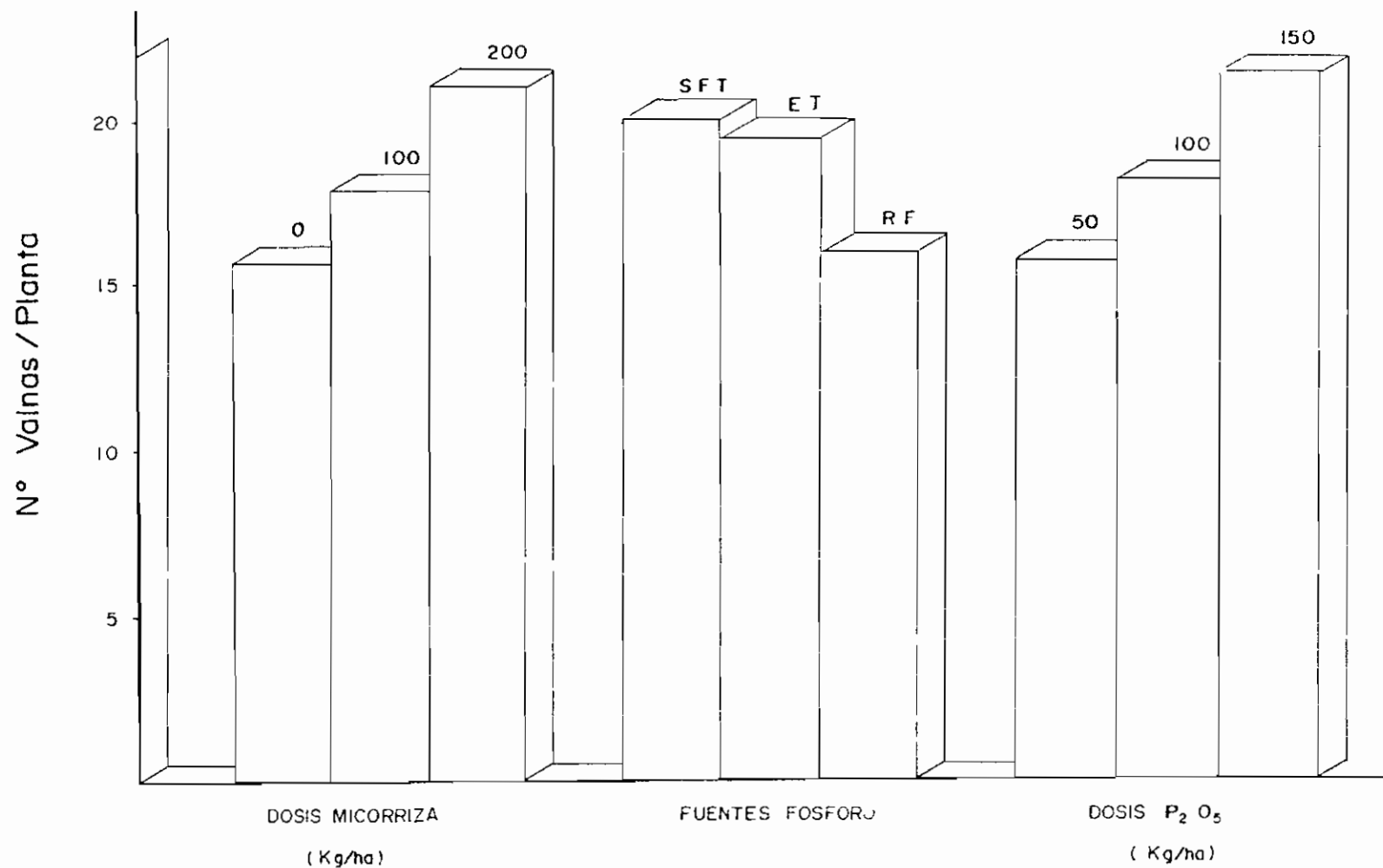


Fig 5 Número de Vainas por planta de Soya bajo res niveles de Micorriza tres fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990 B

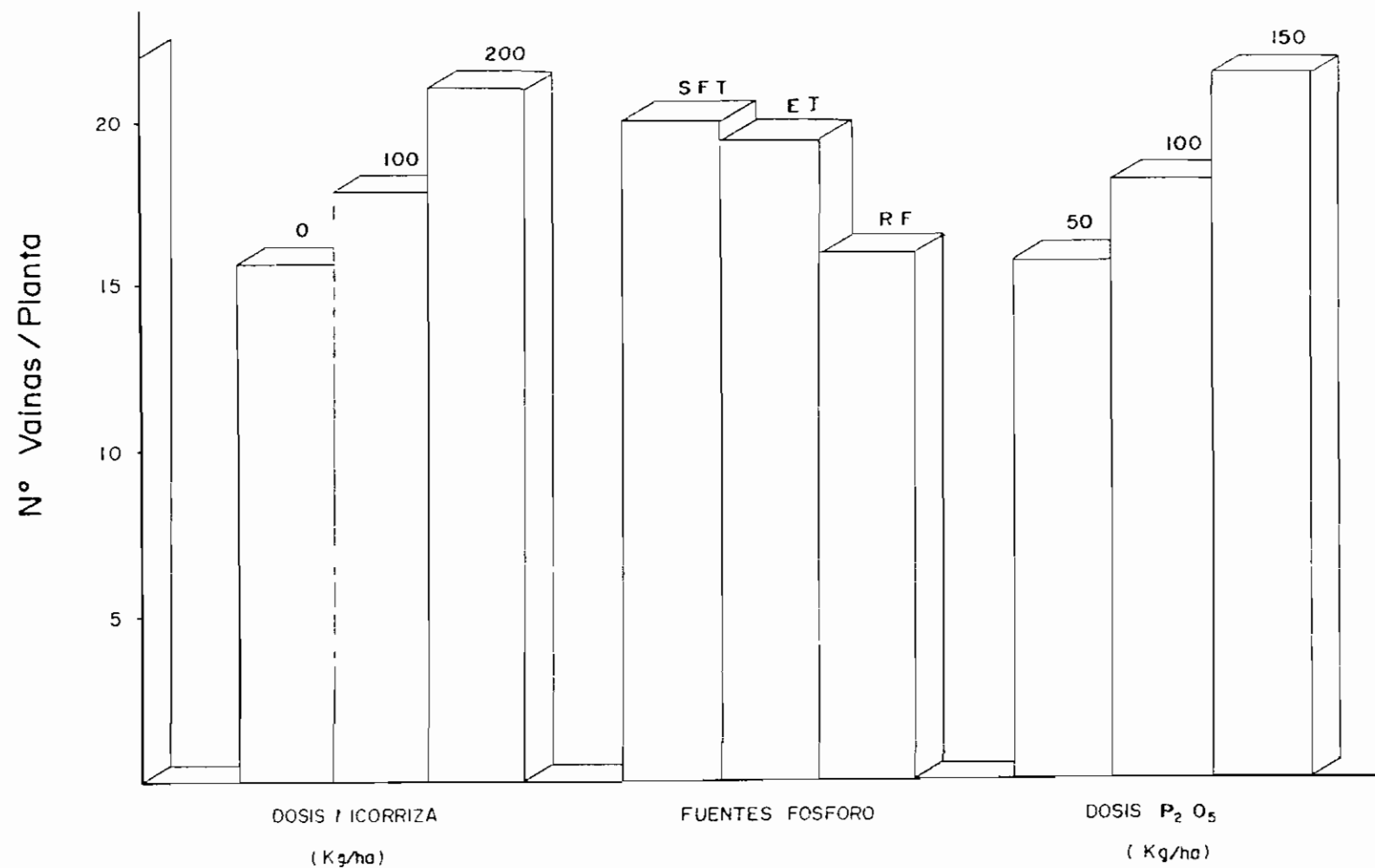


Fig 5 Numero de Vainas por planta de Soya bajo tres niveles de Micorriza, tres fuentes y tres dosis de P_2O_5 990 B

favorece cuando se aplican fuentes de fósforo que interactúen positivamente con el hongo. De igual forma, Halos y otros (11) en Filipinas, encontraron aumento en el número de plantas de soya que habían sido inoculadas con endófitos de M V A. También, Ochoa y colaboradores (18) al inocular Glomus manihotis en la variedad de soya SV-89 observaron incrementos en el número de vainas de las plantas con respecto a los tratamientos sin micorrizar.

9.2.5 Peso de 100 semillas (Índice de Semillas) Según el análisis de varianza para esta variable, el cual se presenta en la Tabla 14, se observa que sí hubo diferencia significativa entre las dosis de fósforo. No se presentó diferencia significativa entre las dosis de M V A, las fuentes de P y sus respectivas interacciones.

Según la prueba de Tukey, Tabla 13, se observa que únicamente hay diferencia estadística para las dosis de fósforo, de la menor (50 kg/ha P_2O_5), con respecto a las otras dos (100 y 150 kg/ha P_2O_5). No hay diferencia significativa entre las dosis de M V A, fuentes de P y sus interacciones. Ver Tablas 11 y 12 y Figura 6.

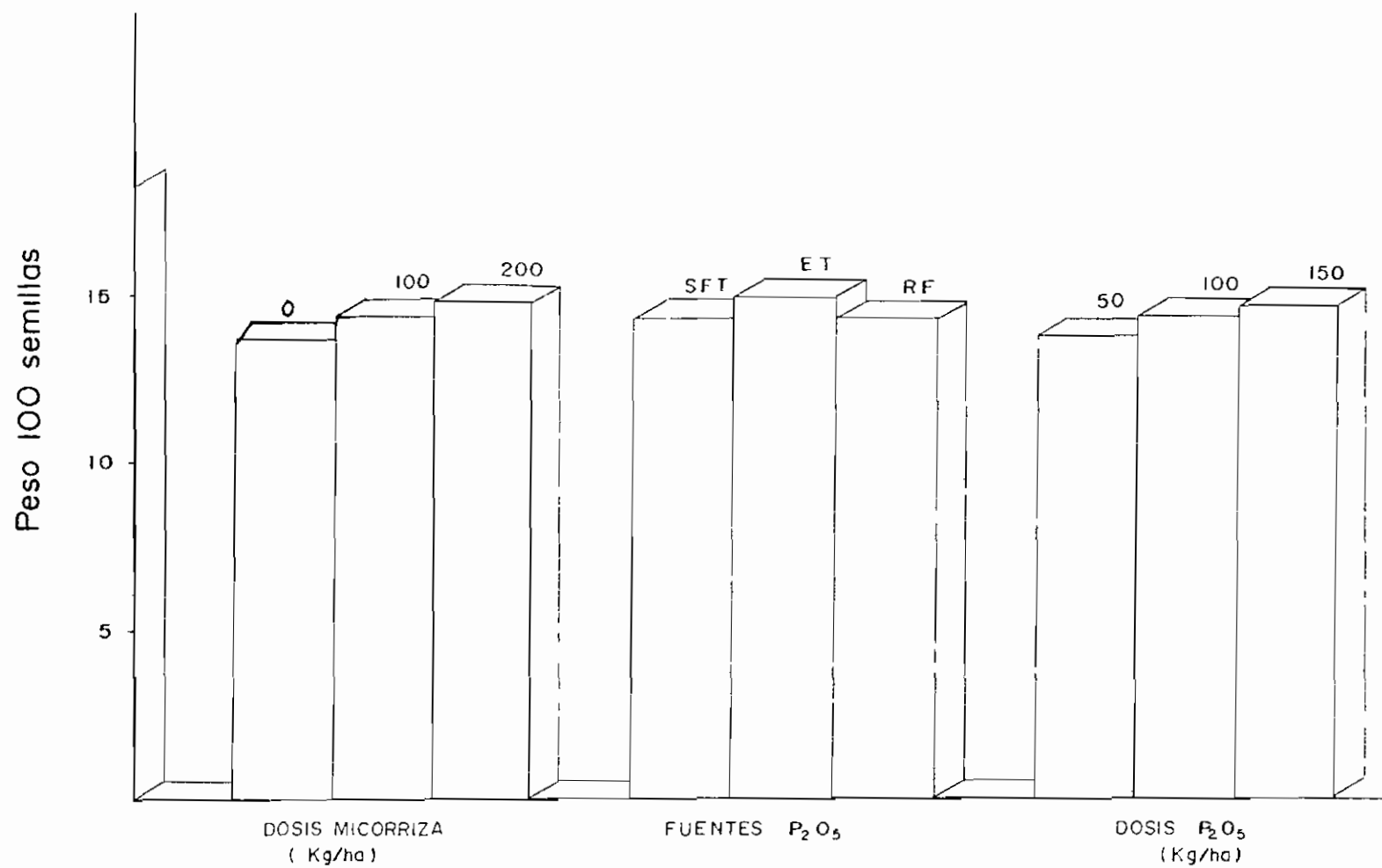


Fig 6 Peso de 100 semillas de Soya bajo tres niveles de Micorriza, res fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990 B

Con base en este análisis, el hongo micorrizógeno no interviene en el aumento de peso de las semillas de soya dichos resultados no concuerdan con los obtenidos por Ross (20) cuando comparó la respuesta de la soya en un suelo esterilizado con otro sin esterilizar, observó que al aplicar al suelo esterilizado M V A estas plantas presentaron semillas grandes y contenían mayor porcentaje de proteínas

9.2.6 Numero de granos por vaina. Según el análisis de variancia para esta variable el cual se presenta en la tabla 10 se observa que sí hay diferencia altamente significativa entre las fuentes de P y también entre las dosis de P. Hay diferencia significativa para las dosis de M V A. No hay diferencia significativa para las interacciones Fuentes de P por Dosis de P, Dosis de M V A por Fuentes de P, Dosis de M V A por Dosis de P y Dosis de M V A por Fuentes de P por Dosis de P.

Según prueba de Tukey, Tabla 11, se observa que hay diferencia estadística significativa para esta variable, entre las dosis 100 y 200 kg/ha de M V A con respecto a los tratamientos sin micorrizar. Con las fuentes de P, hay diferencia estadística de Escorias Thomas con

TABLA 15 Análisis de varianza para la variable número de gramos por vaina

F U	D.F.	S.S.	C.M.	F.C.	F.T.	
Repeticiones (R)	2	0.018	0.009	0.62	6.94	NS
Hierarizas (H)	2	0.130	0.065	7.55	6.94	*
Fuente de P (FP)	2	0.285	0.143	9.97	6.94	**
Dosis de P (DP)	2	0.343	0.172	12.00	6.94	**
FP x DP	4	0.124	0.032	2.16	6.39	NS
H x FP	4	0.074	0.019	1.29	6.39	NS
H x DP	4	0.026	0.007	0.46	6.39	NS
H x FP y DP	8	0.233	0.030	2.04	6.04	NS
Error	4	0.036	0.009			

C.U. = 4.5

* Presentan diferencia significativa al nivel 5

** Presentan diferencia altamente significativa al nivel 1%

NS No presentan diferencia significativa

respecto a S F T y Roca Fosfórica Ver Tabla 12 También hay diferencia estadística entre la aplicación de 50 kg/ha $P_{2}O_{5}$ con respecto a 100 y 150 kg/ha de $P_{2}O_{5}$ Ver Tabla 13 y Figura 7

9.2.7 Rendimiento Según el análisis de varianza para esta variable el cual se presenta en la Tabla 16, se observa que si hubo diferencia altamente significativa cuando se aplicó la micorriza al cultivo También hay diferencia altamente significativa para las dosis de P Fuentes de P y las interacciones Dosis de M V A por Fuentes de P, Dosis de M V A por Fuentes de P y por Dosis de P No hay diferencia estadística significativa para la interacción Dosis de M V A por Dosis de P

En la prueba de Tukey, Tabla 11, se observa que hay diferencia estadística significativa para esta variable entre las dosis alta de M V.A (200 kg/ha) con respecto a 0 y 100 kg ha de M.V A. También hay diferencia estadística entre la fuente Roca Fosfórica con respecto a Superfosfato Triple y Escorias Thomas estas dos últimas fuentes no presentan diferencia significativa entre sí para la variable rendimiento (Ver Tabla 12) Con la dosis de P se presenta diferencia estadística significativa entre cada una de ellas respectivamente (Ver Tabla 13 y Figura 8)

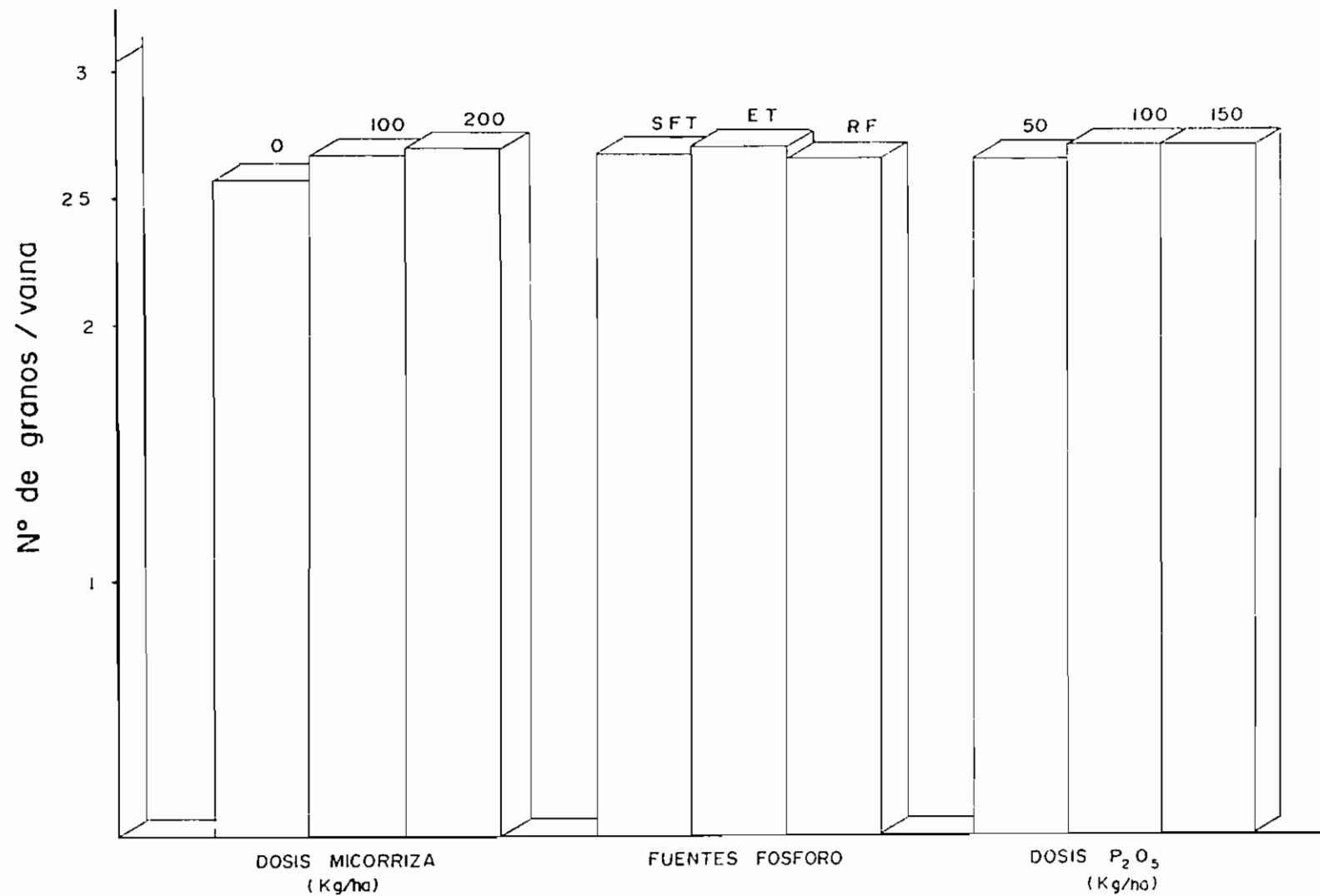


Fig 7 Numero de granos / vaina de la Soya bajo tres niveles de Micorriza, tres fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990 B

TABLA 16 Analisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha

F U	C L	S	C M	F C	F T	
Repeticiones P)	2	2 04	6346 47	0 24	6 14	NS
Nicotrizas M)	2	6 43	623629 05	23 25	6 14	**
Fuente de P FP)	2	3 81	2573700 75	15 16	6 14	**
Dosis de P DP)	2	6 63	704926 86	26 28	6 14	**
FP x DP	4	0 23	97119 95	7 62	6 14	*
M x FP	4	4 19	112506 41	14 19	6 14	**
M x DP	4	1 05	30691 43	1 14	6 14	NS
M x FP x DP	8	15 57	245822 28	9 17	6 14	**
Error	4	0 21	24511 61			

" = 12 30

* Presentan diferencia significativa al nivel 5%

** Presentan diferencia altamente significativa al 1

NS No presentan diferencia significativa

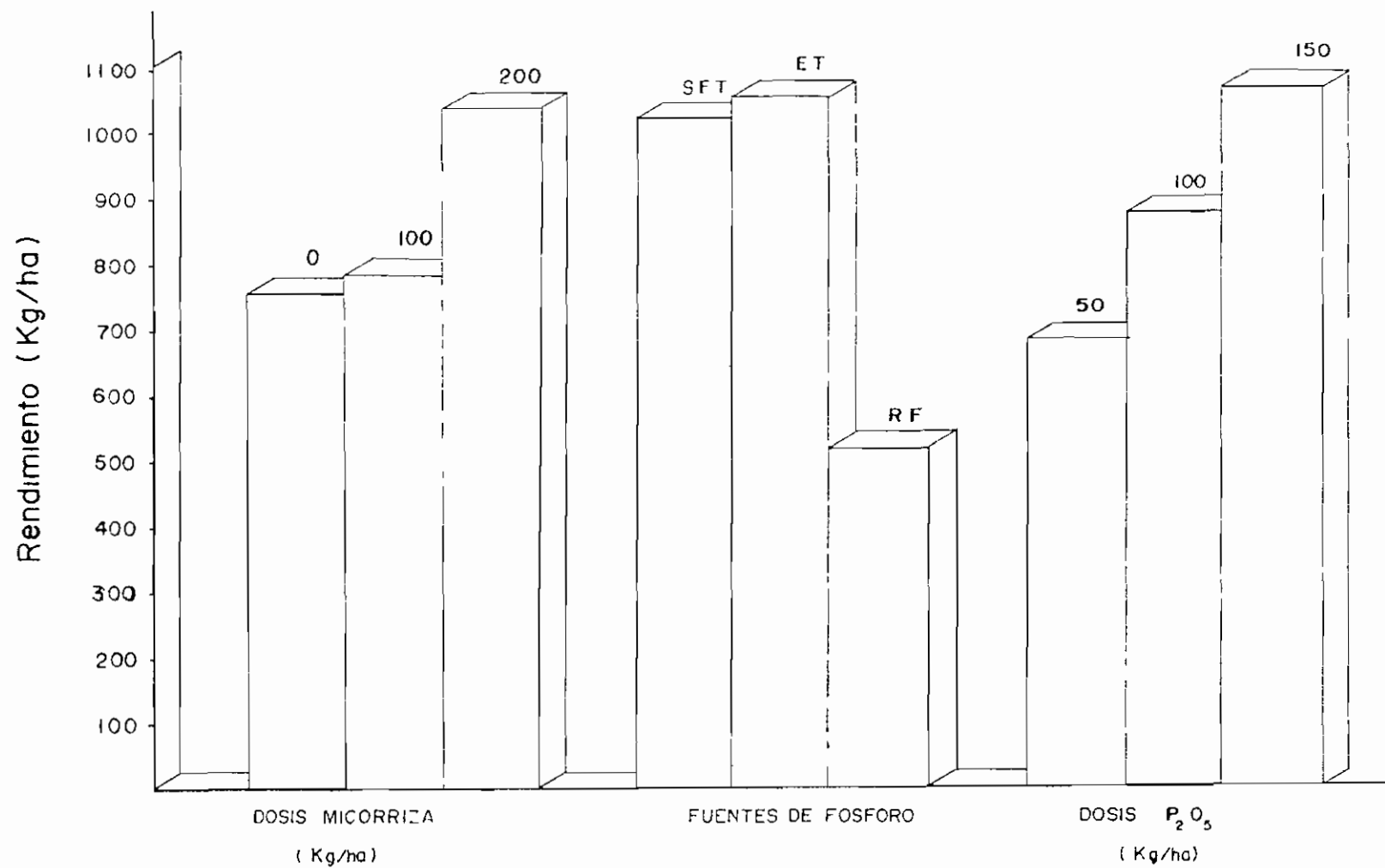


Fig 8 Rendimiento de la Soya bajo tres dosis de Micorriza tres fuentes y tres dosis de P₂O₅ 1990 B

Se encontro que el mayor rendimiento de grano fue de 1 752 kg ha correspondiendo al tratamiento 26 conformado por 200 kg ha de M V A. y 150 kg de P_2O_5 proveniente de la fuente fosfórica Escorias Thomas seguido por el tratamiento 22 (200 kg/ha de M.V A y 100 kg/ha P_2O_5 fuente Superfosfato Triple) cuyo rendimiento por hectárea fue 1.487 kg de grano (Ver Figura 9, 10 11 y 12)

Los promedios de rendimiento en kg ha de cada uno de los tratamientos incluyendo los testigos se presentan en la Tabla 1 del Anexo

Los tratamientos con Roca Fosfórica presentaron bajos rendimientos (501 kg/ha) y los testigos produjeron tan solo 342 kg/ha en promedio (Ver Tabla 4 del Anexo)

En general se presentó baja producción por hectarea debido a diversos factores que tuvieron incidencia en el desarrollo cultivo entre ellos regular distribución de lluvias presencia de plagas y alta saturación de aluminio

Con base en estos resultados se destaca la importancia de la M V A en el incremento del rendimiento de la soya

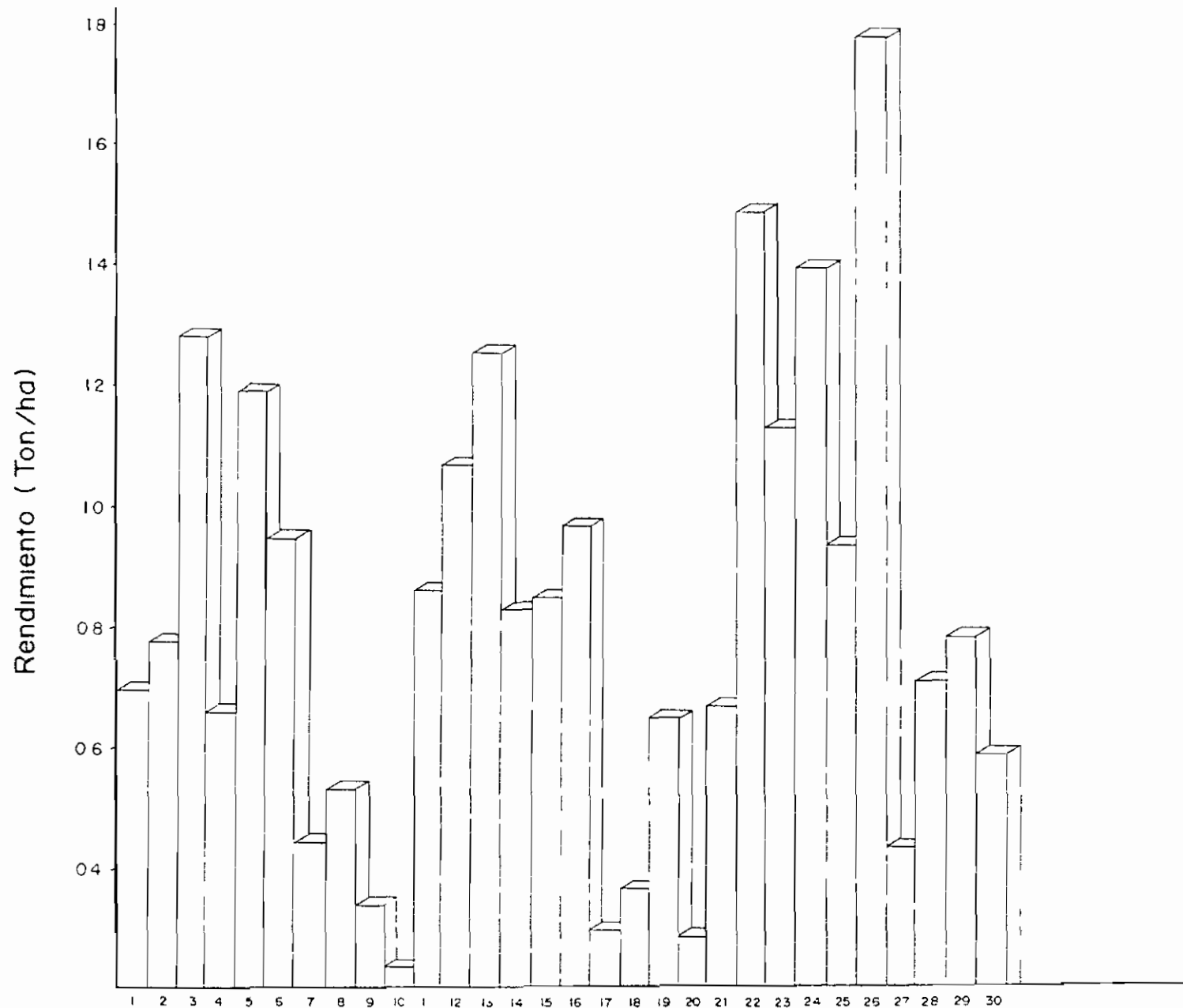


Fig 9 Rendimiento de la Soya con y sin la aplicacion de MVA utilizando tres fuentes de fosforo en un oxisol sin esterilizar 1990 B

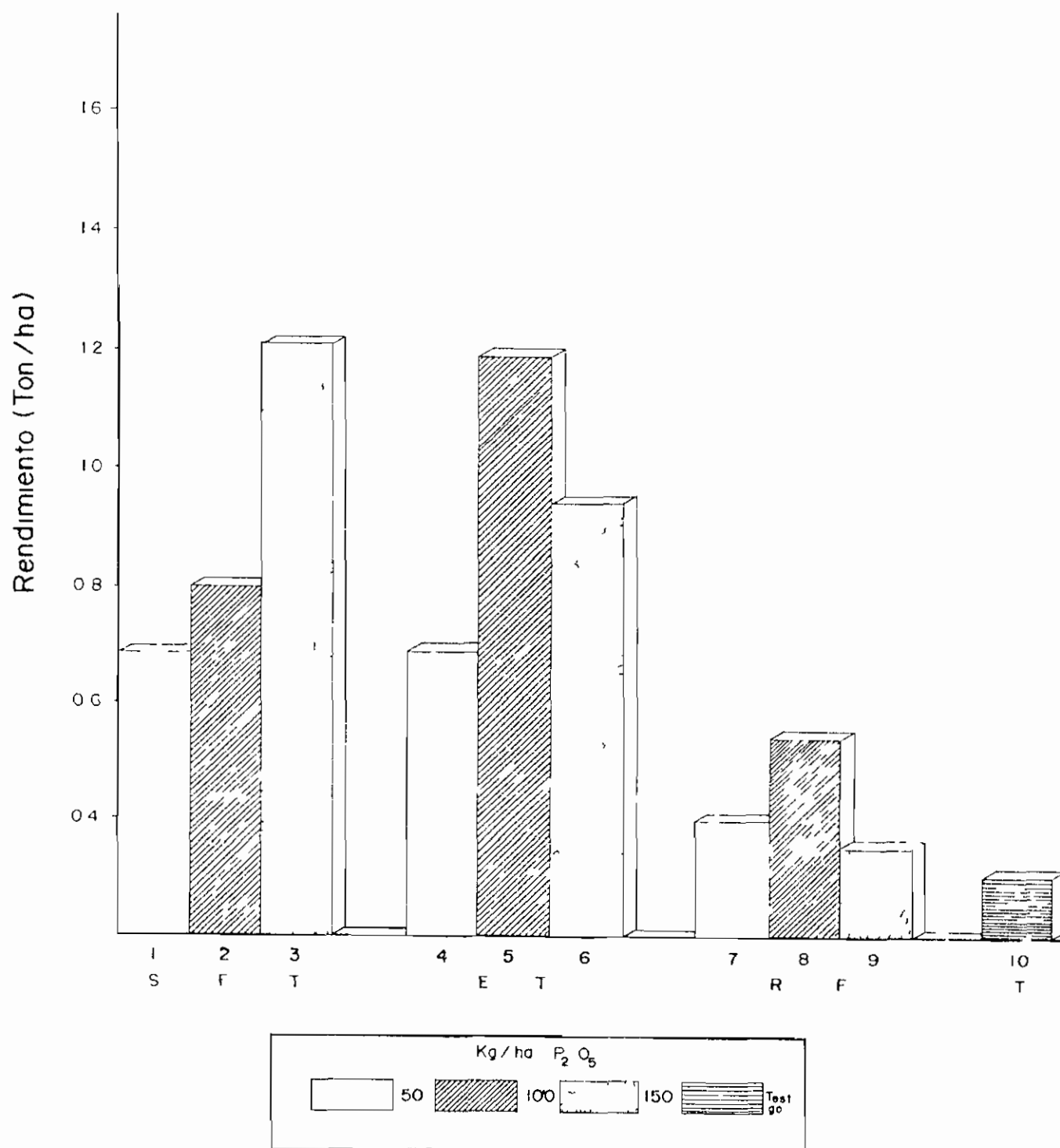


Fig 10 Comportamiento del rendimiento de Soya (Ton/ha) para los tratamientos sin Micorriza en un oxisol sin esterilizar 1990 B

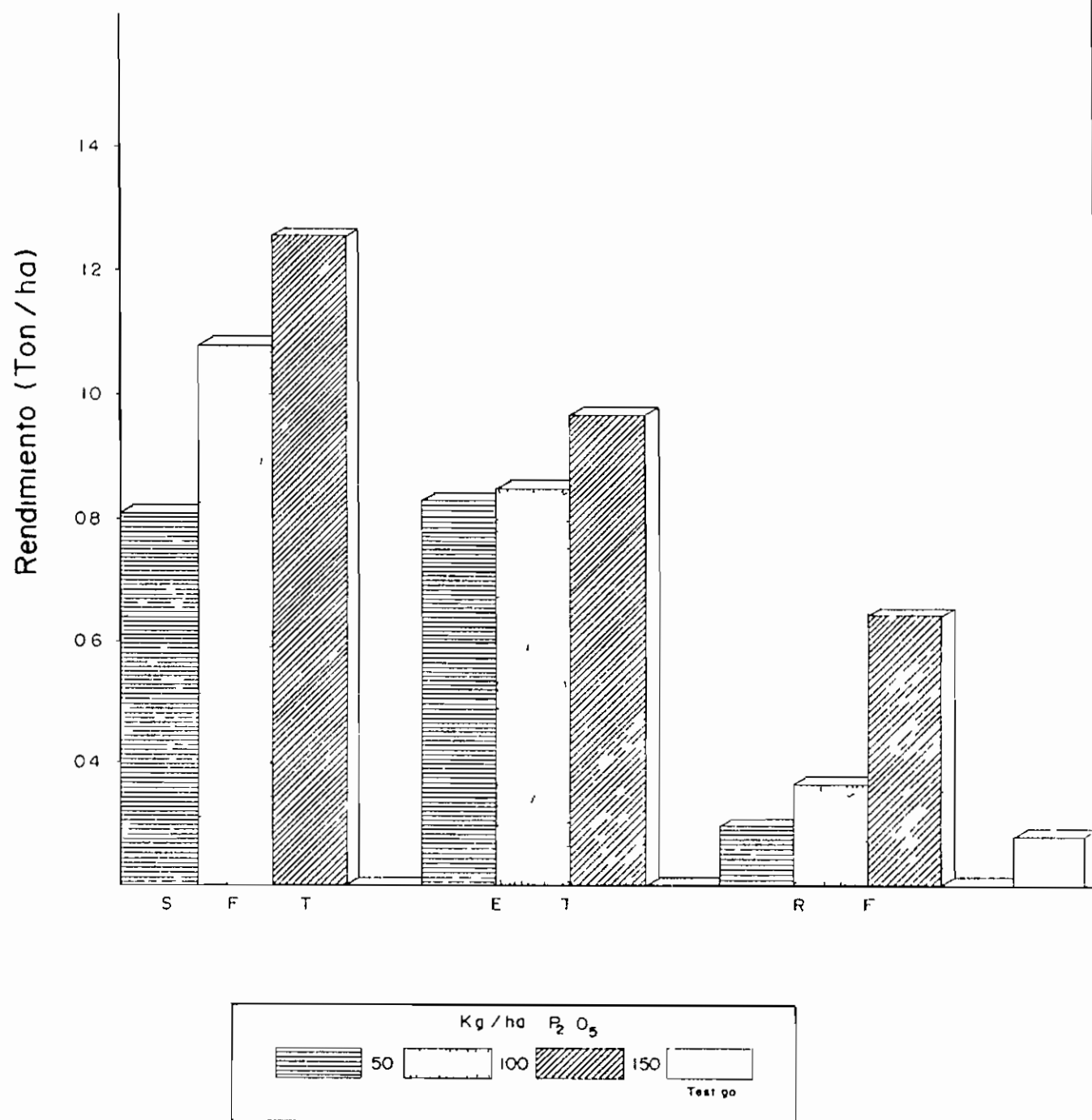


Fig II Comportamiento del rendimiento de Soya (Ton/ha) con la aplicación de 100 Kg/ha de MVA en un oxisol sin esterilizar 1990 B

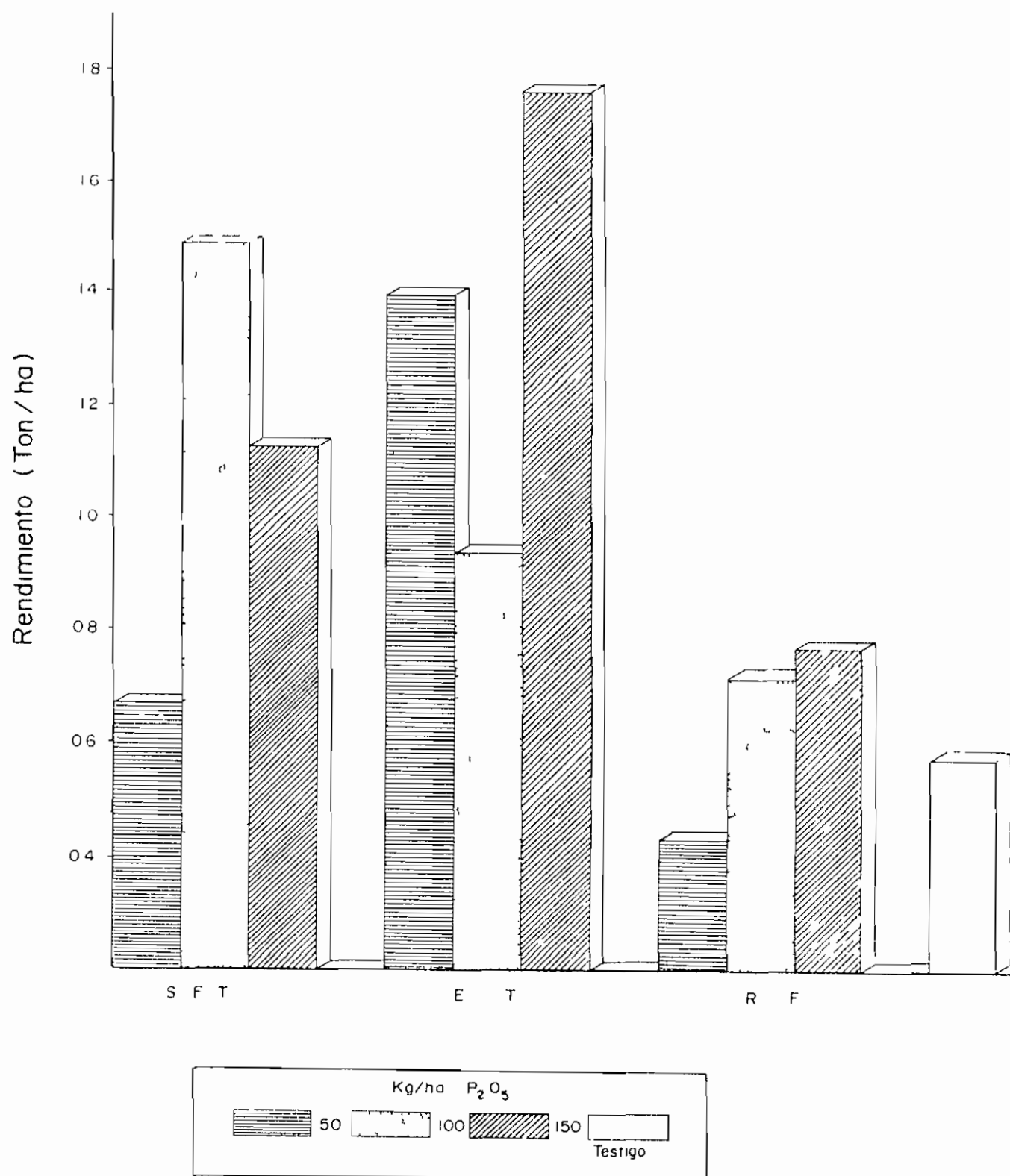


Fig 12 Comportamiento del rendimiento de la Soya (Ton/ha) con la aplicación de 200 Kg/ha de MVA en un oxisol sin esterilizar 1990 B

ademas el hongo establece mejor interaccion con una determinada fuente de fósforo en este caso Escorias Thomas Complementa este analisis Miranda (15) cuando al utilizar Gigaspora margarita v Glomus macrocarpus en combinacion con tres niveles de Superfosfato Triple v Roca Fosforica en cultivos sucesivos de sorgo y soya encontró que el rendimiento fue mayor en los tratamientos con Roca Fosforica v la micorriza para ambos cultivos tambien Ochoa v otros (18) en el Departamento de Caldas (Colombia) al utilizar Glomus manihotis en la variedad de soya SV-47 obtuvieron un aumento en el rendimiento del 55 en las plantas micorrizadas con respecto a las no micorrizadas

9.3 RESULTADOS DE LABORATORIO

9.3.1 Infección de las raíces por M V.A . Se tomaron muestras representativas de raíces a los 70 DDG ya que se considera que a esta edad inicia la madurez fisiologica del cultivo A estas raíces se les aplicó la técnica de Tincion con el fin de observar el porcentaje de infeccion ocasionado por la Micorriza Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 17 de donde se tiene que en los testigos a medida que aumento la dosis de M V A aumenta el porcentaje de infeccion siendo del 5,

TABLA 17 Efecto de la aplicación de M U A en el porcentaje de infección de la soya en un Oxisol sin esterilizar

Dosis M U A	Fuente P	Dosis P ₂ O ₅	Inyección	Rendimiento	Tratamiento
C	C F T	50	5	643 3	1
		100	12	778 0	2
		150	15	1277 4	3
	E T	50	10	657 3	4
		100	10	1194 0	5
		150	20	405 3	6
	P F	50	3	404 8	7
		100	14	533 7	8
		150	18	334 3	9
	TESTIGO	0	5	232 3	10
	C F T	50	10	805 2	11
		100	25	1069 5	12
		150	18	1255 8	13
	E T	50	40	824 6	14
		100	55	842 7	15
		150	63	969 9	16
100	P F	50	35	245 7	17
		100	40	365 0	18
		150	50	646 0	19
	TESTIGO	0	20	287 3	20
	C F T	50	45	664 9	21
		100	30	1486 7	22
		150	60	1124 4	23
	E T	50	55	1393 3	24
		100	75	431 7	25
		150	50	1752 1	26
	P F	50	48	432 0	27
		100	35	711 4	28
		150	70	782 9	29
	TESTIGO	0	40	503 4	30
200	C F T	50	5	643 3	1
		100	12	778 0	2
		150	15	1277 4	3
	E T	50	10	657 3	4
		100	10	1194 0	5
		150	20	405 3	6
	P F	50	3	404 8	7
		100	14	533 7	8
		150	18	334 3	9
	TESTIGO	0	5	232 3	10
	C F T	50	10	805 2	11
		100	25	1069 5	12
		150	18	1255 8	13
	E T	50	40	824 6	14
		100	55	842 7	15
		150	63	969 9	16
	P F	50	35	245 7	17
		100	40	365 0	18
		150	50	646 0	19
	TESTIGO	0	20	287 3	20
	C F T	50	45	664 9	21
		100	30	1486 7	22
		150	60	1124 4	23
	E T	50	55	1393 3	24
		100	75	431 7	25
		150	50	1752 1	26
	P F	50	48	432 0	27
		100	35	711 4	28
		150	70	782 9	29
	TESTIGO	0	40	503 4	30

con la dosis 0 kg/ha de M V A y del 20/ y 40/ para 100 y 200 kg/ha de M V A respectivamente. En términos generales el porcentaje de infección aumentó en forma paralela a la dosis de M V A cuando aumenta la dosis de P_2O_5 para cada fuente. Esto se explica debido a que al haber mayor cantidad de fósforo en el suelo la planta lo toma dependiendo o no de la M V A y como resultado se tienen plantas mejor nutridas, con lo cual se beneficia el hongo micorrizogeno de ahí que la infección tienda a aumentar gradualmente.

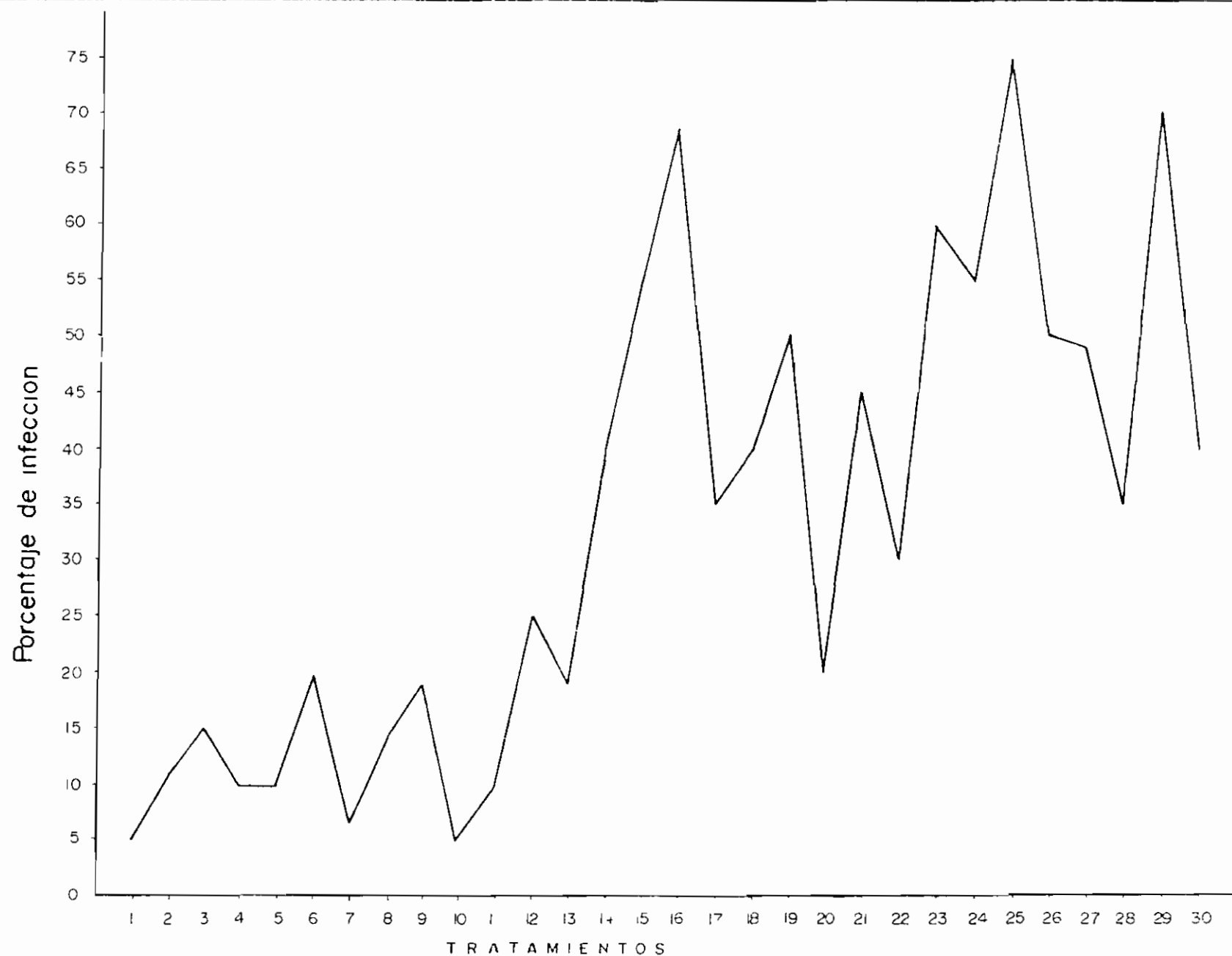
Las dosis de M V A influyen directamente en el porcentaje de infección del hongo en la raíz. Cuando no se aplicó la M V A (0 kg/ha) la infección fue del 5/ para el testigo y con tendencia a aumentar esta infección a medida que aumenta los niveles de P_2O_5 en cada fuente es así que la fuente S F T cambio de 5 a 15/ siendo mayor con Escorias Thomas dando un valor de 20/ en su máxima dosis utilizada. Caso parecido ocurre con la Roca Fosfórica donde la infección del hongo oscila entre 8 y 18/.

Cuando se aplicó 100 kg/ha de M V A la infección fue del 20/ para el testigo el porcentaje de infección es mayor a medida que aumenta la dosis de P_2O_5 en cada

fuelle con S F T la infección es de 10 a 25/ con Escorias Thomas el rango se incrementa de 40 a 68/ y con Roca Fosfórica es del 36 al 50/

Con la aplicación de 200kg/ha de M V A la infección fue del 40/ para el testigo y con tendencia de aumentar esta infección a medida que aumenta la dosis de P-0₅ en cada fuente con S F T la infección cambia de 45 a 60/ con Escorias Thomas alcanza valores entre 50 y 75/ y con Roca Fosfórica el porcentaje de infección es de 48 a 70/ Con base en estos porcentajes de infección se observa que la fuente Escorias Thomas presenta los mayores niveles de infección del hongo en la raíz seguido por Roca Fosfórica y por último S F T (Ver Gráfica 1 y Foto 1 y 2)

También se destaca según los resultados obtenidos que hubo infección en todas las parcelas del ensayo inclusive en aquellas en las que no se les aplicó el hongo. Ello explica la dependencia creciente de la soya hacia los hongos micorrizicos bien sea por la acción de los hongos de M V A nativos o cuando el campo es inoculado con otras cepas.



Grafica N° 1 Efecto de la aplicacion de M V A en el porcentaje de infeccion en la raiz de la Soya, en un oxisol sin esterilizar 90 B



Foto 1 Presencia de Arbusculos conectados con hifas Interceiulares

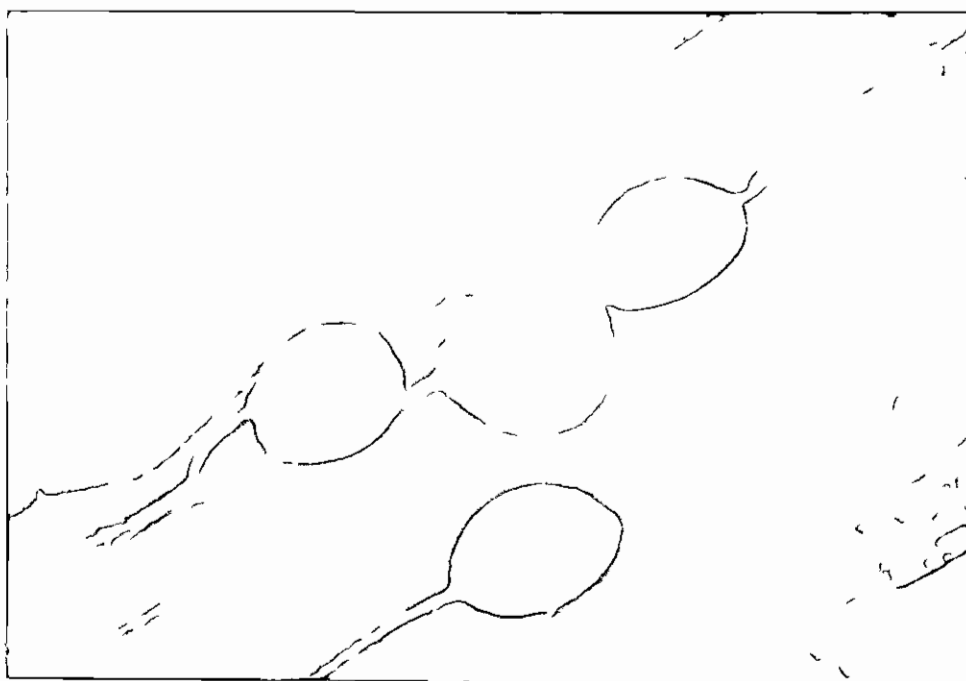
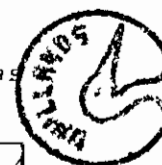


Foto 2 Formación intercelular de vesiculas en la raiz



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
HEMEROTECA
Villavicencio - Meta

Al comparar el rendimiento con el porcentaje de infección del hongo en la raíz se observa que no hay correlación directa entre estos dos parametros, pues a mayor infección no siempre se presentan mayores rendimientos. En algunos tratamientos donde el porcentaje de infección fue de 10 y 15% el rendimiento fue de 1 194 y 1 279 kg/ha respectivamente. Los mayores rendimientos 1 486 y 1 752 kg/ha corresponden a porcentajes de infección de 30 y 50% respectivamente y a mayores porcentajes de infección 68 70 y 75% el rendimiento disminuyó significativamente, siendo éste de 967 782 y 931 kg/ha respectivamente. Lo anterior se puede deber a que la planta al estar infectada casi en su totalidad radicular por el hongo hace que éste le ocasione cierta competencia y de aquí en adelante la simbiosis deja de ser benéfica para la planta.

En síntesis, en todas las plantas se encontró actividad micorrizal la cual pudo ser favorecida debido a que cuando se tomaron las muestras de raíces, las condiciones de clima especialmente la humedad del suelo eran propicias para el desarrollo del hongo. Esta apreciación la corrobora Sieverding (31) quien encontró que la infección de raíces fue más baja en época seca aumentando después en meses lluviosos también afirma el

autor que el bajo porcentaje de infección en épocas secas se explica por la reacción de la planta al estrés de agua lo que induce el cierre de estomas en las hojas y por lo tanto menos productos de la fotosíntesis de los cuales requiere el hongo para su desarrollo y actividad

9.3.2 Evolución de esporas de M.V.A. en el suelo.

Mediante análisis biológico del suelo, sobre muestras tomadas antes de la siembra se hizo el conteo de esporas para ver que cantidad y que géneros estaban presentes en el suelo. Los resultados de este análisis reportaron aproximadamente 8 esporas/10 gramos de suelo del género Glomus sp únicamente (Ver Foto 3)

Luego a los 30, 60 y 90 DDG se tomaron muestras de suelo para determinar la evolución de las esporas a través del tiempo durante el desarrollo del cultivo

Para el conteo de esporas siguiendo la Técnica anteriormente mencionada no se hizo distinción entre los dos géneros de M V A utilizados (Glomus y Entrophospora) de tal manera que se conto la población total de las esporas Ver Foto 4

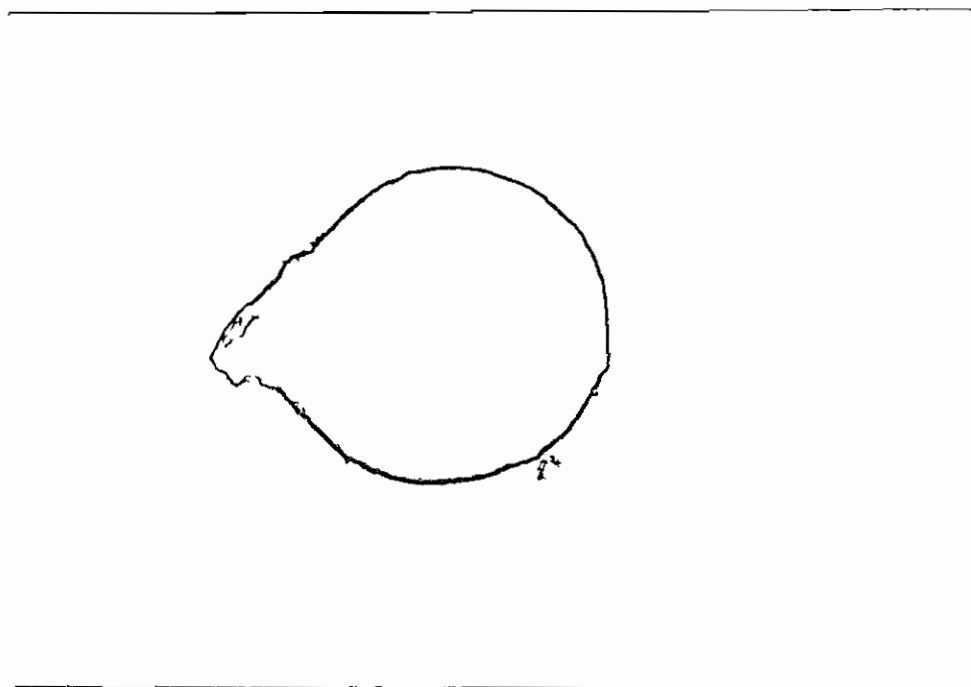


Foto 3 Clamidospora del género Glomus sp

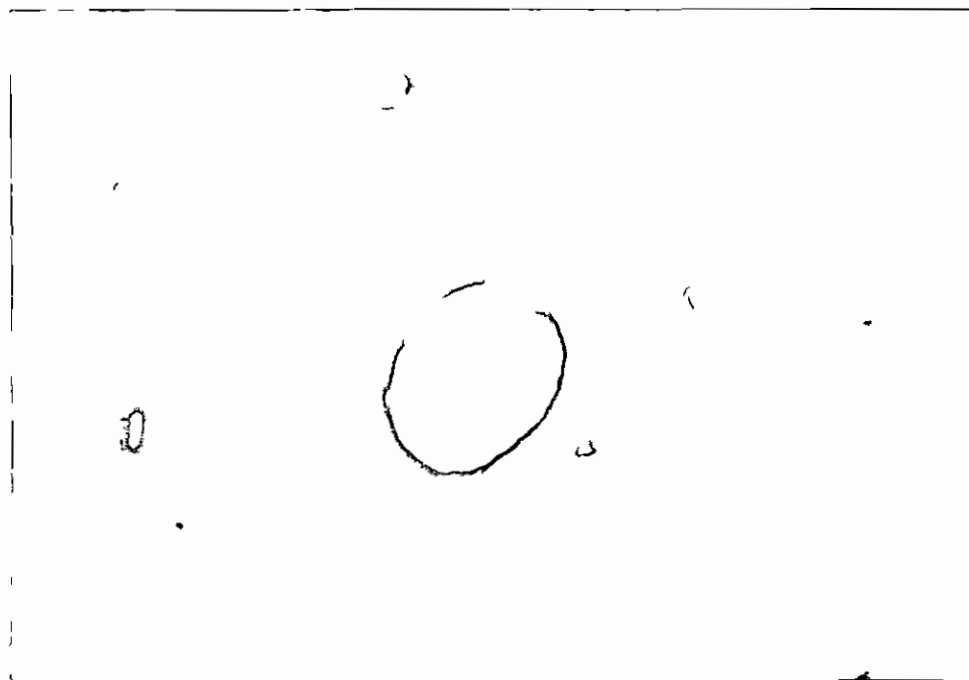


Foto 4 Azigospora del género Entrophospora sp

Los resultados obtenidos para cada tratamiento se presentan en la Tabla 18, donde se tiene que los testigos a medida que aumenta la dosis de M V A , aumenta la cantidad de esporas es por eso, que cuando no se aplicó la M V A (0 kg/ha) a los 30 DDG únicamente se encontró una espora a los 60 DDG se hallaron 7 esporas y a los 90 DDG se encontraron 3 esporas/10 gramos de suelo

Con 100 kg/ha de M V A a los 30 DDG se encontraron 14 esporas a los 60 DDG 31 esporas y a los 90 DDG habían 30 esporas Y cuando se aplicó 200kg/ha de M V A , a los 30 DDG se hallaron 25 esporas, a los 60 DDG 47 esporas y a los 90 DDG se encontraron 39 esporas/10 gr de suelo Se observa que hay una ligera tendencia al aumento de las esporas en el suelo a los 60 DDG. A los 30 y 90 DDG se encontró menor cantidad de esporas, hecho que se puede deber a la relativa sequía presentada en estas épocas como también a que el hospedero (el cultivo) a los 90 DDG se considera que empieza a disminuir la producción de carbohidratos, única fuente de alimento para el hongo

En los demás tratamientos, cuando se aplicó 100 y 200 kg/ha de M V A el número de esporas aumenta significativamente respecto a las parcelas que no se

TABLA 18 Dinámica de la producción de esporas de M U A en un cultivo de soya sembrada en un Oxisol sin esterilizar

Fuente P	Dosis de P_2O_5	PRODUCCION DE ESPORAS /10 g DE SUELO								
		Sin Micorrizas			Con 100 lg/ha MUA			Con 200 lg/ha MUA		
		30*	60*	90*	30*	60*	90*	30*	60*	90*
S F T	50	3	10	8	18	27	11	17	22	0
	100	5	7	4	23	58	38	29	68	34
	150	2	8	6	11	18	16	23	8	11
E THOMAS	50	5	4	12	41	56	49	51	70	57
	100	10	8	5	37	78	40	34	42	39
	150	3	8	13	23	48	31	18	61	52
P F	50	8	14	3	31	37	29	13	49	47
	100	6	7	14	54	69	72	41	63	70
	150	11	2	5	18	48	46	27	58	63
Testigo	0	1	7	3	14	31	30	25	17	19

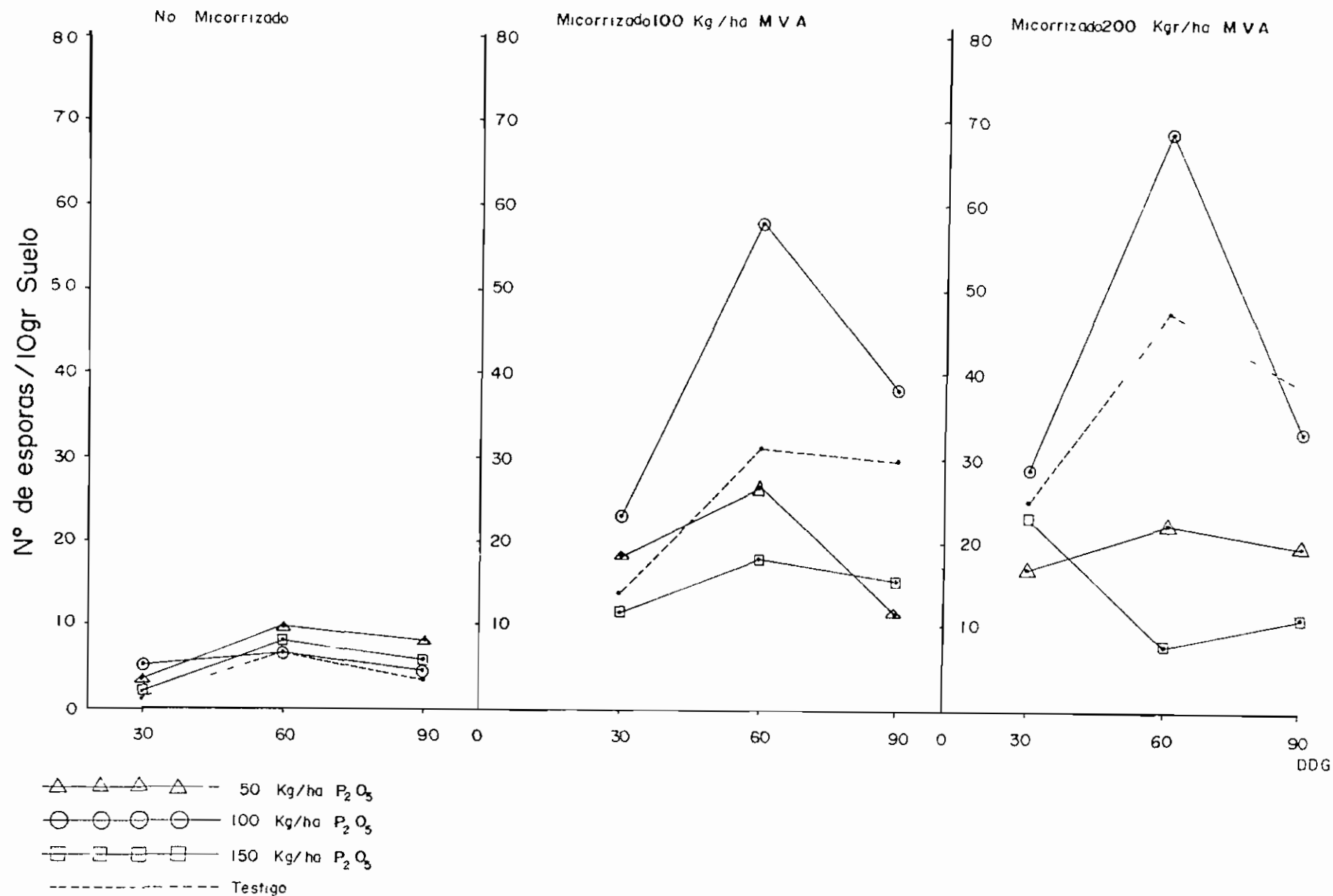
* Dias despues de germinado el cultivo

micorrizaron y a las parcelas testigos a los 60 DDG siempre había mayor cantidad de esporas

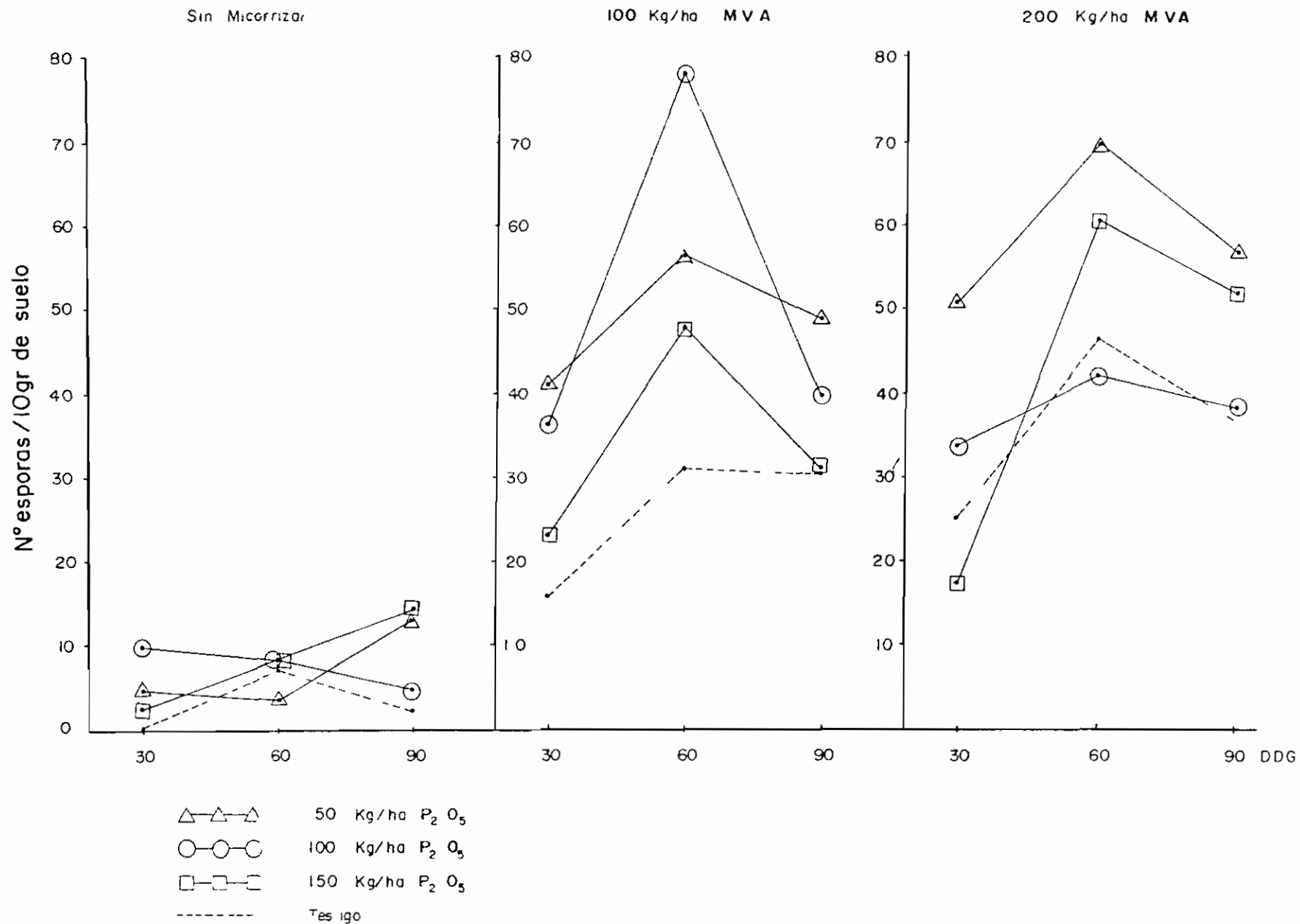
Con las fuentes de P no se observa una distribución ordenada de las esporas pero es importante anotar que con la Roca Fosfórica y las Escorias Thomas se favorece la permanencia o persistencia de las esporas del hongo en el suelo. Se puede pensar que a largo plazo (varios ciclos de cultivo) estas fuentes pueden ser promisorias en los suelos de los Llanos Orientales cuando se aplique hongos micorrízicos al suelo

Las dosis de P_2O_5 afectan directamente la población de esporas, parece ser que 100 kg/ha de P_2O_5 favorecen la presencia de las esporas en el suelo ya que con 50 y 150 kg/ha de P_2O_5 la cantidad de estas tienden a disminuir considerablemente. Ver Gráficas 2, 3 y 4 donde se ve claramente el comportamiento de las esporas del hongo en la totalidad de los tratamientos.

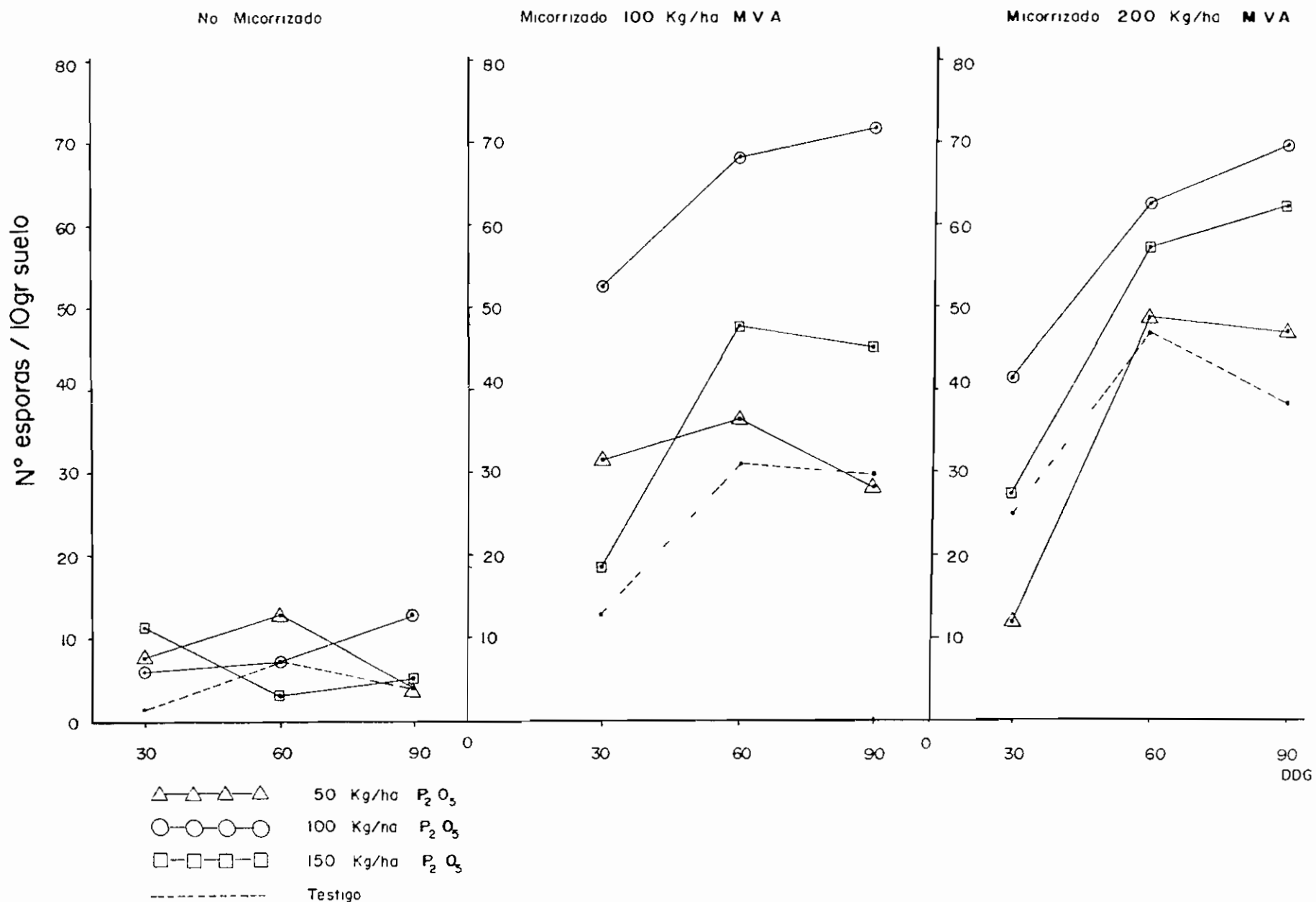
9.3.3 Contenido de P en las hojas de la planta El contenido de fósforo en la planta se presenta en la Tabla 19 donde se observa que las máximas concentraciones de este elemento en la planta es de 0.23% y corresponde a tratamientos con 200 kg/ha de M.V.A y 150 kg/ha de P_2O_5



Grafica Nº 2 Comportamiento de la producción de esporas en un Oxisol sin esterilizar con y sin la aplicación de MVA Utilizando SFT en el cultivo de Soya 1990 B



Grafica N° 3 Comportamiento de la producción de esporas en un Oxísal sin esterilizar con y sin la aplicación de MVA Utilizando E Thomas en el cultivo de la Soya



Grafica N° 4 Comportamiento de la producción de esporas en un Oxisol sin esterilizar, con y sin la aplicación de MVA Utilizando Roca Fosforica en el cultivo de la Soya 1990 B

TABLA 19 Contenidos de P en hojas de soya sembradas en un Oxisol del Meta con y sin aplicacion de M V A

Fuente P	Dosis de P_2O_5 yg/ha	/ de P en las hojas de soya *								
		Sin Micorrizas			Con 100 yg/ha MVA			Con 200 yg/ha MVA		
		30**	60**	90**	30**	60**	90**	30**	60**	90**
O F T	50	0 10	0 12	0 13	0 13	0 14	0 17	0 15	0 15	0 19
	100	0 12	0 14	0 16	0 14	0 14	0 16	0 16	0 17	0 17
	150	0 15	0 17	0 17	0 16	0 17	0 19	0 19	0 23	0 22
E T	50	0 11	0 13	0 14	0 13	0 15	0 16	0 18	0 18	0 19
	100	0 13	0 15	0 15	0 11	0 13	0 13	0 20	0 19	0 20
	150	0 15	0 17	0 17	0 14	0 17	0 21	0 18	0 23	0 21
P F	50	0 09	0 11	0 13	0 10	0 10	0 13	0 10	0 11	0 15
	100	0 10	0 14	0 15	0 09	0 11	0 14	0 12	0 12	0 13
	150	0 12	0 14	0 15	0 16	0 16	0 17	0 13	0 14	0 15
Testigo	0	0 09	0 09	0 11	0 14	0 14	0 12	0 13	0 12	0 12

* Primeras hojas maduras superiores

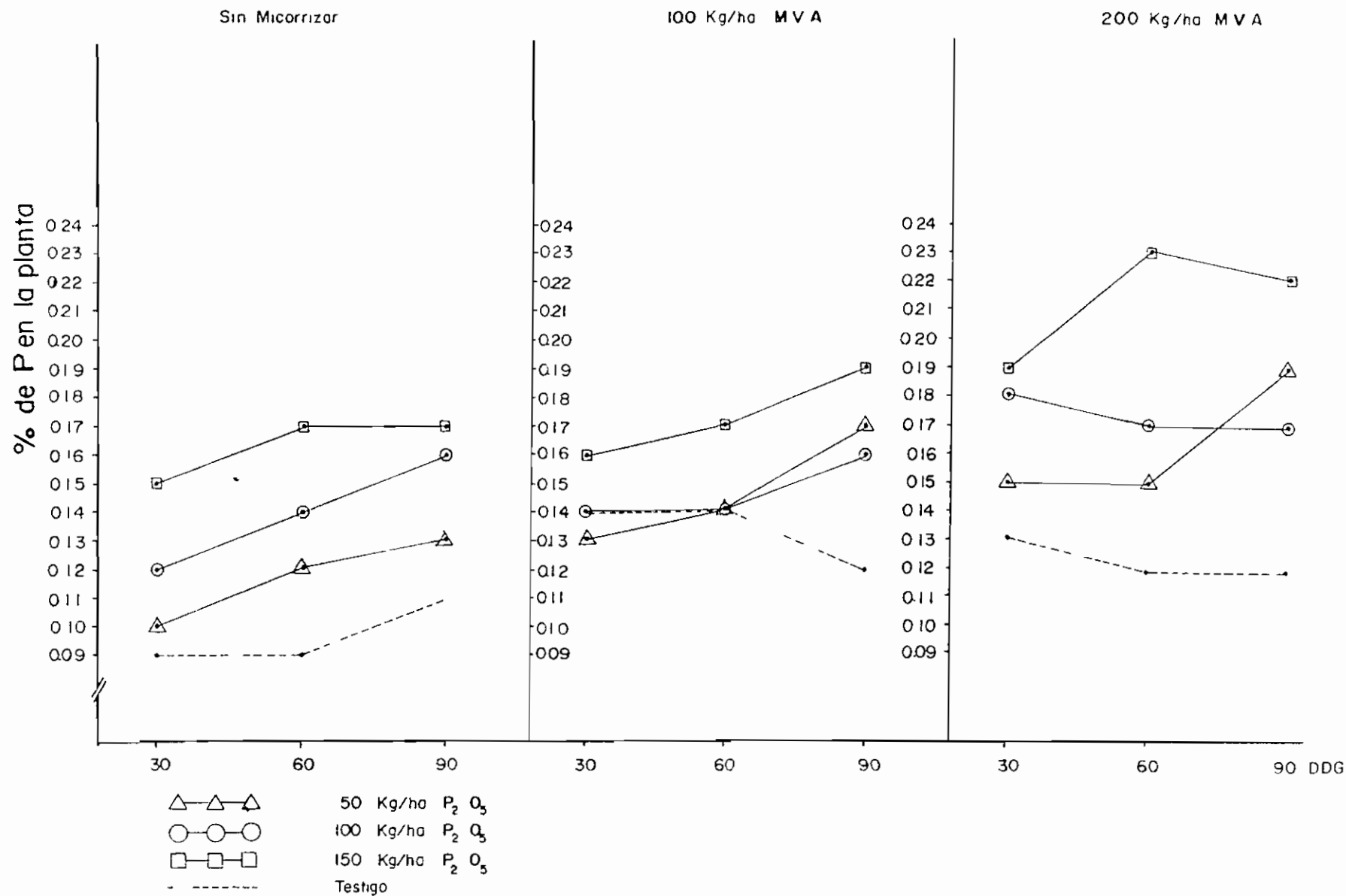
** Dias después de germinado el cultivo

provenientes de Superfosfato Triple y Escorias Thomas en su orden mientras que el porcentaje de P en la planta disminuyo significativamente en los tratamientos con Roca Fosforica

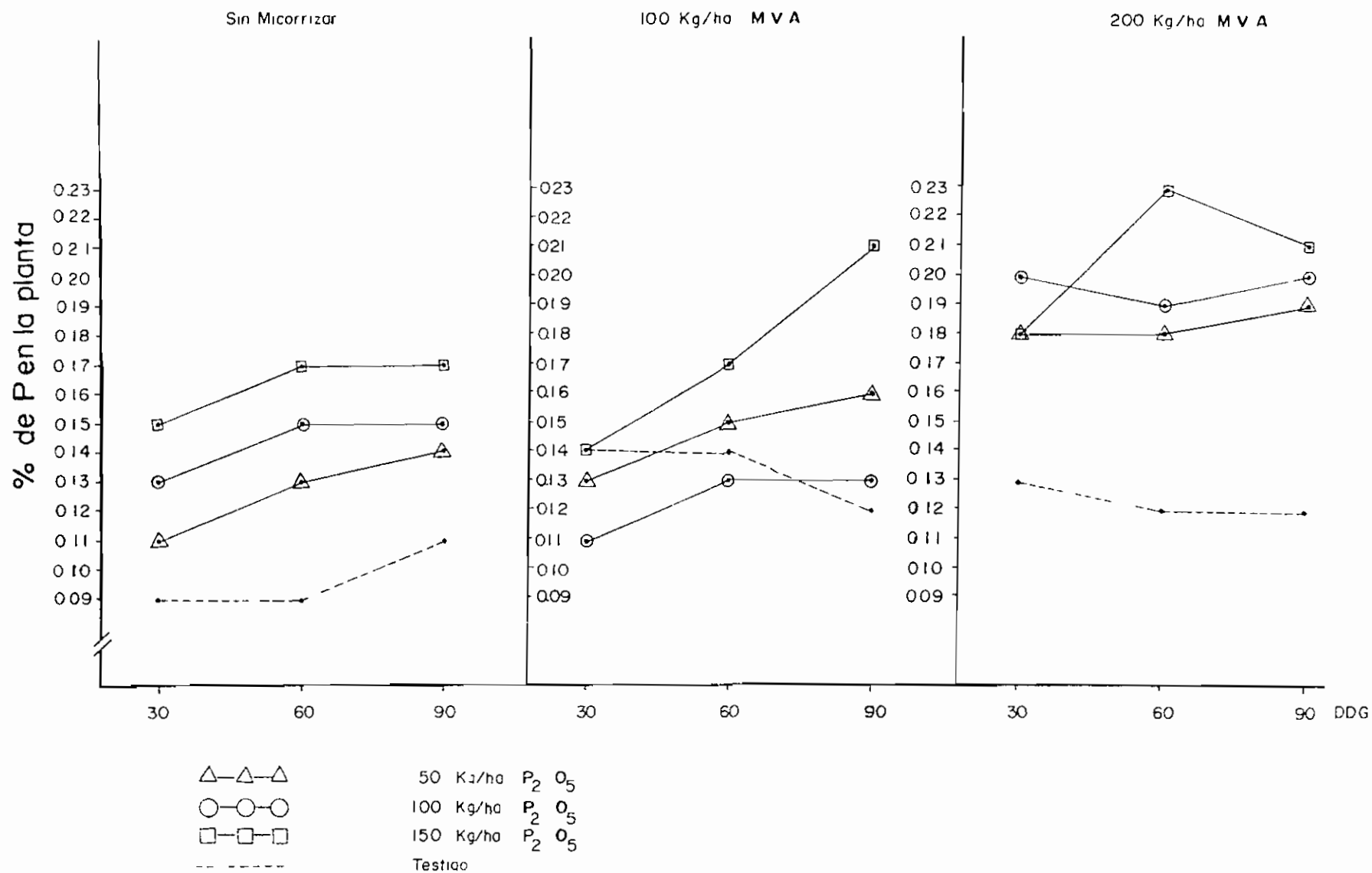
El menor contenido de P en la planta, 0.09% se encontró en las plantas no micorrizadas y a las que no se les había aplicado ninguna fuente de fósforo (testigo) Resultados que parecen ser lógicos, pues sin la actividad micorrizica la eficiencia en la nutrición fosforica es menor y además había poco fósforo disponible para la planta

Con las dosis de P, se tiene que al aplicar mayor cantidad de P_{2O_5} al suelo, hay mayor disponibilidad de absorción de este por parte de la planta, máxime si éstas han sido micorrizadas El porcentaje de P va aumentando gradualmente con la edad del cultivo, es por eso que a los 30 DDG hay menor contenido de P en las plantas aumentando significativamente a los 60 y 90 DDG Ver Gráficas 5, 6 y 7, las cuales muestran claramente la tendencia del P en la planta para cada tratamiento

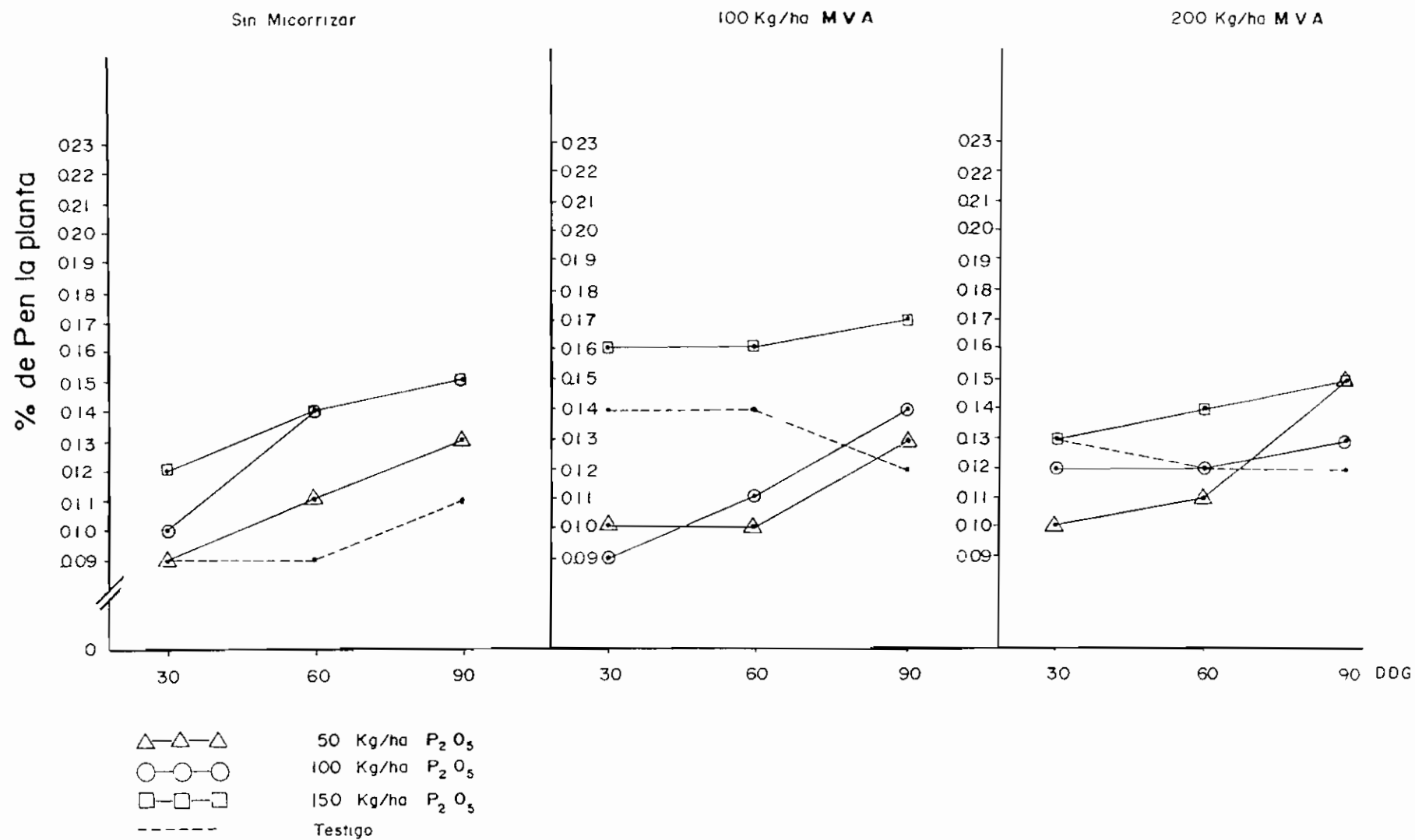
9.3.4 Evolución del P en el suelo. El comportamiento del fósforo edáfico a los 30, 60 y 90 DDG se presenta en la



Grafica N° 5 Porcentaje de P en hojas de Soya con y sin la aplicacion de MVA utizando S F T



Grafica N° 6 Porcentaje de P en hojas de Soya con y sin la aplicacion de MVA utilizando Escoria Tomas



Grafica N° 7 Porcentaje de P en hojas de Soya con y sin la aplicacion de M V A utilizando Roca Fosforica

Con base en estos resultados se tiene que cuando se aplica la micorriza al cultivo, la cantidad de P que hay en el suelo, bien sea de P nativo o de P aplicado tiende a disminuir, tal vez porque el fósforo ha sido

Las parcelas sin micorrizar (0 kg/ha de M.V.A) muestran mayor contenido de P en el suelo, es así con S F T se encontraron en el suelo hasta 28 ppm de P con Escorlas Thomas 27 7 ppm de P y con Roca Fosfórica 25 4 ppm de P Cuando se aplicó 100 kg/ha de M.V.A con S F T el máximo contenido de P fue de 13 4 ppm, con E Thomas fue de 20 4 ppm y con R Fosfórica 22 4 ppm de P Mientras que cuando se aplicó 200 kg/ha de M.V.A los máximos contenidos de P en el suelo para S F T, E Thomas y Roca Fosfórica fueron de 12 4, 21 4 y 20 8 ppm de P respectivamente

Respecto a las dosis aplicadas de P₂O₅ para cada fuente, se tiene que la cantidad de P aumentó a medida que se aplicó mayor cantidad de P₂O₅ al cultivo Este comportamiento se presenta en forma general para todos los tratamientos

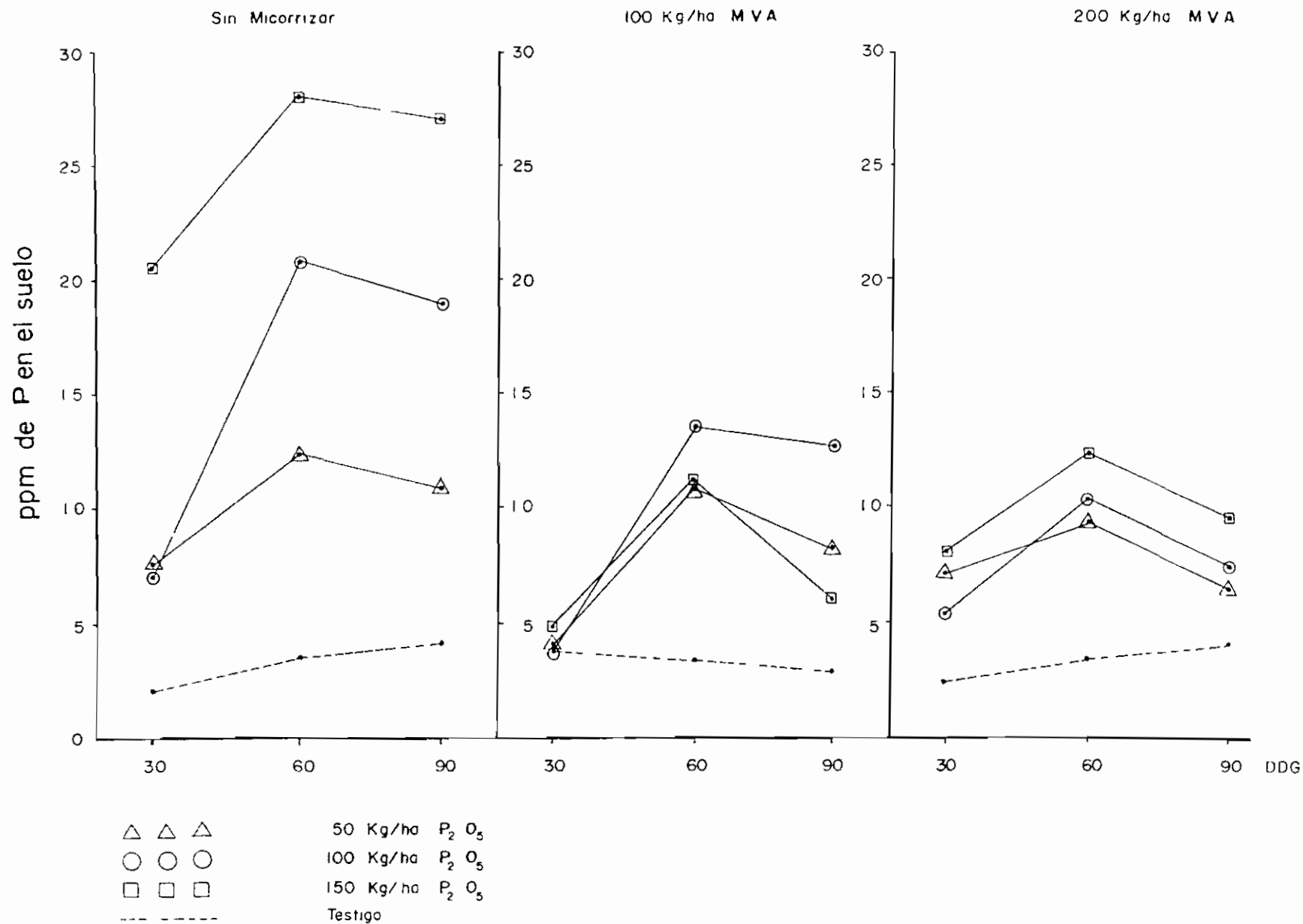
Tabla 20 donde se observa que en los testigos se encontró menor cantidad de este elemento (< 4 ppm) en relación con los demás tratamientos.

TABLA 28 Contenido de P en el suelo con y sin aplicación de M U A en un cultivo de soja 98 B

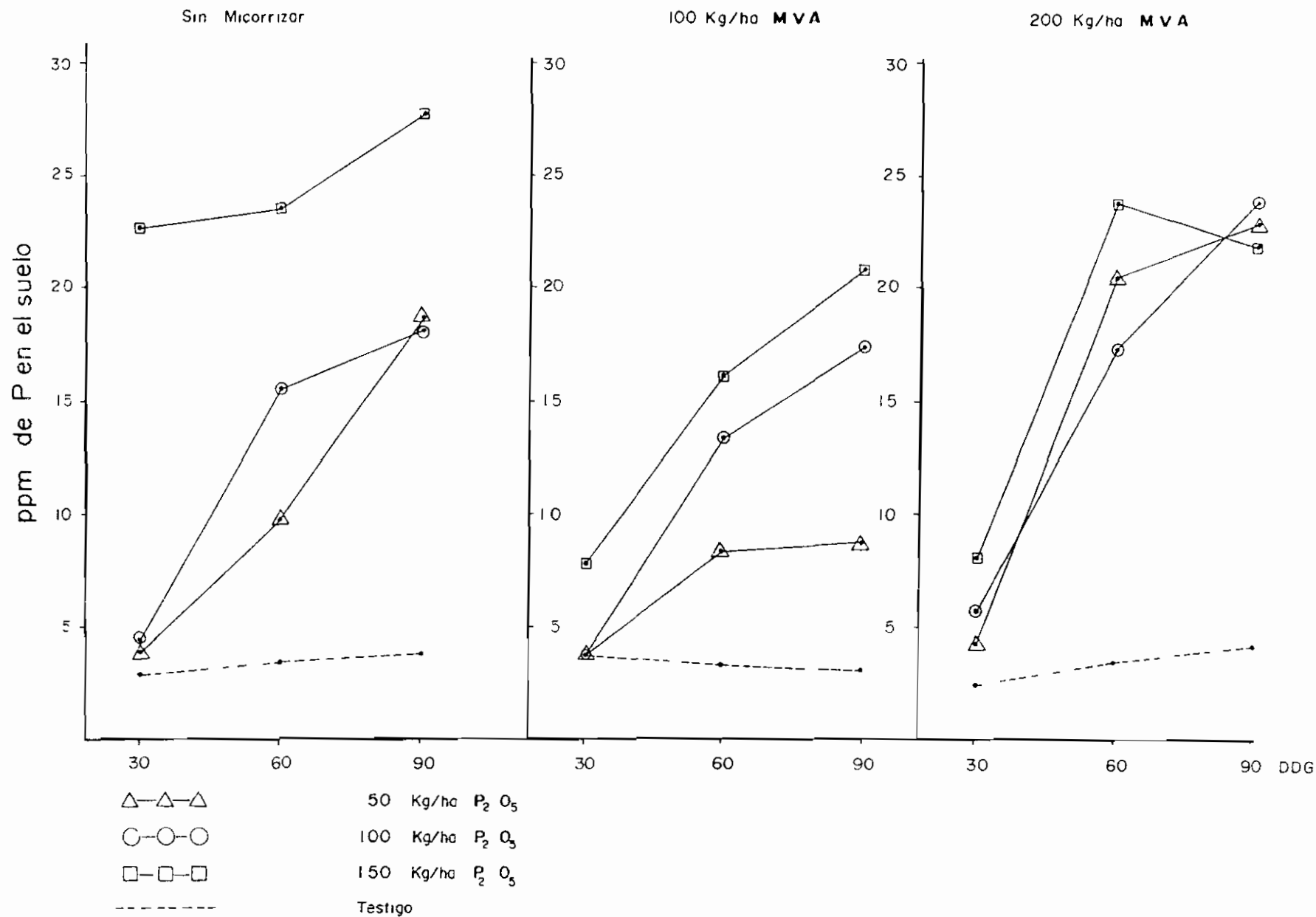
Fuente de P	Límite de F _{UE}	CONTENIDO DE P (ppm) SUELO			
		300 19/24 NUA 300 60M 40M	100 19/24 NUA 300 60M 40M	300 60M 40M	300 60M 40M
F F I	50	7 3 12 3 10 9	3 8 10 5	3 8 10 5	7 1 1 5 5
	100	7 3 21 8 18 8	3 7 13 1 12 7	5 2 10 1	5 2 10 1
	150	21 4 28 0 27 0	4 8 10 5 6 1	8 1 13 1	1
E THOMAS	50	3 8 9 6 14 5	3 7 8 2 8 6	4 6 20 1 22 7	
	100	4 9 15 5 18 2	3 7 13 5 17 2	5 5 17 0 23 5	
	150	22 7 23 3 27 7	7 8 16 0 20 4	7 5 21 6 21 4	
F F	50	2 3 3 2 5 3	4 8 4 7 9 6	3 7 8 1	
	100	5 2 7 4 12 4	3 2 11 5	8 4 15 1 20 8	
	150	10 4 17 2 27 4	5 0 27 1	9 4 11 1 11 1	
	0	2 4 3 4 4 0	3 7 3 1 2 9	7 1 3 3 4 0	

* Dias despues de terminado el cultivo

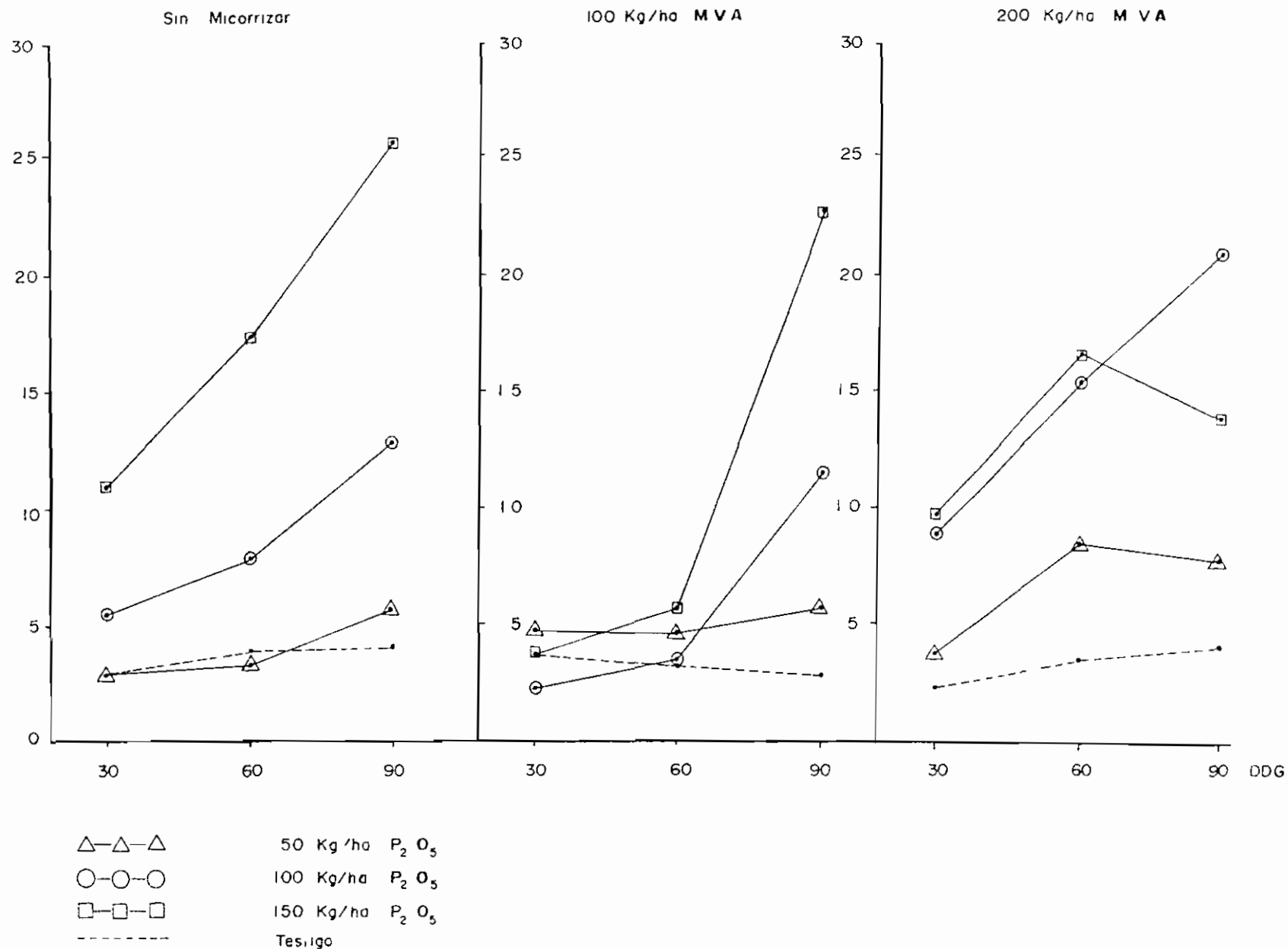
aprovechado por la planta gracias a su actividad micorrizal. También se aprecia que la cantidad de P en el suelo varía significativamente dependiendo de la edad del cultivo y de la fuente de fósforo aplicada. Es así, que con S F T hay mayor disponibilidad de P a partir de los 30 DDG y disminuye a los 90 DDG, debido a que el P ha sido aprovechado por plantas y otra parte se pudo haber lixivado. Los tratamientos con Escorias Thomas presentan un ligero incremento del P en el suelo a partir de los 60 DDG y la cantidad de P aumenta gradualmente en la etapa final del cultivo. Caso semejante se observó en las parcelas tratadas con R Fosfórica, donde se tiene que a los 30 y 60 DDG la cantidad de P es menor que a los 90 DDG. Esta situación no fue beneficiosa para las plantas porque cuando la Roca empezó a liberar el P, las plantas ya estaban madurando y en esta etapa la absorción de agua y nutrientes disminuye y el proceso infeccioso de la M V A comienza a degenerar. Las Grasas B, 9 y 10, muestran detalladamente el comportamiento del P en el suelo para los diferentes tratamientos.



Grafica N° 8 Contenido de P en ppm en un Oxisol, con y sin la aplicación de MVA en Soya utilizando SFT



Grafica N°9 Contenido de P en ppm en un Oxisol con y sin la aplicación de MVA en Soya utilizando E Thomas



Grafica N°10 Contenido de Pen ppm en un Oxisol con y sin la aplicacion de MVA en Soya, utilizando Roca Fosforica

10 ANALISIS ECONOMICO

Cuando se adelanta cualquier labor dentro del campo de la producción agrícola, además de hacer referencia a determinado aumento en producción que se logrará con la utilización específica de insumos, se debe hablar al agricultor en términos de dinero, haciendo relación con los gastos extras que debe efectuar y los nuevos ingresos que pueda obtener

Además del conocimiento básico que se debe tener sobre los aumentos físicos en producción y productividad, es esencial el conocer también los costos de producción y los precios del producto para así poder determinar cual decisión es mas rentable entendiendo a la rentabilidad como una medida de eficiencia económica que indica en forma porcentual cuánto gana el productor

Los resultados del balance económico para este ensayo se presenta en las Tablas 21, 22 y 23, donde se tiene que unicamente estas tratamientos proporcionan rentabilidad al agricultor en los demás la rentabilidad

TABLA 21 Ingresos beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes
 de fósforo y sin la aplicación de M U A

C O N D I C I O N E S	0 kg/ha de M U A									
	kg/ha S F T			kg/ha E Thomas			kg/ha P F			TESTIGO
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	
Rendimiento kg/ha	693.4	778.1	1279.6	657.3	1194.0	905.0	484.9	533.7	779.8	687.7
Ingresos (1000\$)	149.7	168.0	276.4	141.9	257.9	195.4	87.4	115.2	77.3	62.4
Costos Variables (1000\$)	17.4	34.9	52.4	19.1	38.3	57.4	9.7	19.4	28.5	0.0
Costos Fijos (1000\$)	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	0.0
Costos Totales (1000\$)	211.9	229.9	247.4	214.1	233.3	252.4	204.7	214.4	223.5	194.9
Beneficio Total (1000\$)	-62.2	-61.9	28.9	-72.1	24.5	-56.9	-117.2	-99.2	-146.1	-132.8
Rentabilidad/periodo (%)	-27.4	-27.0	11.7	-33.7	10.5	-22.0	-57.0	-46.2	-66.8	-64.0
Rentabilidad mensual	-9.4	-7.7	3.4	-9.0	3.0	-6.4	-16.2	-13.2	-14.0	-14.4

TABLA 22 Ingresos beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes
 de fósforo y 100 kg/ha de M U A

CONCEPTO	100 kg/ha M U A									
	kg/ha S F T			kg/ha E Thomas			kg/ha R F			TESTIGO
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	
Rendimiento kg/ha	796.2	1069.95	1255.8	924.6	842.6	167.9	295.6	365.0	646.1	212.6
Ingresos (1000\$)	171.7	231.0	271.2	178.1	182.0	209.0	67.8	78.8	139.5	50.2
Costos Variables (1000\$)	14.8	52.3	69.8	16.5	55.7	74.8	27.1	66.8	41.3	17.4
Costos Fijos (1000\$)	194.3	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	194.9	32.0
Costos Totales (1000\$)	209.1	247.2	264.7	211.4	250.6	269.7	222.0	261.7	236.2	49.4
Beneficio Total (1000\$)	-37.4	-16.2	6.5	-33.3	-68.6	-60.7	-154.2	-182.9	-97.1	-162.1
Rentabilidad/periodo (%)	-25.1	-6.6	2.4	-23.0	-27.2	-22.5	-71.0	-66.0	-41.5	-76.0
Rentabilidad/mes (%)	-7.1	-1.8	0.68	-6.6	-7.7	-6.4	-20.3	-18.8	-11.8	-21.7



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
 SISTEMA DE BIBLIOTECAS
 HEMEROTECA
 Villavicencio - Meta

TABLA 23 Ingresos beneficios y rentabilidad de la soya al aplicarle tres fuentes de fosforo y 200 kg/ha de M V A

CONCEPTO	200 kg/ha M V A									
	kg/ha S F T			kg/ha E Thomas			kg/ha R F			TESTIGO
	50	100	150	50	100	150	50	100	150	
Rendimiento kg/ha	664.9	1486.9	1129.9	1393.6	931.7	1752.0	432.1	711.4	702.4	508.4
Ingresos (1000\$)	141.6	321.1	244.0	301.0	201.2	478.4	93.4	153.7	164.1	109.4
Costos variables (1000\$)	52.2	69.7	86.2	53.9	73.1	92.2	44.5	54.2	61.4	34.8
Costos Fijos (1000\$)	194.3	194.9	194.9	194.3	194.9	194.9	194.9	194.9	194.3	194.4
Costos Totales (1000\$)	247.2	264.7	281.2	248.9	268.1	287.2	249.5	249.2	256.3	224.7
Beneficio Total (1000\$)	-105.6	56.3	-37.1	52.0	-66.8	91.1	-146.2	-95.2	-87.2	-11.9
Rentabilidad periodo (%)	-42.0	21.3	-13.2	21.0	-25.0	31.7	-61.1	-48.0	-34.4	-5.1
Rentabilidad mes (%)	-12.0	6.1	-3.7	6.0	-7.1	9.0	-17.4	-10.9	-8.1	-1.4



es negativa, es decir su utilización ocasiona pérdidas en el proceso productivo

La mayor rentabilidad (31.7%) se presentó cuando se utilizó 200 kg/ha de M V A y 150 kg/ha de P₂O₅ (E Thomas) seguido por 200 kg/ha de M V A y 100 kg/ha de P₂O₅ (S F T), y 200 kg/ha de M V A y 50 kg/ha de P₂O₅ (E Thomas), cuya rentabilidad fue del 21.3 y del 21.0/ respectivamente

Las mayores pérdidas se presentan en los testigos y en los tratamientos donde se aplicó 100 kg/ha de la M V A

Cuando no se aplicó Micorriza Vesículo-Arbuscular al cultivo con la aplicación de 150 kg/ha de P₂O₅ (S F T) y de 100 kg/ha de P₂O₅ (E Thomas), la rentabilidad fue del 11.7 y 10.5/ respectivamente Si se compara las Tablas 21 y 22 se tiene que la rentabilidad es más baja (negativa) cuando se utiliza 100 kg/ha de la M V A que cuando no se aplica la Micorriza La fuente de P que resulta mas rentable aplicar es Escoria Thomas, seguida por Superfosfato Tripie Los tratamientos con Roca Fosfórica representaron pérdidas considerables debido a la baja producción que se obtuvo por hectárea

En términos generales se justifica técnica, biológica y económicamente la aplicación de 200 kg/ha de la M V A pese al incremento de los costos de producción al utilizar este recurso, pero sus bondades garantizan mayores rendimientos y por ende mejores ganancias

11. CONCLUSIONES

La dosis de 200 kg/ha de M V A influyó significativamente en el aumento del rendimiento de la soya, las plantas que recibe con este tratamiento se desarrollaron y prolongaron su ciclo biológico en relación con aquellas plantas que no fueron mejoradas y con las que sólo se les aplicó 100 kg/ha de la M V A

El mayor rendimiento fue de 1752 kg/ha y se obtuvo en las plantas a las que se les aplicó 200 kg/ha de M V A kg/ha de P₂O₅ proveniente de Escorias Thomas, en segundo lugar en rendimiento se obtuvo con 200 kg/ha de M V A y 100 kg/ha de P₂O₅ de la fuente Superfosfato Triple, cuya producción por hectárea fue de 1486 kg/ha

El menor rendimiento fue de 232 kg/ha y se obtuvo con el testigo absoluto, es decir, en las parcelas donde no se aplicó la M V A y fósforo

La aplicación de M V A aumentó significativamente los rendimientos independientemente de la aplicación de fósforo al suelo

Las plantas micorrizadas presentaron diferencia significativa respecto a las no micorrizadas en algunos componentes de rendimiento, como aumento en el número de vainas por planta y número de granos por vaina

El porcentaje de infección del hongo en la raíz de las plantas aumentó significativamente con la aplicación de la M V A al cultivo

La población de esporas en el suelo aumentó significativamente después de la aplicación de la M V A. Los resultados de laboratorio muestran que a los 60 días después de germinado el cultivo había mayor número de esporas en el suelo

Las plantas micorrizadas presentaron mayor porcentaje de fósforo en las hojas que las no micorrizadas

En las parcelas micorrizadas se encontró menor cantidad de P que en las no micorrizadas. Hay correlación entre este fenómeno con el contenido de P en las hojas de las plantas micorrizadas

La aplicación de 100 kg/ha de M V.A no incide en el aumento del rendimiento, de ahí que no resulta rentable la utilización de este tratamiento

El análisis económico reportó que únicamente los tratamientos 3 5 13, 22, 24 y 26 proporcionan rentabilidad La rentabilidad por período más alta fue de 31 7/ y se tuvo cuando se aplicó 200 kg/ha de M V A y 150 kg/ha de P_2O_5 de la fuente Escorias Thomas

12. RECOMENDACIONES

- Se debe iniciar en esta zona la utilización práctica de M V A para mejorar la productividad de los cultivos Las técnicas usadas hasta ahora, no necesariamente son las mejores. Los investigadores deben seguir estudiando y mejorando las posibilidades de hacer más eficiente y práctico el uso de los hongos M V A en la agricultura
- Realizar investigaciones acerca de los efectos de las prácticas agronómicas, sobre la persistencia y efectividad de la M V A tanto nativa como introducida, para encontrar técnicas adecuadas que contribuyan a la multiplicación y desarrollo del hongo en el campo
- Hacer trabajos de investigación con diferentes géneros y especies de M V A en suelos preferiblemente ácidos para establecer los tipos que mejor se adaptan a estas condiciones de suelo y clima

- Se recomienda utilizar Escorras Thomas y Roca Fostórica cuando se aplica M V A a la soya, pues estas dos fuentes favorecen significativamente la persistencia e infección del hongo. Además parece ser

- Mediante siembras continuas en campos que han sido inoculados con M V A analizar el comportamiento de la población de esporas, grado de infección radicular y beneficio del hongo al cultivo

- Realizar trabajos de investigación en suelos ácidos sobre los efectos de la interacción *Rhizobium-Mycoriza* en diferentes leguminosas, para observar el grado de dependencia de éstas hacia la fase viva del suelo

- Mediante trabajos de campo y de laboratorio comprobar si las hifas de M V A absorben otros nutrientes (micronutrientes), además del fósforo

- Realizar trabajos a nivel experimental, utilizando otras fuentes y dosis de fósforo en combinación con diferentes cepas y dosis de M V A en soya en otros cultivos de la región

que la Roca funciona mejor con la M V A pero a largo plazo (varios ciclos de cultivo) en suelos Oxisoles

- El manejo de los hongos de M V A se hace con el objetivo de aumentar los rendimientos de los cultivos dado que el manejo del suelo, manteniendo la fertilidad y la productividad, es algo integral a la M V A no pueden sustituir otras prácticas agrícolas sino actuar como una práctica complementaria

13 RESUMEN

En el segundo semestre de 1990, se realizó un trabajo de investigación en el Departamento del Meta, en un terreno ubicado en la granja de la Universidad de los Llanos a 345 m s n m temperatura promedio de 27°C , precipitación promedio anual 2350 mm y Humedad Relativa promedio del 78%. El suelo se clasificó taxonómicamente como un Oxic distropept.

El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta de la soya variedad Sovica P-33 al aplicarle a un suelo clase IV no esterilizado una mezcla de hongos micorrizógenos (*Glomus* y *Entrophospora*) en dosis de 0 100 y 200 kg/ha en combinación con tres fuentes fosfatadas Superfostato Triple Escorias Thomas y Roca Fosfórica cada una en dosis de 50 100 y 150 kg/ha de P_2O_5 .

Para efectos de análisis de las variables, se hizo un diseño de parcelas divididas en arreglo factorial $3 \times 3 \times 3 + 3$ adicionales que corresponde a los testigo.

Los mejores rendimientos (1752 kg/ha) se obtuvieron cuando se utilizó la dosis más alta de Micorriza (200 kg/ha), en combinación con Escorias Thomas en la dosis más alta (150 kg/ha de P_2O_5), superando ampliamente a los demás tratamientos y en especial al testigo, al cual no se le aplicó ninguna dosis de N/A ni fuente de fósforo y su producción fue tan solo de 287 kg/ha

La dosis de micorrizas aplicadas al cultivo influyeron significativamente en el rendimiento y desarrollo de las plantas debido al efecto beneficioso de la micorriza sobre algunos componentes del rendimiento, como aumento en el número de vainas por planta y número de granos por vainas

Mediante análisis de laboratorio se comprobó la evidencia de la Micorriza Vesicular - Arbuscular infectando plantas de soya como también la presencia de esporas del hongo en el suelo

De las tres fuentes de fósforo utilizadas, Escorias Thomas interactuó positivamente con el hongo endófito en cuanto a porcentaje de infección y rendimiento de las plantas según lo demuestran los análisis de varianza

Finalmente resulta rentable para el agricultor la utilización de la Micorriza Vesículo - Arbuscular en las prácticas de fertilización de la soya, pues esta interviene directamente en la nutrición de las plantas y en su reproducción

14. BIBLIOGRAFIA

- 1 ACERIAS PAZ DEL RIO Manual de asistencia técnica No 1 Belencio Acerias Paz del Rio, 1989 38 p
- 2 AZCON, G de Aguilar, BARCA J M Micorrizas Revista Investigación y Ciencia, 1980 6-21 p
- 3 BAGYRAI, D J, MANJUNATH, A, PATIL, R Interaction between a Vesicular-arbuscular Mycorrhiza on the Rhizobium and their effects on soybean in the field New Phytologist Bangalore India Livy Agric. 19979 141-145 p
- 4 CARLING D E, BROWN, H. Relative effect of vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi on the growth and yield of soybean En, Soil Science Society of America Journal, 1980 Pag 528
- 5 COOKE G W The Control of soil fertility London Crosby Lockwood 1967 526 p
- 6 COX G TINKER P B Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas The arbuscule and phosphorus Transfer A quantitative study New phytol, 1976 371-378p
- 7 GARAVITO, F Propiedades químicas de los suelos 2 ed Bogotá Instituto Agustín Codazzi, 1979
- 8 GIANINAZZI E Les Micorrhizas endotrophes et al application dans la pratique culturale A Phitopatol S L sn, 1976 249-256 p
- 9 GUERRERO R R Características Físico-químicas de los fertilizantes En Suelos y fertilización de cultivos ICA, Compendio No 38 Tibatata ICP 1980 209-258 p

10 _____ La recomendación de fertilizantes, fundamentos y aplicación En Fertilidad de Suelos Diagnósticos y Control 2 ed Bogotá Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 1984 225-267 p

11 HALOS R M, ELSA Y S MARILYN Synergism between endomycorrhizas and Rhizobium japonicum, CB 1809 an Soy bean Phijpp agric Manila Filipinas S N 1982 93-102 p

12 HOWLER R H SIEVERDING, E La importancia de las micorrizas en la absorción de fósforo por la yuca Uso y manejo de los suelos de la Orinoquia y la Amazonia En Suelos Ecuatoriales Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo, 1982 Vol XII No 2 182-195 p

13 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO Fertilización en diversos cultivos cuarta aproximación En Manual de Asistencia Técnica No 25, Tibatata 1989 56 p

14 LEON S L [E] uso de rocas fosfóricas en suelos ácidos del Trópico Americano En Fertilidad de suelos diagnósticos y control 2 ed Bogotá Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 1984 359-376 p

15 MIRANDA J C Influencia de fungicidas endomycorrizos inoculados a campana cultura de Soro e Soya en un solo sob cerrado En Ren Brasil [Cislo] 6 1982

16 MUNEVAR M F Principales procesos microbiológicos en el suelo y su función en la actividad agropedaria En Sociedad de Ingenieros Agrónomos del Llano 1986 Vol 3, No 3 72-82 p

17 ----- Papel del Molibdeno y de otros micronutrientes en la nutrición de las leguminosas En Memorias del Seminario sobre Los micronutrientes en la agricultura con énfasis en suelos de las Llanos Orientales Sociedad Colombiana del Suelo Ecuatoriales Vol XX No 3, 1990 68-75 p

- 18 OCHOA T G ARANGO R C ROBLED, M A Evaluacion Semicomercial de Manihotina M V A T-8/ (Micorriza) en el cultivo de la soya Manizales Universidad de Caldas Facultad de Agronomia 1989 Vol 3 No 1 16-22 p
- 19 PARRA C A Fertilización en el cultivo de la soya Contribución del programa de suelos del Centro Nacional de Investigación Agronómica En Curso de producción de soya Palmira S N , 1980 138-153 p
- 20 ROSS J P Effect on Phosphate fertilization on yield of mycorrhizal and no mycorrhizal soybeans Ph topathology 61 1970 1400-1403 p
- 21 SAFIR G R Vesicular-Arbuscular mycorrhizae an crop productivity En Carlson, P S New York The biology of crop-productivity Academic press 1980 462 p
- 22 SAIF S R Interacción de Rhizobium-micorrizas V A en leguminosas tropicales En Primer Curso Nacional sobre Micorrizas Palmira 1984 15-43 p
- 23 SALINAS J C Oxisoles y Ultisoles de Colombia y Latino América y diagnóstico implicado en el uso y manejo En Suelos Frontierales Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 1985 Vol XV
- 24 SANCHEZ P A Properties an management of soils in the tropic New York John Wiley an sons 1976
- 25 SANCHEZ P A HUEHARA, G Management consideration for acid soil eith high phosphorus fixation Wisconsin America Society of Agronomy Madison 1980 471-514 p
- 26 SANCHEZ P A SALINAS, J G Low-input Techonology for mananig Oxisols and Ultisols in tropical America Adv Agr S L S N 1980 279-406p
- 27 ----- Suelos ácidos estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical Bogotá Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 1983 71-73 p

- 28 SANCHEZ L F OWEN B E Fertilización de cultivos anuales en los Llanos Orientales En Manual de Asistencia Técnica No 27 Tibatata ICA 1984
- 29 SCHENCK N C HINSON K Response of nodulating and non nodulating Soybeans to a species of Endogone mycorrhiza En Agronomy Journal Florida 1973 849-850 p
- 30 SIEVERDING E Aspectos de la Taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular En Primer Curso Nacional sobre Micorrizas Palmyra 1984 209-223
- 31 Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular Primer Curso Nacional sobre Micorrizas Palmyra, 1984 1-14 p
- 32 El papel de las Micorrizas en la Agricultura En Manejo y conservación de suelos en América Latina, Suelos Ecuatoriales Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo Vol XVI No 1 52-59 p
- 33 Importancia de las Micorrizas en la nutrición de las plantas Proyecto Micorrizas CIAT En Primer Curso Nacional sobre Micorrizas Palmyra 1984 5 p
- 34 Manual de Métodos para la identificación de la micorriza vesículo arbuscular en el laboratorio CIAT 1983 96-105 p
- 35 La micorriza un componente biotecnológico en la producción vegetal En Ciencias y Tecnología Bogotá Vol 7 No 1 1989 9-12 p
- 36 TORRES H R Aspectos generales de la micorrizas vesículo arbuscular Curso de micorrizas Villavieja 1988 8 p
- 37 VALDES M La relación micorriza V A , con la fijación de Nitrógeno por Rhizobium En Primer Seminario Centroamericano sobre fijación biológica de nitrógeno, 1985 88-93 p
- 38 YOST R S FOX R L Contribution of mycorrhizae to the P nutrition of crops growing on an Oxisol Agron J 71 1979 903-905 p

L O X Z N F

TABLA 1 Promedios de rendimiento (kg/ha) de soja bajo tres niveles de micorrizas y tres fuentes fosfóricas

Tratamiento	P1	P2	P3	$\bar{y}$
1	1443	5586	7468	6933
2	7713	9614	6014	7780
3	12905	4873	15604	12794
4	6544	7080	6031	6573
5	12440	14217	8664	11440
6	4100	11008	7052	4053
7	3093	4113	4888	4048
8	5332	5815	4865	5337
9	3442	3090	3607	3343
10	3247	4110	1926	2328
11	8044	7646	8148	8052
12	10796	11480	4810	10645
13	11059	14080	12535	12558
14	4275	5989	473	8246
15	8706	8187	8386	8427
16	7666	10010	11360	4779
17	2956	3017	2844	2956
18	4010	3600	3340	3650
19	6515	7001	5814	6460
20	2616	3967	2036	2873
21	5613	7187	7148	6650
22	11496	11224	1187	11817
23	13285	10904	9708	11300
24	15011	11387	15412	13438
25	10018	4482	8482	4317
26	19976	18410	14176	17521
27	5011	4012	3940	4320
28	7197	6843	7316	7119
29	8014	7184	8285	7824
30	5017	5148	5102	5089

TABLA 2 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de Micorriza y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Superfosfato Triple

Micorriza kg/ha	P_2O_5 kg/ha	Altura planta	Altura carga	Nº Vainas Planta	Peso 100 semillas	g grano vainas	Perdim kg/ha
0	0	36.46	8.19	19.75	14.04	2.48	51.6
	100	41.96	10.1	20.45	14.01	2.57	779.0
	200	41.76	10.43	25.16	14.51	2.52	1271.6
100	0	44.20	10.25	12.18	13.54	2.45	205.1
	100	42.16	10.66	13.71	14.14	2.71	1062.6
	200	42.16	11.53	21.00	13.1	2.76	1555.6
200	0	41.1	11.11	15.01	13.47	1	604.1
	100	41.46	10.06	22.16	15.24	2.10	1106.7
	200	42.46	10.06	26.59	14.56	2.10	1169
P		43.55	10.62	19.14	14.15	2.61	816.1

TABLA 1 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de Micorriza y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Escorias Thomas

Micorriza kg/ha	P P_2O_5 kg/ha	Altura planta	Altura carga	No Vainas Planta	Pec 100 semillas	No franc vainas	Rendim kg/ha
0	0	38 61	10 47	11 7	14 1	6 88	657 2
	100	41 16	10 75	16 54	15 4	6 86	1115 7
	200	47 16	9 43	13 75	15 7	6 7	305 0
100	0	41 70	10 17	18 41	14 6	6 80	361 6
	100	49 71	10 54	11 13	14 5	6 77	646 6
	200	49 5	10 66	17 10	15 6	6 73	461 1
200	0	47 46	10 0	10 97	13 15	6 76	1111 1
	100	47 65	10 95	10 53	15 15	6 74	111 6
	200	46 16	11 10	16 13	15 61	6 87	1756 1
7		48 72	10 60	13 04	14 87	6 73	1056 8

TABLA 4 Promedios generales para las variables evaluadas al utilizar tres niveles de Micorriza y tres dosis de P_2O_5 de la fuente Roca Fosforica

Micorriza kg/ha	P_2O_5 kg/ha	Altura planta	Altura carga	No. Vainas Planta	Peso 100 semillas	No. granos planta	Rendimiento kg/ha
0	0	11.4b	8.8	13.0	13.5		404.4
	100	10.4c	9.4	15.0	15.4	2.0	42.7
	250	10.4b	9.6	16.5	14.0	2.7	111
100	50	10.7d	9.7	11.5	13.0	2	235.0
	100	12.4b	10.2	10.7	13.8	2.0	165.0
	250	16.7	11.0	13.7	15.4	2.5	616.4
200	0	11.6	8.4	13.0	14.4	2.0	412.4
	100	45.10	9.0	20.4	13.8 ^e	2.5	711.4
	250	12.0b	11.3	25.4	14.7d	2.5	792.7
7		14.2d	9.6	15.4b	14.17	2.5b	81.4

**TABLA 5 Informe meteorológico de los meses de septiembre
octubre noviembre diciembre y enero durante el
ciclo del cultivo HIMAT 1990 B**

Variable	Unidad	Septre	Octbre	Novre	Dic	Enero
Temperatura	°C	25.4	25.2	25.3	25.6	26.5
Humedad	%	81.0	80.0	81.0	74.0	71.0
Radiación solar	hr	137.5	194.6	176.5	171.6	223.2
Precipitación	mm	235.4	180.3	246.6	176.5	20.3
Evaporación	mm	156.1	148.1	124.2	137.3	188.5