

Centro Internacional de Agricultura Tropical

# SEMINARIOS INTERNOS

SE-4-84

Marzo 23, 1984



99754

METODOLOGIA PARA LA SELECCION E INTRODUCCION  
DE CEPAS DE MICORRIZA A LA YUCA EN EL CAMPO

Ewald Sieverding

Los hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular (MVA), son conocidos por aumentar la eficiencia de absorber nutrientes por la planta del suelo. En el caso de la yuca, se ha demostrado intensamente que la planta depende obligatoriamente de la asociación con MVA para absorber fósforo, ésto aún en suelos que tienen alta tasa de este elemento (Howeler y Sieverding, 1982).

Los hongos MVA, están presentes naturalmente en todos los suelos tropicales, pero su distribución cuantitativa varía considerablemente entre sitios y aún en un mismo campo. También, la efectividad de la población nativa de MVA, puede variar extremadamente (Howeler y Sieverding, 1983); así, para que la planta obtenga un seguro beneficio de la MVA, se debe pensar en la introducción de cepas seleccionadas

efectivas de MVA en el campo, para aumentar artificialmente en la rizosfera de la yuca, el porcentaje de microorganismos benéficos, en este caso de hongos MVA efectivos.

Lógicamente, antes de inocular el campo, se necesita aislar muchas cepas o especies nativas de MVA y seleccionarlas; además se necesita investigar las técnicas para una eficiente inoculación. Este trabajo presenta el desarrollo de la investigación que se lleva a cabo en el Proyecto de Micorriza del CIAT y sus resultados en la selección de cepas de MVA, para su posterior introducción a la yuca en el campo.

Las regiones para las cuales se debe seleccionar cepas de MVA, en el caso de la yuca están determinadas por las zonas edafo-climáticas, en donde crece ella (véase CIAT, Informe Anual 1981). Esta clasificación tiene en cuenta las mayores condiciones adversas del suelo y del clima, para la producción de yuca. Principalmente, entonces, se considera la selección de especies de MVA para:

- Suelos ácidos, con bajo contenido de fósforo y alta disponibilidad de Al y Fe.
- Óptima utilización de abonos fosfóricos.
- Temperaturas de los trópicos altos o trópicos bajos.
- Períodos de estrés de agua.

#### MODELO DE INVESTIGACION PARA SELECCIONAR HONGOS MVA

En el Proyecto Micorriza del CIAT, se siguen los pasos de investigación, como se muestra en el modelo en la gráfica 1. Este modelo se puede dividir en 4 submodelos o etapas desarrolladas, así:

- a. Investigaciones para el aislamiento de cepas MVA.
- b. Investigaciones para la selección de cepas MVA en

condiciones controladas (invernadero).

- c. Investigaciones, para la inoculación eficiente de cepas de MVA en el campo.
- d. Transferencia de la tecnología a otras instituciones y al agricultor.

De mayor interés para el tema, son los puntos b y c.

### INVESTIGACIONES REALIZADAS PARA LA SELECCION DE CEPAS MVA EN EL INVERNADERO

#### Determinación de la metodología para la selección de cepas efectivas de MVA en suelo esterilizado

El objetivo en la primera fase de la selección (llamada TEST I) es una decisión rápida sobre, cuáles de las cepas MVA son eficientes, sin que la cepa deba competir con otros microorganismos del suelo. Se comparan plantas no micorrizadas (no inoculadas), con plantas micorrizadas con diferentes cepas puras de MVA (plantas inoculadas). Los factores, que técnicamente juegan un papel en la efectividad de hongos MVA, en esta fase de la evaluación, son entre otros: el suelo, la dosis de fertilizantes, el cultivar de yuca y la cantidad de inóculo de MVA, así como la forma de inoculación. En resumen, los ensayos con respecto a estos factores, dieron los siguientes resultados:

Los dos suelos ácidos investigados con bajo contenido de fósforo (Carimagua-Reserva y CIAT-Quilichao; Oxisol e Inceptisol respectivamente, de la misma fertilidad química, ambos con buena estructura) son útiles para la prueba inicial de cepas de MVA. En ambos suelos, diferentes cepas de MVA, mostraron la misma variabilidad en su

efectividad (Howeler y Sieverding, 1982); es así entonces como por una mejor disponibilidad, se utiliza suelo esterilizado de CIAT-Quilichao, para la evaluación de cepas de MVA.

Diversos cultivares de yuca mostraron (Tabla 1) relativamente la misma respuesta a diferentes cepas de MVA; aún en términos absolutos, hubo diferencias en las interacciones cultivar - cepa de MVA- y contenido de P en el suelo. Generalmente, el suelo interactúa más sobre la efectividad de una cepa MVA, que el cultivar de yuca. Principalmente se sugiere utilizar para la evaluación de cepas MVA, cultivares de yuca que sean resistentes a enfermedades.

En suelos ácidos con bajo nivel de fósforo se debe aplicar P para que así la planta responda a la inoculación con MVA (Howeler, 1983). El efecto principal de la MVA en la yuca, es la mejor absorción de P del suelo. El fósforo se aplica en cantidad de 25 kg P/ha, en la primera fase de selección, debido al objetivo de seleccionar cepas que sean capaces de utilizar bajo nivel de P, muy efectivamente.

Se ha reportado que la concentración y la fuente de inóculo que se aplica a suelos esterilizados, puede influir el crecimiento de la planta (Dalt y Nicolson, 1969, Powell, 1976). En los ensayos (TEST I) con yuca, se utiliza una mezcla homogenizada de suelo infectado con raíces infectadas, que se sacan de los cultivos puros de MVA, del banco de cepas MVA. En ensayos de Howeler (1983), esta mezcla dió los mismos resultados en el crecimiento de yuca en potes, que la inoculación con raíces infectadas y superiores ambas, al estímulo en el crecimiento, que la inoculación con esporas. Considerando que la cantidad de organismos infectivos en cepas MVA puede variar entre cepas, se aplican más de 5 gramos de inóculo "suelo infectado con raíces", a cada planta.

Como material vegetativo de yuca se utilizan ápices enraizados. Ensayos realizados (véase CIAT, Informe Anual, 1982) mostraron que la yuca muestra muy rápidamente una respuesta a la inoculación con cepas MVA, si el material de la planta que se inocula, no tiene muchas reservas de nutrientes. Así, en el caso de la yuca, una primera respuesta a la inoculación se consigue en los ápices enraizados, después de 5 semanas de la siembra. Se cosechan las plantas generalmente 8-9 semanas después de la siembra, tiempo durante el cual las diferencias entre cepas MVA, en su efectividad sobre el crecimiento de la planta, se observan.

A la cosecha se evalúan los siguientes parámetros: 1. Producción de materia seca y absorción de fósforo. 2. La longitud de las raicillas por planta; la longitud total de raicillas, que posiblemente dá una indicación si la planta es capaz de absorber agua en situaciones de sequía. 3. La infección de la raíz por la cepa MVA evaluada.

Para la interpretación y comparación de ensayos del tipo TEST I, se hace una clasificación de cada cepa evaluada respecto a cada parámetro medido (Tabla 2), considerando que son:

- 0= cepas no efectivas
- X= cepas con poca efectividad
- XX= cepas con moderada efectividad
- XXX= cepas con alta efectividad

Donde 0: el parámetro de la evaluación no es significativamente distinto del de plantas no micorrizadas (NM); X: El valor es significativamente mayor que el de plantas NM, pero menor que el promedio del ensayo; XX: El valor no es significativamente distinto del

valor promedio del ensayo; XXX: El valor es significativamente mayor del promedio del ensayo. Únicamente las cepas de moderada y alta efectividad, se prueban en las siguientes pasos de la selección.

Ensayos para la evaluación de la capacidad de cepas efectivas de MVA, para competir con hongos MVA nativos y otros microorganismos, en el invernadero (TEST II).

Existen principalmente dos métodos en el invernadero, para probar cepas aisladas en su capacidad de competir con otros microorganismos. Estos son: 1. Inocular la yuca con la especie MVA al sembrarla en un suelo con una población nativa de MVA y otros microorganismos (suelo no esterilizado). La inoculación se hace localizada debajo de los esquejes de yuca, así las primeras raíces que emergen se infectan con la cepa introducida. 2. Establecer una población de una especie de MVA, en cantidad conocida, en suelos previamente esterilizados para competir con cepa inoculada en el mismo suelo debajo del esqueje de yuca. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas, como muestra la Tabla 3. Con el Método 1, hay la necesidad de determinar la cantidad y la calidad de la MVA nativa.

En el Proyecto Micorriza se utiliza en este Test un suelo de Quilichao que contiene una alta cantidad de MVA (más que 2000 estructuras infectivas de MVA/100 g. suelo) y que contiene naturalmente dos especies efectivas, Entrophospora colombiana y Glomus manihotis, además de varias especies de efectividad media, tales como Acaulospora longula, A. appendicula, una especie de Acaulospora no identificada (tipo C-4-8) y Gigaspora heterogama. Se piensa que en zonas con situaciones de alta competencia de especies de MVA en el suelo,

únicamente cepas aisladas y seleccionadas en estas condiciones del TEST II, son capaces de aumentar el rendimiento de la yuca.

El método 2 (prueba de competencia contra cepas artificialmente establecidas en el suelo, (véase CIAT, Informe Anual 1983, Programa de Yuca) hasta el momento no está lo suficientemente desarrollado para recomendarlo.

#### Pruebas de la adaptación de cepas de MVA a condiciones edáficas en el invernadero

Los suelos ácidos con baja fertilidad química, en general tienen buena textura. Por esta razón, en la evaluación de las cepas no se le dá mucho énfasis a esta característica del suelo. En un ensayo preliminar (Tabla 4), se encontró que en suelos de buena estructura (suelos de Carimagua y de Quilichao), el contenido de fósforo del suelo, está interactuando sobre la efectividad de diversas especies de MVA; pero al compararlos con un suelo de Palmira (químicamente fértil, pero compacto y de poca aireación, pH neutro) se vió que además del contenido de fósforo, interactúan otros factores del suelo en la efectividad de cada especie de MVA. Como el objetivo de la selección de cepas MVA es restringido a suelos ácidos con bajo contenido de fósforo, no se ha realizado la evaluación de cepas MVA en la primera fase, en diferentes suelos.

Ciertamente la textura del suelo puede determinar condiciones de estrés de agua para la planta. Este factor y otros requieren más investigación.

Evaluación de la adaptación de cepas de MVA a condiciones climáticas en el invernadero

Hasta ahora, la metodología para la evaluación de cepas a su adaptación a temperaturas del suelo fue elaborado, considerando temperaturas de 20°C (zonas edafo-climáticas IV y V) y 30°C (zonas I, II, III). Para la prueba, beakers de vidrio con un litro de suelo estéril se colocaron en baño a María con temperaturas constantes del agua de 20°C y 30°C. Se inoculó el suelo y se sembró yuca cu. M Col 113, cultivar del cual se sabe que es adaptado a este rango de temperaturas.

La gráfica 2 muestra que generalmente las cepas de MVA son más efectivas a 30°C, que a 20°C. De todas las cepas probadas, únicamente unas pocas son efectivas en 20°C. También se observó claramente, que a 20°C, la efectividad de una especie de MVA (en este caso E. colombiana), depende de su lugar de procedencia; E. colombiana de Popayán fue efectiva a 20°C, la cepa de Carimagua, no fue efectiva. G. manihotis procedente de la costa norte de Colombia (con temperatura alta, en promedio) fue efectiva en ambas temperaturas. En la Gráfica 3 se muestran los resultados para las especies Acaulospora, todas aisladas de la región de Popayán. Se vé, que Acaulospora spp. varían en su efectividad y a 20°C únicamente dos especies incrementaron la producción sobre la de plantas no micorrizadas. Los resultados en general mostraron, que por lo menos para regiones de temperaturas bajas (elevación de 1.400 m.s.n.m.), se requiere antes de introducir cepas micorrízicas al campo, una evaluación de éstas a su adaptación a temperaturas bajas.

### Evaluación de cepas de MVA a prácticas agronómicas en el invernadero

Los ensayos que se pueden realizar en el invernadero, son los relacionados con la aplicación de diferentes niveles y fuentes de fertilizantes y otros agroquímicos (incluyendo la interacción entre agroquímicos y la combinación MVA/patógenos).

Considerando la aplicación de fósforo como práctica agronómica que puede influir la actividad de MVA considerablemente, se hizo una comparación de la efectividad de especies de MVA a utilizar la aplicación de 0,50,100 y 200 Kg P/ha, de fuente superfosfato triple. En cada nivel de P, se estableció en los potes una población de 1000 esporas/100 g de suelo seco, separadamente de las especies G. manihotis, E. colombiana y G. occultum., como también de la mezcla de las tres especies (330 esporas de cada especie/100g suelo). N y K se aplicaron en cantidad de 100 kg/ha. La Gráfica 4 muestra los resultados para la producción de materia seca y para la absorción de P. Las plantas inoculadas con G. manihotis absorbieron mayor cantidad de P en niveles altos de fósforo aplicado; E. colombiana favoreció el crecimiento de la planta especialmente en el nivel 50 kg P/ha. G. occultum tuvo la menor efectividad entre las 3 especies. Cuando se inocularon las plantas con la mezcla de las tres especies, en el nivel 50 kg P/ha, la respuesta de las plantas fue similar a la de las inoculadas con E. colombiana solamente; la absorción de P, en niveles mayores de 50 kg P/ha, fue similar a la de plantas inoculadas con G. manihotis solamente. El ensayo mostró muy claramente que diferentes especies de MVA, pueden estar adaptadas a diferentes dosis de abonos fosfóricos.

Hasta ahora la evaluación de cepas con otros elementos y agroquímicos no se ha hecho sistemáticamente.

## METODOLOGIA PARA LA INTRODUCCION DE CEPAS MVA AL CAMPO

La investigación consta de tres pasos:

1. Multiplicación de cepas de MVA para su empleo en el campo.
2. Evaluación de técnicas de inoculación en el campo.
3. Ensayos del campo en regiones con condiciones edafo-climáticas definidas.

### Multiplicación de cepas de MVA para su empleo en el campo

Una revisión de consideraciones y resultados de ensayos para la selección de hospederos y suelos útiles para la producción de inóculo de MVA, se encuentra en Sieverding (1984).

Hasta ahora, para los ensayos en el campo, se produce el inóculo necesario en el CIAT, en cámaras de concreto de extensión de  $0.4 \text{ m}^3$ . La técnica es simple. Se esteriliza un suelo ácido y se lo inocula con una cepa pura de MVA, sembrando kudzú u otro hospedero para la multiplicación del hongo. Después de 4-6 meses de crecimiento del hospedero, se puede utilizar el inóculo, consistiendo en el suelo con raíces infectados, homogenizados. Indudablemente, la producción de inóculo requiere más investigación, especialmente considerando la calidad y fitosanidad del mismo.

### Evaluación de técnicas de la inoculación de yuca en el campo

La evaluación requiere dos partes igualmente importantes, las cuales son: 1. La evaluación de fuentes de inóculo y su dosis a aplicar en el campo, y 2. la evaluación de la técnica, donde y cuándo localizar el inóculo en el campo, en relación a la estaca de yuca. Para la

evaluación de diversas fuentes y dosis de inóculo, véanse los Informes Anuales de CIAT, 1982,1983 del Programa de Suelos Yuca.

Aquí se reportan los ensayos realizados para la evaluación de técnicas de la inoculación de la yuca. Un ensayo preliminar determinó, que la distribución de una cepa introducida en el campo, depende del método de la localización del inóculo (Gráfica 5); en este caso, se aplicaron 500g de inóculo, suelo infectado, por planta. Los resultados muestran claramente, que la cepa introducida al campo, se distribuyó poco (ca 20cm) en la dirección del crecimiento de las raicillas. Una distribución profunda, se logró con la aplicación del inóculo debajo de la estaca; una distribución lateral se observó con su aplicación en banda. Lo ideal es la aplicación del inóculo debajo de la estaca y en banda. En esta forma, se aumenta la capacidad de la cepa introducida al campo, para competir con la MVA nativa, ya que una raíz una vez infectada por una cepa efectiva, no permite que la infecten otros microorganismos.

En ensayos en campos de agricultores, en donde se incorporaron 50 kg P/ha como roca fosfórica, se confirmó que la doble inoculación del campo, abajo de la estaca y además en banda al lado de la estaca, fue el método más efectivo para aumentar el rendimiento de la yuca (Tabla 5). Indudablemente, con la incorporación de rocas fosfóricas en el suelo, se requiere una distribución amplia de la cepa efectiva en este horizonte del suelo, en donde se ha incorporado el en donde se ha incorporado el fósforo. Cuando se aplica el fósforo en banda (como fuente soluble), una inoculación de la yuca debajo de la estaca, es conveniente.

Evaluación de diferentes cepas de MVA inoculadas a la yuca en el campo

Se comparó la efectividad de tres cepas aisladas en tres sitios diferentes de la región de Mondomo, con la aplicación de 50 kg P/ha como superfosfato triple (SFT) en bandas con la incorporación de 50 kg P/ha como roca fosfórica. Se usó el cultivar CMC 92.

En cada sitio los tratamientos fueron distribuidos al azar y tuvieron 4 repeticiones; cada repetición tuvo 35 plantas (distancia de siembra 80x80cm), de las cuales se cosecharon 15 plantas para medir el rendimiento. Las plantas se inocularon debajo de las estacas con una mezcla suelo/raíces (500 g inóculo/planta) de G. manihotis, E. colombiana o G. occultum. La Tabla 6 muestra los rendimientos de las raíces después de un año de crecimiento de yuca. Entre los sitios hubo mucha diferencia en los rendimientos. En general, la yuca inoculada (micorriza nativa) produjo más cuando se le aplicó SFT. En promedio, la inoculación del campo aumentó el rendimiento en comparación con el de plantas no inoculadas, siendo la cepa C-1-1 la más efectiva al aplicar SFT y C-33-1, si se utilizó roca fosfórica de Huila como fuente de abono. En casi todos los tratamientos fue posible sustituir la aplicación de SFT sin inocular el campo, por la aplicación de RFH con inoculación del campo, con cualquier cepa de MVA.

Considerando únicamente las cepas más efectivas en cada sitio, los rendimientos de yuca subieron en promedio de 3.5 t/ha (27%) si se aplicó SFT y en 5.0 t/ha (50%) aplicando RFH. De los resultados se puede concluir que, a) La inoculación del campo incrementa los rendimientos de la yuca b) Se puede sustituir fuentes de P solubles, por fuentes de P más insolubles si se combina la última fuente con la inoculación del campo; c) La cepa MVA C-1-1 (G. manihotis) puede ser útil con ambas

fuentes de P; pero con RFH la cepa C-33-1 (G. occultum), puede ser más adecuada con la aplicación de RFH. Este último factor requiere más investigación, porque la cepa C-33-1, de ensayos del invernadero, fue conocida por tener una efectividad moderada y d) Posiblemente la cepa C-10 (E. colombiana) no fue adaptada a la temperatura baja de la región; por eso no fue tan efectiva (véase también ensayos de temperatura, antes mencionado).

Depende el éxito de la inoculación de la yuca en el campo de la cantidad de la MVA nativa?

Ensayos anteriores (Howeler y Sieverding, 1983), sugirieron que el éxito de la inoculación en el campo, depende de la cantidad y calidad de la MVA nativa. Para continuar esto, se tomaron antes de la siembra en varios sitios, muestras de suelo y se determinó el número de estructuras infectivas de hongos MVA, con el método "Cantidad más probable" descrito por Porter (1979) y modificado por Sieverding (1983). En la Tabla 7, se comparan algunas características del suelo de cuatro sitios, con los incrementos en el rendimiento por la inoculación. Aparentemente hay una correlación negativa entre la cantidad de la MVA nativa y la respuesta a la inoculación (en este caso con una inoculación debajo de la estaca con una mezcla de C-1-1/C-10). Pero se debe considerar, que es muy posible que otros factores están determinando el éxito de la inoculación, así por ejemplo, la utilización del campo antes de la inoculación.

CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

De la metodología desarrollada hasta ahora, para la selección de

cepas MVA por su efectividad para aumentar el rendimiento de la yuca, en algunas zonas edafo-climáticas, se puede decir:

1. La selección de cepas en el invernadero, determinando el crecimiento de la planta, es técnicamente fácil, pero demorado. Si en un futuro se puede relacionar la efectividad de una cepa con una característica, para determinarla en forma más rápida deberá cambiarse el método.
2. Se debe tratar de estandarizar las pruebas de la selección de cepas, de acuerdo con su capacidad para competir con otros microorganismos.
3. Pruebas de la adaptación de cepas MVA a condiciones edafo-climáticas, así como también a prácticas culturales y adaptación a agro-químicos, posiblemente se puede llevar a cabo in vitro, tomando la germinación de esporas en estas condiciones, como índice de la adaptación de las especies.
4. Indudablemente el punto práctico más importante en un futuro cercano, es el desarrollo de la metodología para la producción de inóculo con diversos fines.
5. La selección de cepas en el campo, se debe ampliar de acuerdo a algunas condiciones edafo-climáticas, no limitarse tan sólo a las regiones en donde crece la yuca.
6. Una investigación considerada de gran importancia es el desarrollo de métodos para determinar rápida y técnicamente fácil la calidad y cantidad de la micorriza nativa. Esto con el objeto de determinar si económicamente se justifica inocular el campo (predicción de la MVA nativa).

REFERENCIAS

- Daft, M.J. y Nicolson, T.H. 1969. Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth. III. Influence of inoculum concentration on growth and infection in tomato. *New Phytologist* 68:953-963.
- Howeler, R.H. 1983. La función de las micorrizas vesículo-arbusculares en la nutrición fósforica de yuca. *Suelos Ecuatoriales*. XIII, No.2:51-61.
- Howeler, R.H. y Sieverding, E. 1982. La importancia de las micorrizas en la absorción de fósforo por la yuca. *Suelos Ecuatoriales*. XII, No.2:182-195.
- Howeler, R.H. y Sieverding, E. 1983. Potentials and limitations of mycorrhizal inoculation illustrated by experiments with field grown cassava. *Plant and Soil* Vol.75.
- Porter, W.M. 1979. The "Most Probable Number" Method for enumerating infective propagules of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Aust. J. Soil Res.* 17:515-519.
- Powell, C.L. 1976. Development of mycorrhizal infections from Endogone spores and infected root segments. *Trans. Br. mycol. Soc.* 66:439-445.
- Sieverding, E. 1983. Manual de Métodos para la Investigación de la Micorriza Vesículo-Arbuscular en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Proyecto Micorriza, Cali, Colombia.
- Sieverding, E. 1984. Selección de hospederos, substrato de suelo, nivel y fuente de fósforo para la producción de esporas de hongos formadores de micorriza vesículo-arbuscular. *Boletín Técnico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, No.3* (en preparación).

Tabla 1. Producción de materia seca (g/planta) de cultivares de yuca, no inoculadas o inoculadas con varias cepas de MVA. Suelo esterilizado de Quilichao mezclado con arena en el 1er. experimento contenía 21 ppm P, en el 2° y 3° tenía 11 ppm P, respectivamente.

Experimento 1°						
Cultivares	NM	C-1-1	C-17-1	C-18-1	C-19-1	C-21
M Ven 77	0.64	10.10	7.38	5.09	-	6.09
M Col 1914	1.56	9.67	6.78	5.05	-	6.73
M Ecu 82	0.51	7.74	8.65	3.13	-	5.23
M Pan 12-B	0.41	7.44	8.44	4.20	-	4.92

Experimento 2°						
M Ven 77	0.28	3.99	4.06	0.83	-	0.64
M Bra 22	0.55	3.99	4.11	1.35	-	2.78
M Pan 12-A	0.55	5.15	4.65	0.98	-	2.15
M Pan 51	1.38	5.53	5.62	1.81	-	3.73

Experimento 3°						
M Ven 77	0.40	3.94	-	1.07	5.18	1.93
M Col 700	0.40	3.37	-	1.62	4.22	3.05
M Col 1226	0.54	8.83	-	3.09	6.88	4.05
CM 440-5	0.10	6.71	-	3.13	6.20	4.16
CMC-59	0.16	6.62	-	3.74	5.86	3.86

Table 2

Evaluation of mycorrhizal isolates for effectivity on cassava

Isolate No.	Species	Effectivity for			
		Plant growth	P uptake	Root length	Competition
C-1-1	<u>G. manihotis</u>	xxx	xxx	xx	xxx
C-3-3	<u>G. geosporum</u>	xx	xx	xx	xxx
C-3-7	<u>Gi. pellucida</u>	0	0	x	xx
C-11-2	<u>E. colombiana</u>	xxx	xxx	xxx	0
C-13-1	<u>A. appendicula</u>	xxx	xxx	xx	x
C-14	<u>A. morrowae</u>	0	0	0	xx
C-15-1/2	<u>A. mellea</u>	xx	xx	xxx	xx
C-28-5	<u>A. longula</u>	x	x	xxx	xx
C-76-1	<u>A. scrobiculata</u>	0	0	xx	xx

0: Not effective; x: low effectivity; xx: moderate effectivity; xxx: high effectivity

Tabla 3. Comparación de las ventajas y desventajas de dos métodos para la prueba de cepas en su capacidad para competir con la MVA nativa.

<u>Método 1</u> (suelo del campo con su respectiva microfauna y flora)	<u>Método 2</u> (Establecimiento artificial de MVA en suelo previamente esterilizado)
<p><u>Ventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicamente fácil</li> <li>- Muestra la situación natural de un sitio (con restricciones)</li> <li>- Muestra interacciones múltiples</li> <li>- Fertilidad natural del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Población (calidad y cantidad) de MVA, contra la cual se prueba la cepa aislada, es conocida.</li> <li>- Puede tener valor para muchos sitios con respecto a la competencia.</li> <li>- Ensayos repetitivos (estandarización posible)</li> <li>- Los resultados se pueden interpretar con la sólo interacción entre dos cepas de MVA.</li> </ul>
<p><u>Desventajas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La interpretación de los resultados es difícil, por la presencia de varios microorganismos.</li> <li>- Cantidad y calidad de la MVA nativa no es determinada (no es representativa para muchos sitios).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicamente trabajoso</li> <li>- No muestra interacciones múltiples.</li> </ul>

Tabla 4. Efecto de diferentes esterilizados sobre la producción de materia seca de yuca, cv. CM -342-55, no micorrizadas (NM) y micorrizadas con diferentes especies de MVA (C-No.), en dos ciclos de crecimiento.

Especie de MVA**	Carimagua (4.3ppmP)*			Quilichao (1.9ppm P)			Palmira (45ppm P)		
	I	R	T	I	R	T	I	R	T
NM	0.20	0.25	0.45	0.31	0.15	0.46	0.32	0.30	0.62
C-1-1	2.69	1.75	4.44	1.10	0.69	1.79	1.73	3.77	5.50
C-10	2.17	1.19	3.36	0.75	0.38	1.13	0.50	0.21	0.71
C-21	0.58	0.52	1.10	0.44	0.39	0.83	1.46	1.77	3.23
Promedio	1.41	0.93	2.34	0.65	0.40	1.05	1.00	1.51	2.51

\* Paréntesis nos dá el contenido de P del suelo Extr. Bray II; a los suelos se aplicaron 50 kg N/ha y 50 kg K/ha para el primer ciclo de crecimiento (I) y 200 Kg/ha de cada elemento para el segundo ciclo (R). T muestra el rendimiento total de ambos ciclos.

\*\*NM: No hay micorrizadas; C-1-1, plantas inoculadas con Glomus manihotis; C-10, inoculadas con Eutrophospora colombiana; C-21, inoculadas con Gigaspora margarita.

Tabla 5. Efecto del método de la aplicación del inóculo (mezcla de Glomus manihotis con Entrophospora colombiana) sobre la producción de raíces frescas (t/ha) de yuca cv. CMC 92 en tres sitios en Mondomo, Cauca. El inóculo consistió en suelo infectado; se aplicaron 400g inóculo/planta.

Método de la inoculación	Don Marcos	Doña Pola*	Don Fidel	Promedio
1. No inoculado	17.7	15.6	13.5	15.3
2. Inóculo aplicado bajo estaca, todo a la siembra.	15.7	17.6	16.9	16.7
3. Mitad del inóculo bajo estaca, otra mitad en banda, 5 MDS**	19.1	18.3	21.0	19.5
4. Aplicado en banda, todo a la siembra	-***	16.8	-	-
5. Inóculo aplicado en banda; mitad a la siembra, la otra mitad 5 MDS.	17.5	-	-	-
6. Inóculo aplicado en banda, todo 5 MDS	-	14.1	-	-

\* 8 MDS hubo ataque de Phoma sp. en varias repeticiones del ensayo.

\*\* MDS: Meses después de la siembra.

\*\*\*Tratamiento no realizado en este sitio.

Table 6 : Effect of field inoculation and P sources ( 50 kg P / ha as triple superphosphate, TSP, or Huila rockphosphate, HR ) on fresh root yields ( t / ha ) of cassava cv. CMC 92, at three sites in Cauca Department of Colombia.

Inoculation*	Pescador		Mondomito		Agua Blanca		Average	
	TSP	RH	TSP	RH	TSP	RH	TSP	RH
Not inoculated	18.5	11.3	7.0	6.2	13.1	12.7	12.9	10.1
C-1-1	22.9	17.3	7.2	8.0	18.1	15.5	16.1	13.6
C-10	19.7	18.7	7.8	9.5	16.0	11.8	14.5	13.3
C-33-1	21.1	20.4	8.2	9.2	14.0	14.6	14.4	14.7

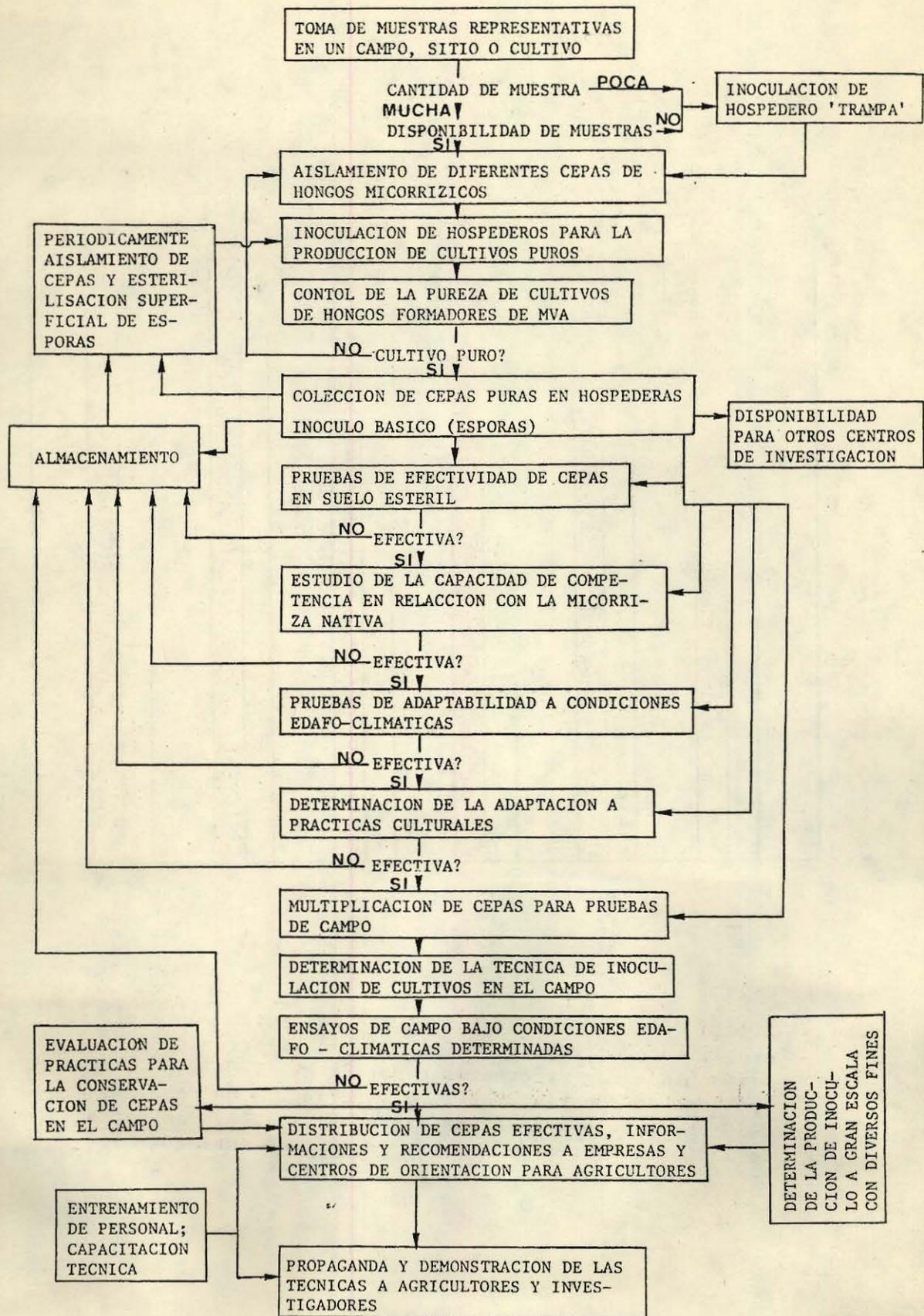
\*Inoculated with 500 g soil substrate infected with Glomus manihotis (C-1-1), Entrophospora colombiana (C-10) or Glomus occultum (C-33-1).

Tabla 7. Interacción entre características químicas y biológicas del suelo y el incremento del rendimiento de yuca por la inoculación del campo.

No. ensayo**	Utilización del campo antes de inocular	MO %	Población de MVA nativa (estructuras infectivas/ 100g suelo)	P ppm (Brag II)	Rendimiento raíces frescas (t/ha)		Incremento del rendimiento (t/ha)
					No Inoc.	Inoc.*	
1.	3 años yuca	18.9	1717	1.4	17.7	15.7	-2.0
2.	1 año yuca	8.5	823	2.9	24.7	27.8	+3.1
3.	Rastrojo	11.6	213	1.3	13.5	16.9	+3.4
4.	Pastos	3.2	103	1.2	21.2	27.1	+5.9

\* Inoculación del campo con 400g abajo de la estaca al momento de la siembra de yuca cu. CMC 92; el inóculo consistió en suelo infectado con Glomus manihotis y Eutrophospora colombiana.

\*\*Se incorporaron 50 kg P/ha como roca fosfórica Huila.



GRAFICA 1 ESQUEMA DE PASOS DE LA INVESTIGACION DE LA MICORRIZA VESICULO-ARBUSCULAR EN EL PROYECTO MICORRIZA DEL CIAT ( 1984 )

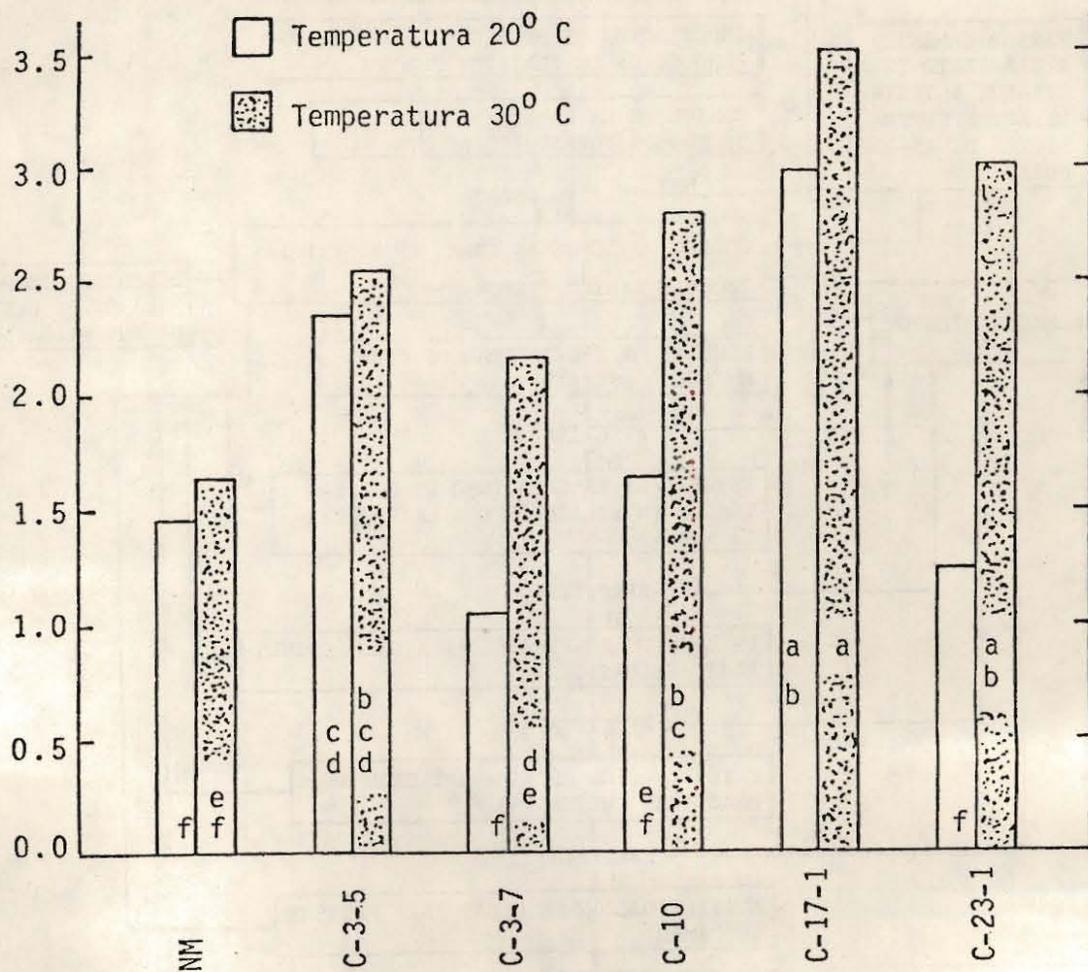


Figura 2 Efecto de diferentes temperaturas del suelo sobre el crecimiento de yuca cv. MCol 113, no micorrizada ( NM ) o inoculada con diferentes cepas de MVA ( C-3-5, E. colombiana de Popayan; C-3-7, Gi. pellucida de Popayan; C-10, E. colombiana de Carimagua; C-17-1, G. manihotis de la Costa Norte; C-23-1, A. longula de Antioquia ).

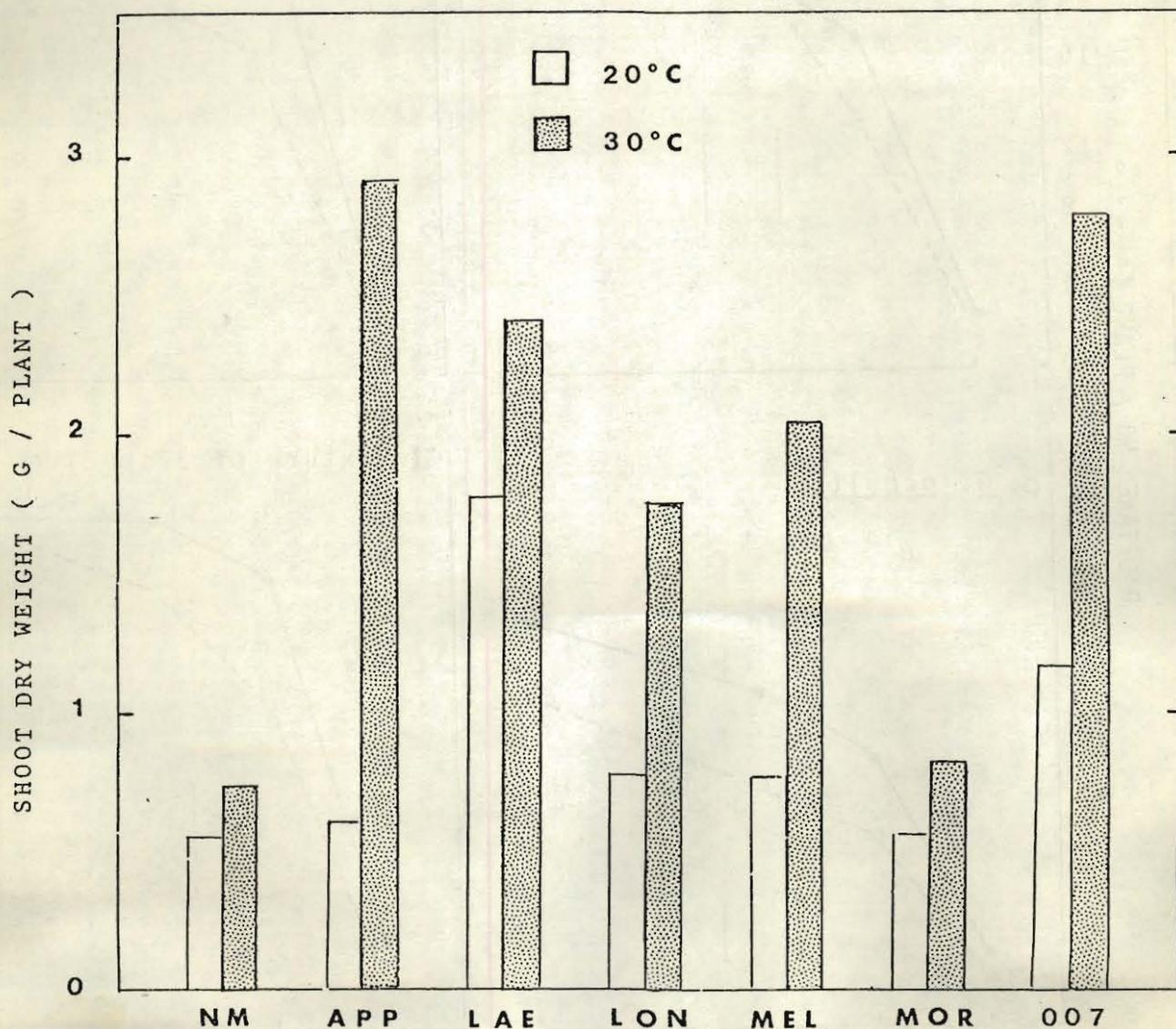


FIGURE 3 | EFFECT OF SOIL TEMPERATURE ON EFFECTIVITY OF DIFFERENT AUCAULOSPORA SPECIES FROM POPAYAN WITH CASSAVA CV. MCOL 113 (NM:NONMYCORRHIZAL, APP: A.APPENDICULA, LAE: A.LAEVIS, LON: A.LONGULA, MEL: A.MELLEA, MOR: A.MORROWAE, 007: ACAULOSPORA SP. STRAIN C-7)

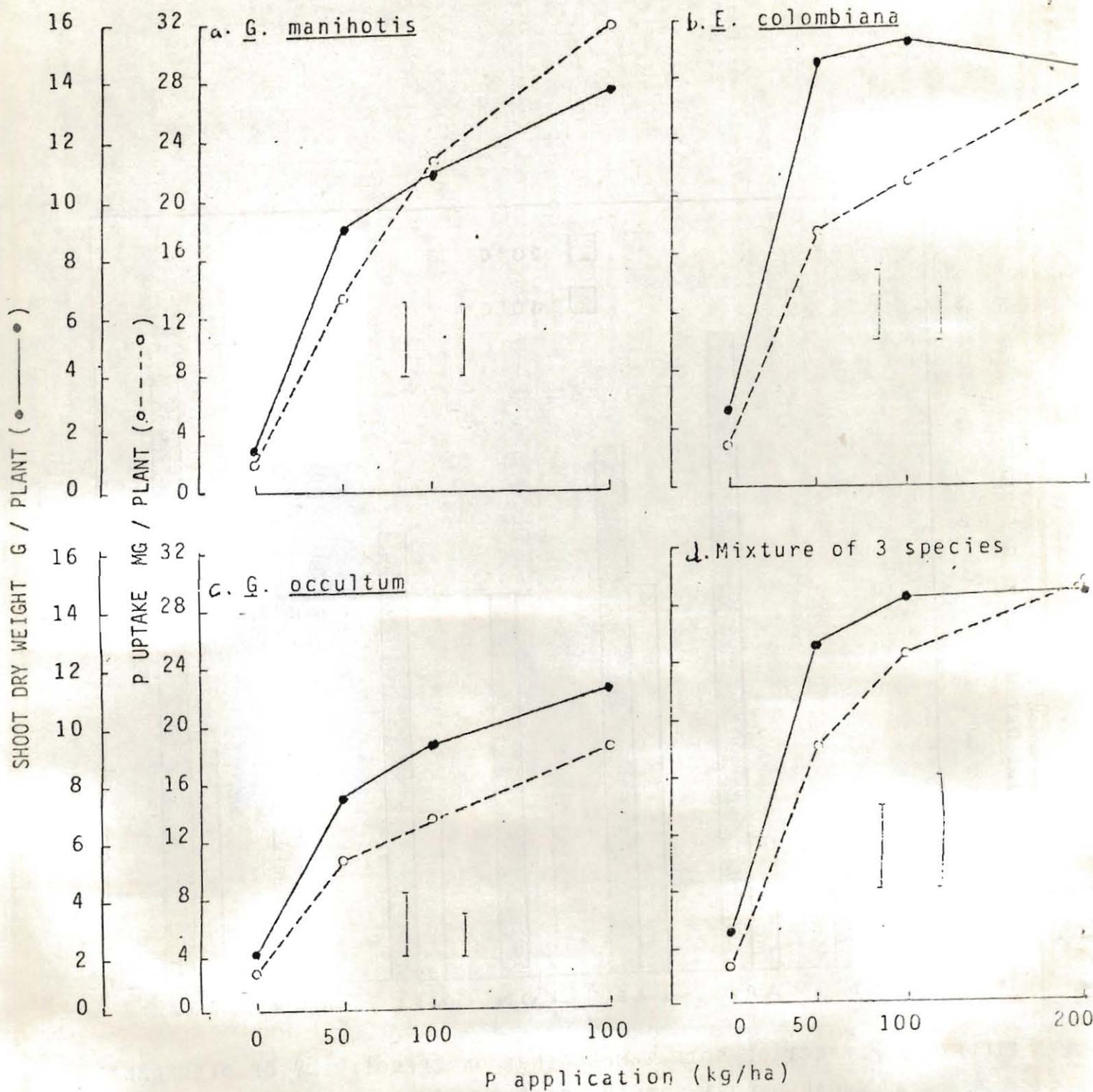
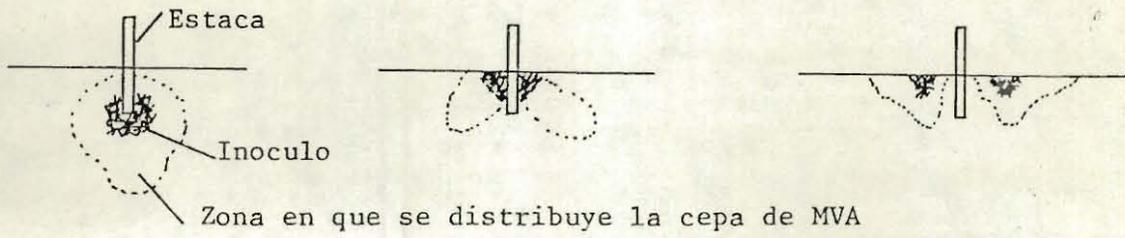


Figure 4 Effect of increasing P application on shoot production and P uptake in shoots of cassava cv. M Ven 77 inoculated with different mycorrhizal species ( Bars indicate LSD 5%; left bar for dry weight, right bar for P uptake )



Grafica 5 Distribucion de una cepa MVA en el campo de yuca segun el metodo de la aplicacion del inoculo.

CIAT LIBRARY



100076262