

1896d

**Informe Anual
Programa de Yuca
1981**

Suelos y Nutrición de la Planta

Las deficiencias y toxicidades nutricionales en yuca son más difundidas de lo que se ha pensado hasta el momento. Esto se debe en parte a que el cultivo no produce síntomas fácilmente reconocibles de deficiencias de minerales especialmente de elementos mayores, y los síntomas que se presentan no siempre se reconocen. Con el fin de ayudar con el diagnóstico recientemente se han producido varias publicaciones con descripciones detalladas y fotografías a color de los problemas nutricionales. Como el diagnóstico también depende en gran parte de los análisis de suelo y tejidos de plantas se ha hecho un esfuerzo por establecer niveles críticos como base para la interpretación de los resultados de los análisis.

Una vez reconocida una deficiencia nutricional generalmente se puede eliminar mediante el uso adecuado de fertilizantes orgánicos o inorgánicos los cuales se pueden aplicar al suelo al follaje o como tratamiento para las estacas. Uno de los objetivos del programa de suelos y nutrición de las plantas es desarrollar métodos eficientes para aplicar fertilizantes e identificar fuentes baratas de nutrimentos. También el germoplasma varía en su habilidad para tolerar condiciones edáficas adversas tales como altos niveles de aluminio (Al) manganeso (Mn) o salinidad como también en su eficiencia de absorción de nutrimentos. Por consiguiente el germoplasma se selecciona para identificar aquellos cultivares mejor adaptados a las condiciones climáticas y edáficas de un ecosistema en particular.

Se encontró que la yuca es ineficiente para absorber fósforo (P) pero pese a ello crece bien en muchos suelos con bajos niveles de P al formar una asociación con micorrizas las cuales ayudan a la planta a absorber P. Esta asociación con micorrizas se estudió intensivamente para maximizar el efecto benéfico de la infección por cepas nativas y determinar si la inoculación con cepas más eficientes puede aumentar aún más el rendimiento y reducir los altos requerimientos de P del cultivo.

Síntomas y Niveles Críticos de Calcio y Azufre

A fin de determinar los síntomas de las deficiencias de calcio (Ca) y azufre (S) y establecer los niveles críticos de estos elementos en varios tejidos de las plantas se cultivaron plántulas enraizadas de M Ven 77 durante tres meses en soluciones nutritivas aireadas con ocho niveles diferentes de cada elemento. Los nutrimentos se aplicaron utilizando la técnica de la "adición programada de nutrimentos" mediante la cual éstos se adicionan semanalmente según la tasa de crecimiento del cultivo y la concentración estimada de los nutrimentos en la planta. El Ca se adicionó en la forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ y el S como $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$. Los síntomas de deficiencias de Ca y S se observaron después de 3-4 semanas. La deficiencia de Ca resultó en plantas enanas con hojas superiores pequeñas y algún amarillamiento de las hojas intermedias a partir de sus márgenes. La deficiencia severa de Ca produjo un

enrollamiento hacia abajo de los extremos de las hojas superiores como también necrosis de dichos extremos. La deficiencia de S se caracterizó por un amarillamiento uniforme generalmente de las hojas superiores pero también con frecuencia de las hojas inferiores hasta que toda la planta se observó clorótica asemejándose a la deficiencia de N. Las plantas deficientes en S también presentaron un crecimiento severamente reducido y hojas superiores pequeñas. Con altos niveles de Ca aplicado las plantas sufrieron por una toxicidad severa de Cl, la cual resultó en crecimiento retardado, necrosis de los extremos de las hojas y abscisión de las hojas inferiores.

La Figura 1 muestra la respuesta en crecimiento a los ocho niveles de S aplicado variando de una deficiencia extrema a una toxicidad ligera posiblemente de Na. Los síntomas de deficiencia disminuyeron en intensidad de los niveles con números 2, 3 y 4 al 5 resultando este último nivel en un crecimiento casi normal pero con una clorosis ligera de las hojas. La Figura 2 muestra la relación entre la materia seca total producida y el contenido de S de las láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas (LFMJTE) a los tres meses de edad. La curva trazada indica un nivel crítico de aproximadamente 0.27% de S. Este nivel es ligeramente inferior al del 0.32% determinado para el cultivar Llanera en experimentos de campo pero sigue siendo alto en comparación con muchos otros cultivos. La relación N/S óptima en LFMJTE fue de aproximadamente 20 en tanto que el contenido crítico de S en pecíolos LFMJTE sólo fue de aproximadamente 0.15%. Los niveles críticos de Ca en LFMJTE fueron de solamente 0.3% los cuales son considerablemente menores que 0.8% encontrados en experimentos de campo (Informe Anual 1979). Esta discrepancia se puede deber a niveles excesivos de Cl en la solución nutritiva y debe investigarse en más detalle.

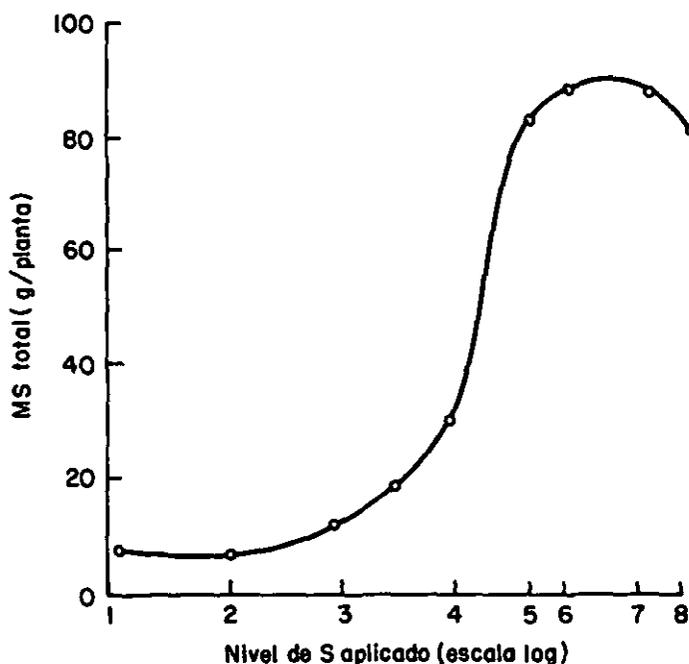


Figura 1 Efecto del suministro de S en la solución nutritiva sobre la materia seca total producida por plantas de M Ven 77 de tres meses de edad

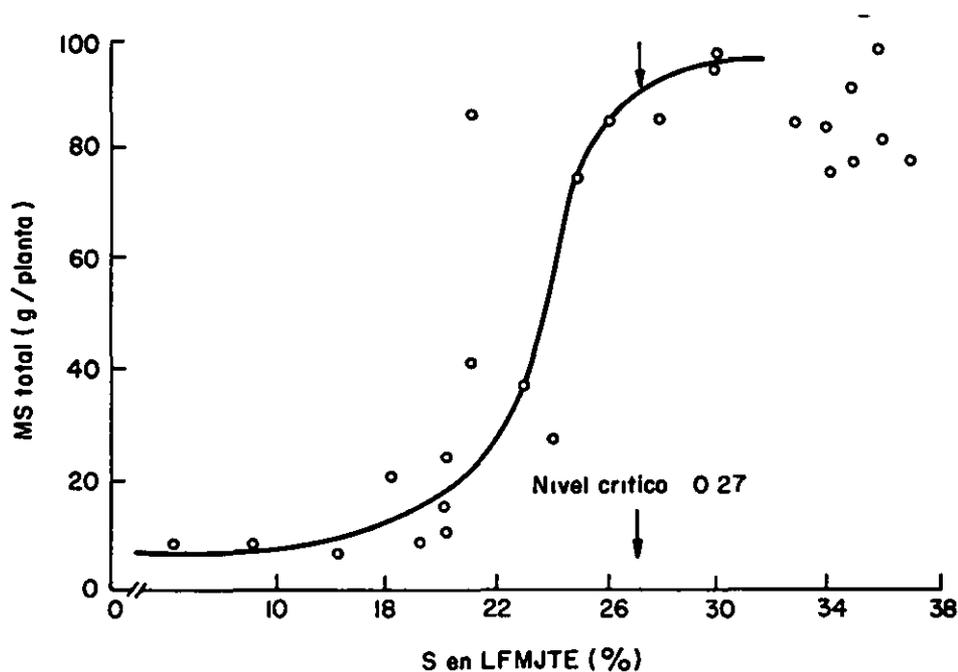


Figura 2 Relación entre la materia seca total producida y la concentración de S en láminas foliares más jóvenes totalmente expandidas (LFMJTE) de plantas de yuca (M Ven 77) de tres meses de edad cultivadas en solución nutritiva

Selección de Germoplasma por Adaptación a Alta Acidez y/o Bajo P

Cerca de 700 accesiones del banco de germoplasma se evaluaron por su tolerancia a bajo nivel de P en CIAT-Quilichao en un suelo con un nivel de P aprovechable de solamente 2.8 ppm (Bray II). Los cultivares se sembraron en hileras individuales conformadas por seis plantas en parcelas sin P o con 150 kg de P/ha la mitad en la forma de roca fosfórica y la otra mitad como superfosfato triple (SFT) aplicado en bandas.

Aproximadamente el 75% de las accesiones sufrieron por daños severos ocasionados por trips hasta que se logró controlar la plaga mediante aplicaciones de insecticidas después de cuatro meses. A los seis meses el ensayo fue totalmente defoliado por un ataque de gusano cachón del cual se recuperó rápidamente y a los 11 meses se cosecharon las plantas.

Si el criterio de selección es principalmente el de un rendimiento relativamente alto sin P sin tener en cuenta el rendimiento potencial los cultivares se pueden seleccionar utilizando un 'índice de tolerancia' mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de tolerancia a bajo P} = \frac{(\text{Rendimiento 0 P})}{(\text{Rendimiento 150 P})} \times \frac{(\text{Rendimiento 0 P})}{(\text{Mayor rendimiento 0 P})} \times 100\%$$

Sin embargo si el criterio de selección es el alto rendimiento tanto con bajos como con altos niveles de P es mejor seleccionar cultivares con un alto "índice de adaptación" calculado de la siguiente manera

Índice de adaptación

$$\text{a bajo P} = \frac{(\text{Rendimiento 0 P})}{(\text{Rendimiento x 0 P})} \times \frac{(\text{Rendimiento 150 P})}{(\text{Rendimiento x 150 P})}$$

El denominador se utiliza para hacer el índice comparable en diferentes localidades o fechas de siembra Por consiguiente el índice de adaptación selecciona aquellos cultivares más eficientes en absorción y/o utilización de P que produzcan rendimientos altos tanto con dosis bajas como dosis altas de P aplicado Los cultivares con el índice de adaptación más alto se presentan en el Cuadro 1

En la Figura 3 los cultivares están separados por líneas con igual índice de adaptación en tres categorías denominadas "altamente adaptadas" "adaptadas" y "no adaptadas" a suelos con bajo nivel de P

Cuadro 1 Cultivares de yuca con los mayores índices de adaptación a bajo nivel de P en CIAT-Quilichao y a bajo nivel de P y alta acidez en dos estaciones en Carimagua

CIAT-Quilichao		Carimagua (1979B)			Carimagua (1980A)		
Cultivar	Índice de adaptación Bajo P	Cultivar	Índice de adaptación		Cultivar	Índice de adaptación	
			Bajo P	Alta acidez		Bajo P	Alta acidez
M Col 317	9 38	M Bra 5 ^a	14 99	7 90	M Bra 5 ^a	20 24	16 57
M Col 131	9 22	M Ven 321	10 76	8 12	M Col 1914 ^a	17 79	5 52
M Col 873	5 97	M Bra 22	10 66	10 70	M Pan 19 ^a	16 42	5 39
M Col 690	5 34	M Col 1914 ^a	10 01	11 73	M Pan 101	15 88	10 02
M Col 679	4 74	M Bra 36 ^a	9 37	5 54	M Per 242	14 37	9 44
M Col 222B	4 66	M Per 237 ^a	8 69	8 05	M Col 1916 ^a	13 23	7 17
SM 1-150	4 64	M Per 241	7 42	4 23	M Pan 97	12 23	8 14
M Col 140	4 41	M Col 1930	7 26	4 44	M Per 188	9 77	4 94
M Bra 13	4 29	M Col 1495	7 03	7 94	M Pan 90 ^a	9 10	4 70
M Col 674	4 23	M Bra 29	6 66	5 02	M Bra 20 ^a	9 00	4 76
M Par 4	4 17	M Bra 21	6 65	3 16	M Col 1772	8 39	4 60
M Col 565	4 08	M Ven 38	6 30	7 20	M Per 214	8 24	5 10
M Bra 31	4 04	M Pan 90 ^a	6 27	7 60	M Per 239	6 70	5 68
M Col 452B	4 02	M Per 238	5 92	6 64	M Ven 77	6 61	7 53
M Col 72	3 85	M Col 1905	5 87	2 55	M Col 258	6 21	3 44
M Col 561	3 84	M Col 1916 ^a	5 04	4 90	M Bra ^a	6 14	6 22
M Col 110	3 81	M Col 357B	4 89	1 38	M Col 1643	5 16	0 87
M Col 66	3 79	M Pan 19 ^a	4 71	3 42	M Col 1912	4 24	2 01
CM 91-3	3 77	M Bra 20 ^a	4 66	6 82	M Col 237 ^a	4 13	6 29
M Col 1857	3 74	M Col 1513	4 50	5 45	M Col 18B	3 75	5 95

a Cultivares con altos índices de adaptación en ambas siembras en Carimagua

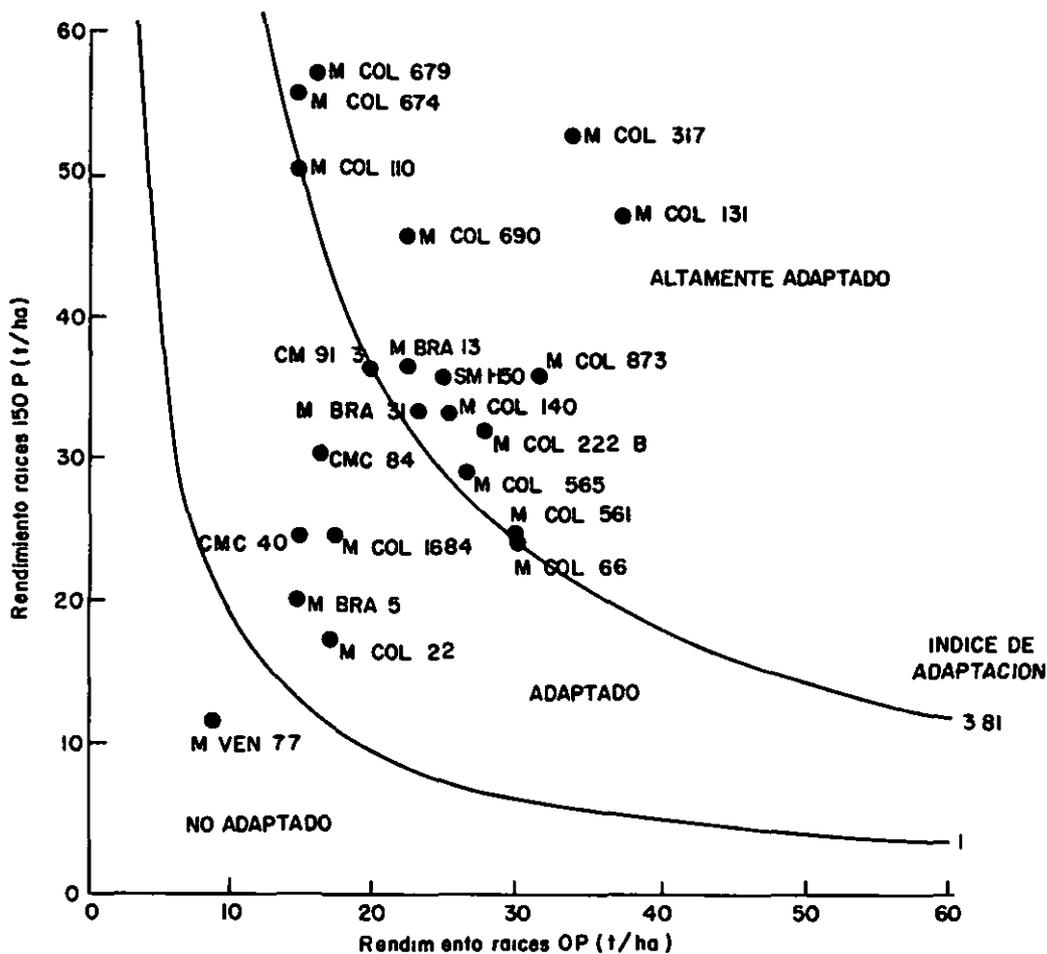


Figura 3 Rendimientos de yuca de cultivares de alto rendimiento cultivados con y sin la aplicación de P en un ensayo de selección por adaptación al bajo P en CIAT-Quilichao

La línea inferior indica el índice de adaptación 1 correspondiente al producto de los rendimientos promedios a 0 P y alto nivel de P, la línea superior indica el índice de adaptación correspondiente al producto de los rendimientos promedios más dos desviaciones estándar a 0 P y alto nivel de P. En un ensayo con menor variación en rendimiento entre los cultivares este índice es relativamente bajo (3.81 en CIAT-Quilichao), en tanto que en aquellos ensayos con mayor variación en el rendimiento este índice es mucho mayor (7.34 en Carimagua 1979b). Esto asegura que un porcentaje similar de la población sea clasificada como "altamente adaptada" en todos los ensayos.

Como la mayoría de las accesiones del banco de germoplasma no toleran presiones severas por enfermedades (principalmente añublo bacteriano común, antracnosis y superalargamiento) en Carimagua sólo 250 de los cultivares más resistentes a enfermedades pudieron ser evaluados por tolerancia a la acidez del suelo y al bajo nivel de P en dicha localidad. Cada cultivar se sembró en hileras individuales con dos repeticiones en parcelas con tres tratamientos.

- 1 4 t de cal/ha + 0 P
- 2 0 cal + 220 kg de P/ha
- 3 4 t de cal/ha + 220 kg de P/ha

Los mismos cultivares se sembraron a finales (1979B) y principios de la estación lluviosa (1980A) Casi todos los cultivares sembrados en Carimagua se incluyeron también en Quilichao En la segunda siembra en Carimagua (1980A) se incluyeron en las evaluaciones 57 líneas híbridas adicionales Los índices de adaptación a bajo nivel de P se calcularon utilizando los rendimientos con 0 P (tratamiento 1) y alto P (tratamiento 3) y los índices de adaptación a la acidez del suelo se calcularon utilizando el rendimiento con 0 cal (tratamiento 2) y alto nivel de cal (tratamiento 3)

El Cuadro 1 presenta una lista de los 20 cultivares con los índices de adaptación más altos a bajos niveles de P como también a la alta acidez en ambas siembras realizadas en Carimagua En términos generales, los rendimientos fueron mayores en 1979B que en 1980A lo cual indica que la siembra a finales de la estación lluviosa es mejor que la siembra a principios de la misma inclusive para aquellos cultivares con la mayor tolerancia a enfermedades Igualmente los rendimientos de yuca en condiciones de alta acidez por lo general fueron mayores que los obtenidos con bajos niveles de P lo cual indica que la falta de P es más limitativa que la falta de cal Sin embargo aquellas variedades con buena adaptación a un bajo nivel de P por lo general también se adaptaron a las condiciones de alta acidez Esto se debe a que el efecto adverso de la toxicidad de Al es parcialmente un obstáculo a la absorción de P por consiguiente aquellas variedades con la mayor eficiencia para absorber P (o quizá con la mejor asociación de micorrizas) también son más tolerantes a los suelos ácidos Sin embargo como el rendimiento sin estrés por P o acidez (tratamiento 3) se utiliza para calcular ambos índices de adaptación aquellos cultivares con los mayores potenciales de rendimiento o con mayor adaptación a los factores climáticos y bióticos del ecosistema son los que presentan los índices de adaptación más altos para ambos factores Por lo tanto dentro del mismo ecosistema de Carimagua se observó una correlación altamente significativa ($r = 0.53$) entre los índices de adaptación al P obtenidos en dos siembras diferentes Ocho cultivares marcados con asteriscos en el Cuadro 1 se ubicaron entre los 20 mejores en las dos siembras y por consiguiente presentan una alta adaptación al ecosistema incluyendo los factores edáficos limitativos Sin embargo no se observó una relación significativa entre los índices de adaptación al P obtenidos en Carimagua con aquellos obtenidos para los mismos cultivares en Quilichao ($r = 0.15$) lo cual indica que la tolerancia a los factores climáticos y bióticos del ecosistema tuvo mayor importancia que la tolerancia al bajo nivel de P en el suelo Por esta razón la "adaptación" al bajo nivel de P puede ser un término más apropiado que la "tolerancia" puesto que el primero implica una cierta adaptabilidad a la totalidad del ecosistema en el que se evaluó el material

Las líneas híbridas incluidas en la selección de 1980A presentaron en promedio, índices de adaptación mucho más altos que las accesiones

del germoplasma Los índices más altos tanto para la adaptación al bajo nivel de P (38 2) como al alto nivel de acidez (13 9) se calcularon para CM 523-7, esta línea también se ubicó entre las que dieron los rendimientos más altos en el ensayo regional y el ensayo preliminar de rendimiento en Carimagua

Ensayo de Fertilidad a Largo Plazo

El ensayo de fertilidad a largo plazo establecido en CIAT-Quilichao en 1977 completó su tercera siembra consecutiva de yuca (M Col 1684) La mayoría de las parcelas habían recibido tres niveles de N P y K en todas las combinaciones posibles sólo al inicio del ensayo en 1977 y por lo tanto el efecto de estas aplicaciones es de tipo residual Solamente ocho parcelas adicionales recibieron fertilizantes anualmente antes de cada siembra La tercera siembra sufrió dos tormentas severas de granizo y aproximadamente cuatro meses de sequía lo cual resultó en un crecimiento aéreo muy pobre Sin embargo este cultivar presenta un alto índice de cosecha (0 80 a 0 85) y logró producir rendimientos de raíces que oscilaron entre 20 y 43 t/ha

La Figura 4 muestra la respuesta promedio al efecto residual de N P y K en términos del rendimiento de raíces y follaje contenido de almidón y contenidos de nutrimentos en LFMJTE de plantas de cinco meses de edad No se observó una respuesta significativa en rendimientos de raíces al N pero sí una respuesta significativa ($P = 0.05$) al P K y a la interacción N x K Ninguno de los nutrimentos aplicados tuvo un efecto significativo en el contenido de almidón Los contenidos de nutrimentos en las hojas presentaron niveles bajos y solamente los contenidos de P y K aumentaron por la aplicación de estos elementos

La Figura 5 muestra la respuesta a la aplicación inicial y a la anual de los tres niveles de N P y K Aunque hubo una respuesta significativa ($P = 0.05$) al efecto residual de la aplicación inicial la aplicación anual tuvo un efecto mucho más marcado al lograr mas del doble de los rendimientos (de 20 a 43 t/ha) Aunque durante la primera siembra la yuca respondió principalmente a la aplicación de P durante la dos siembras posteriores se observó una respuesta mucho mayor a las aplicaciones anuales de K Debido a la remoción de una gran cantidad de K en cada cosecha de raíces de yuca este elemento se vuelve más limitativo con el tiempo Durante cada siembra consecutiva de yuca la respuesta a la aplicación inicial de fertilizante disminuyó como lo indicaron los rendimientos relativos ilustrados en la Figura 6

Los análisis de suelo después de la cosecha indicaron que los niveles de P aprovechable no habían disminuído mas durante la tercera siembra y aumentaron ligeramente cuando se reaplicó P Sin embargo los niveles de K intercambiable disminuyeron aún más durante la tercera siembra y variaron entre 0 09 meq/100 g de suelo sin aplicación de K y 0 11 con la aplicación inicial de 250 kg de K/ha Solamente la aplicación anual de 250 kg de K/ha logró mantener o aumentar ligeramente el nivel de K intercambiable en el suelo por encima del nivel original de 0 2 meq/100 g de suelo

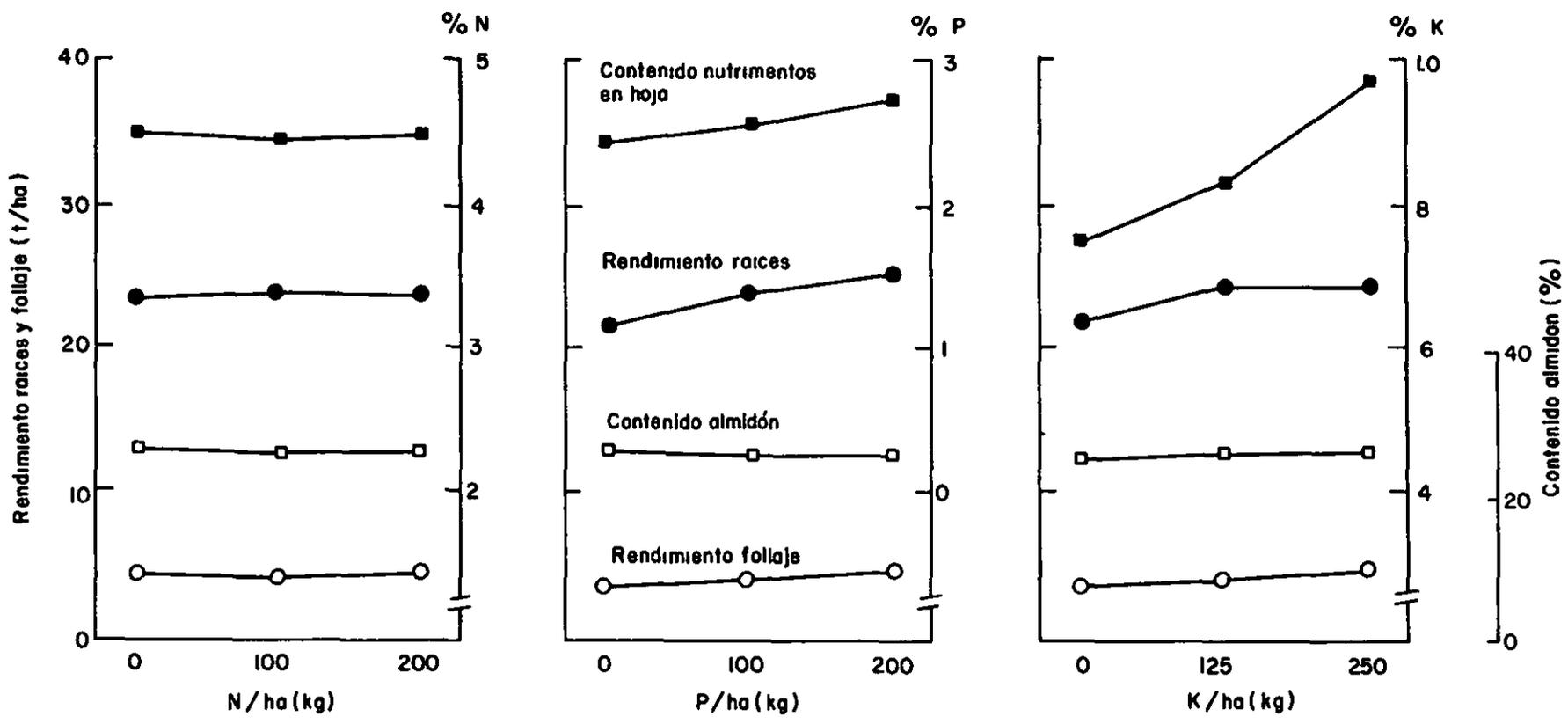


Figura 4 Efecto residual de varios niveles de N, P y K aplicados en 1977 en las concentraciones de N P o K de LFMJTE a los cinco meses de edad y rendimientos de raíces y follaje y contenido de almidón de las raíces a los 11 meses de edad del cultivar M Col 1684 en Quilichao

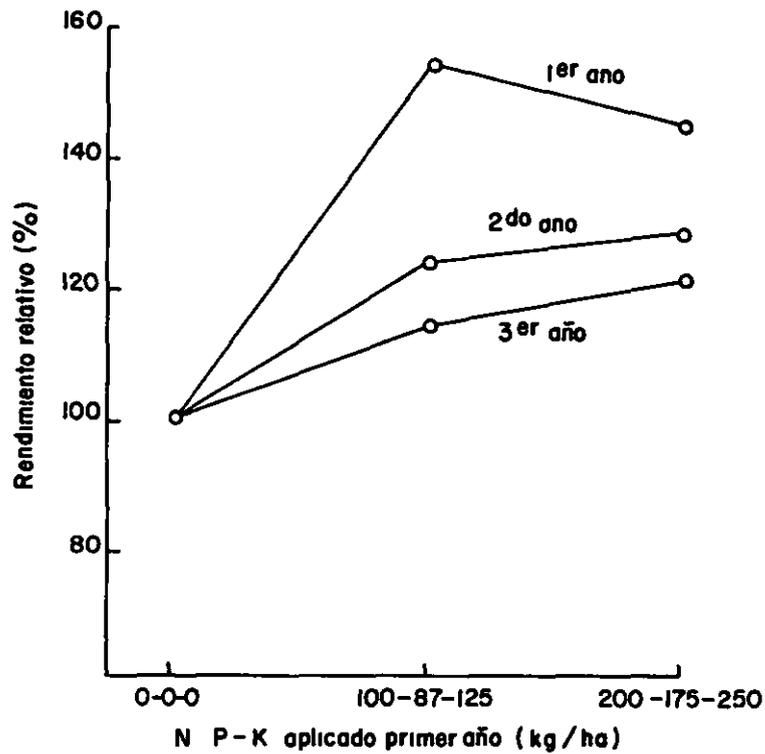


Figura 5 Respuesta de M Col 1684 a la aplicación inicial (1977) y anual de varios niveles de N P y K en Quilichao

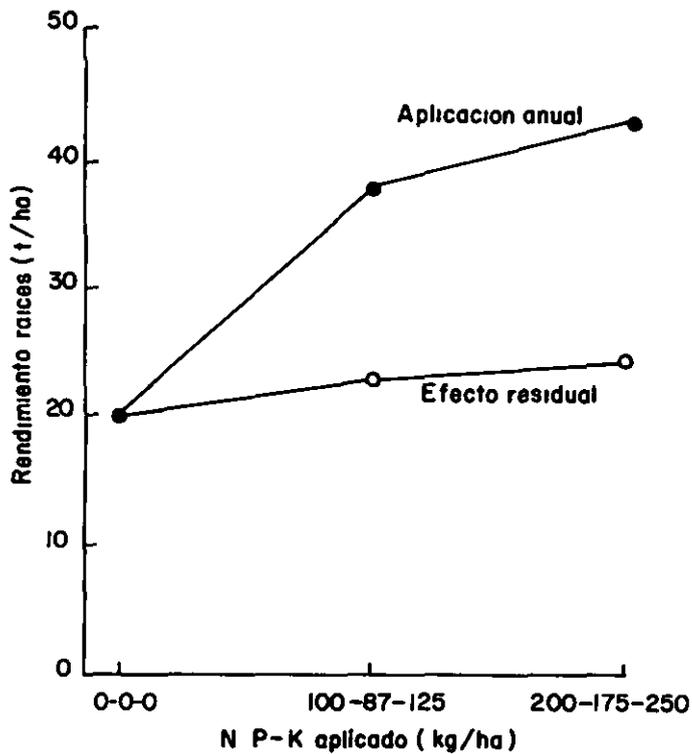


Figura 6 Efecto residual de varios niveles de N P y K aplicados en 1977 en el rendimiento relativo de raíces de tres cultivos de yuca sembrados consecutivamente en Quilichao

Dosis y Época de Aplicación del Potasio

En tanto que en la primera siembra las respuestas al K muchas veces no son significativas, tienden a aumentar en las siembras posteriores. Por consiguiente en 1978 se inició un ensayo en Carimagua para determinar el nivel y la época óptima de aplicación de K. Aunque el nivel original de K intercambiable fue de solamente 0.07 meq/100 g de suelo no hubo una respuesta significativa al K durante el primer año y los rendimientos de la variedad Llanera sólo fueron de 10 a 12 t/ha.

El ensayo se repitió en 1979 con los cultivares M Ven 77 y M Col 638. A los tres meses M Ven 77 presentó menores niveles de K y P pero niveles más altos de Ca y Mg en el tejido de las hojas superiores que M Col 638.

La Figura 7 indica que M Ven 77 presentó una respuesta significativa al K en términos tanto del rendimiento de raíces como del contenido de almidón. El rendimiento de raíces más alto se obtuvo con la aplicación de 168 kg de K/ha mientras que el contenido de almidón más alto se obtuvo con la aplicación de 84 kg de K/ha. Sin embargo M Col 638 presentó rendimientos extremadamente bajos de 6 a 7 t/ha y no respondió a la aplicación de K.

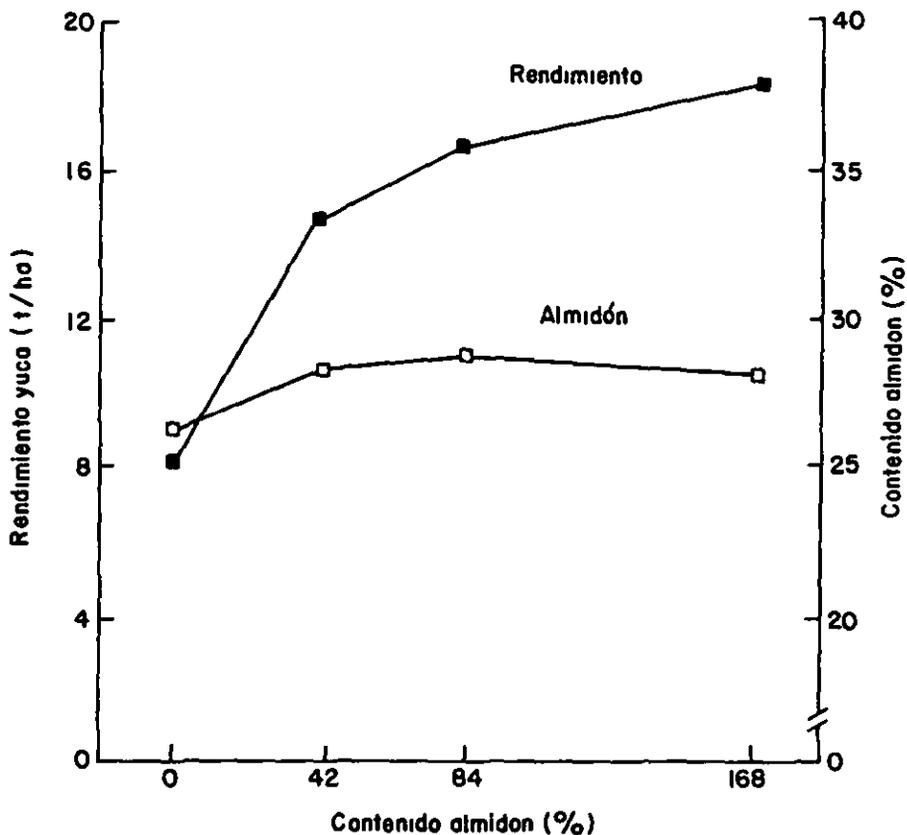


Figura 7 Efecto de cuatro niveles de K aplicados en el rendimiento promedio de raíces y contenido promedio de almidón de M Ven 77 cultivado en Carimagua

La Figura 8 muestra la interacción entre la dosis y la época de aplicación. En ninguno de los niveles de K aplicados se observó una diferencia significativa entre las épocas de aplicación pero la aplicación de todo el K a los 30 días (E₄) o en aplicaciones divididas a los 30 y 90 días (E₃) dieron rendimientos ligeramente más altos que en otras épocas de aplicación especialmente en bajos niveles de K aplicados.

La Figura 9 indica que hubo una buena relación entre el rendimiento de raíces y el contenido de K en LFMJTE en plantas de cinco meses de edad. El nivel crítico de K determinado fue de 1.4% el cual es ligeramente mayor que el nivel 1.2% indicado para la variedad Llanera en informes anteriores.

Estado de Nutrientes en el Material de Siembra

La calidad del material de siembra de yuca no solamente depende de la "frescura" de las estacas o de la ausencia de enfermedades y plagas sino también de su contenido de nutrientes. Este contenido varía como resultado del nivel de fertilidad del suelo en el cual se produjo el material de siembra, el régimen de fertilización utilizado y el tratamiento aplicado a las estacas antes de la siembra.

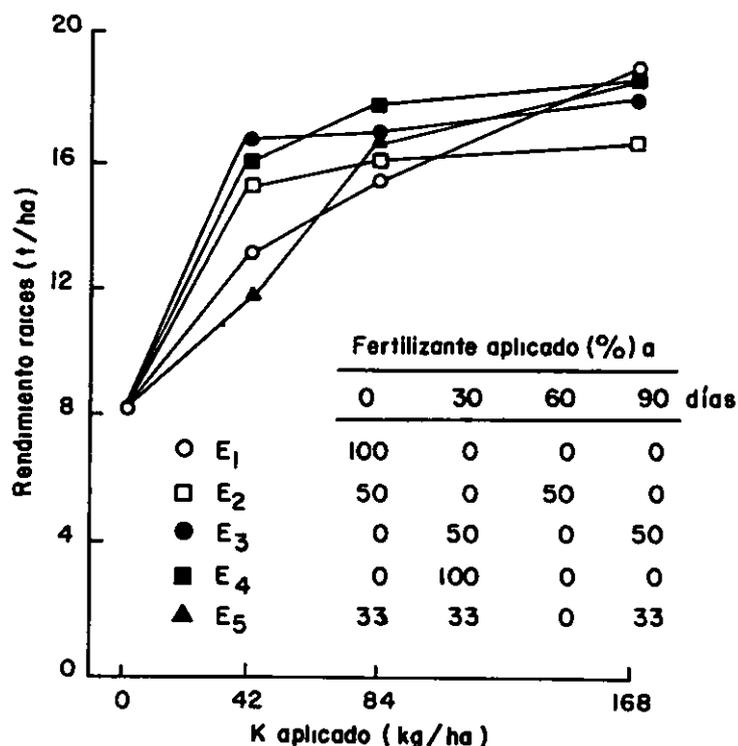


Figura 8 Respuesta de M Ven 77 a varios niveles y épocas de aplicación de K en Carimagua

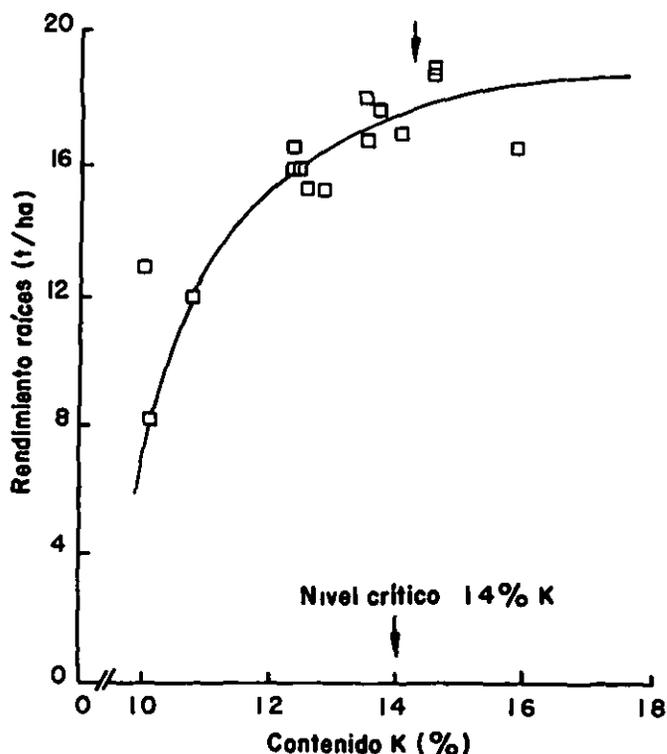


Figura 9 Relación entre el rendimiento de raíces y la concentración de K en LFMJTE de plantas de M Ven 77 de cinco meses de edad en Carimagua 1980

Para determinar el efecto del contenido de nutrientes en el material de siembra en el crecimiento y el rendimiento del siguiente cultivo se sembró un ensayo en CIAT-Quilichao de la variedad CMC-40 de varios orígenes históricos de fertilización, y tratamientos de las estacas. El Cuadro 2 muestra el efecto de los tratamientos en el peso seco y el contenido de nutrientes de las estacas como también en el rendimiento de raíces de las plantas hijas. Las estacas de Quilichao presentaron menos peso seco y menor contenido de P y K pero un mayor contenido de Zn, que las estacas provenientes de Palmira. La fertilización previa aumentó el peso de las estacas y tuvo poco efecto en el contenido de N y P pero aumentó el contenido de K en forma significativa. El tratamiento de las estacas con KH_2PO_4 y ZNSO_4 aumentó marcadamente los contenidos de P, K y Zn en las estacas respectivamente.

El rendimiento de raíces de las plantas hijas generalmente aumentó al ser mayor el peso seco de las estacas hasta un máximo de 20 a 25 g/estaca pero disminuyó al provenir de estacas más pesadas. La Figura 10 muestra que el rendimiento de raíces se relacionó cercanamente con el contenido total de P en las estacas alcanzando un máximo a un nivel de aproximadamente 15 mg de P/estaca. Los bajos rendimientos obtenidos con altos contenidos de P en las estacas no se esperaban pero pueden deberse a los bajos contenidos de Zn o a una baja infección por micorriza al tener altas concentraciones internas de P. Este aspecto se debe investigar en mayor profundidad.

Cuadro 2 Efecto del peso seco y el contenido de nutrimentos en estacas de yuca (CMC-40) sobre el rendimiento de raíces en CIAT-Quilichao

Tratamiento	Peso seco (g/estaca)	Nutrimentos en estacas			Rendimiento de raíces (t/ha)
		P (%)	K (%)	Zn (ppm)	
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_0^a$	16	05	26	73	19 1
Estacas del tratamiento $N_1P_0K_0$	21	06	29	83	26 4
Estacas del tratamiento $N_2P_0K_0$	20	08	32	78	23 7
Estacas del tratamiento $N_0P_1K_0$	23	06	26	81	29 2
Estacas del tratamiento $N_0P_2K_0$	20	06	28	69	29 2
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_1$	17	05	46	76	23 7
Estacas del tratamiento $N_0P_0K_2$	17	05	47	67	23 0
Estacas del tratamiento $N_1P_1K_1$	21	05	30	77	26 2
Estacas del tratamiento $N_2P_2K_2$	28	07	37	54	21 7
Tratamiento de las estacas ^b con 10% KH_2PO_4	16	13	47	73	20 2
Tratamiento de las estacas ^b con 20% KH_2PO_4	15	14	43	61	17 0
Tratamiento de las estacas ^b con 30% KH_2PO_4	13	13	38	73	28 4
Tratamiento de las estacas ^b con 5% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	17	04	25	614	20 4
Tratamiento de las estacas ^b con 10% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	13	06	33	918	20 9
Estacas de Palmira sin tratamiento	35	13	85	31	15 0
Estacas de Palmira con 5% $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	34	14	83	392	21 6

a Estacas de CIAT-Quilichao

$N_1 = 100$ kg N/ha $P_1 = 87$ kg P/ha $K_1 = 125$ kg K/ha $N_2 = 200$ kg N/ha $P_2 = 175$ kg P/ha $K_2 = 250$ kg K/ha

b Estacas del tratamiento $N_0P_0K_0$

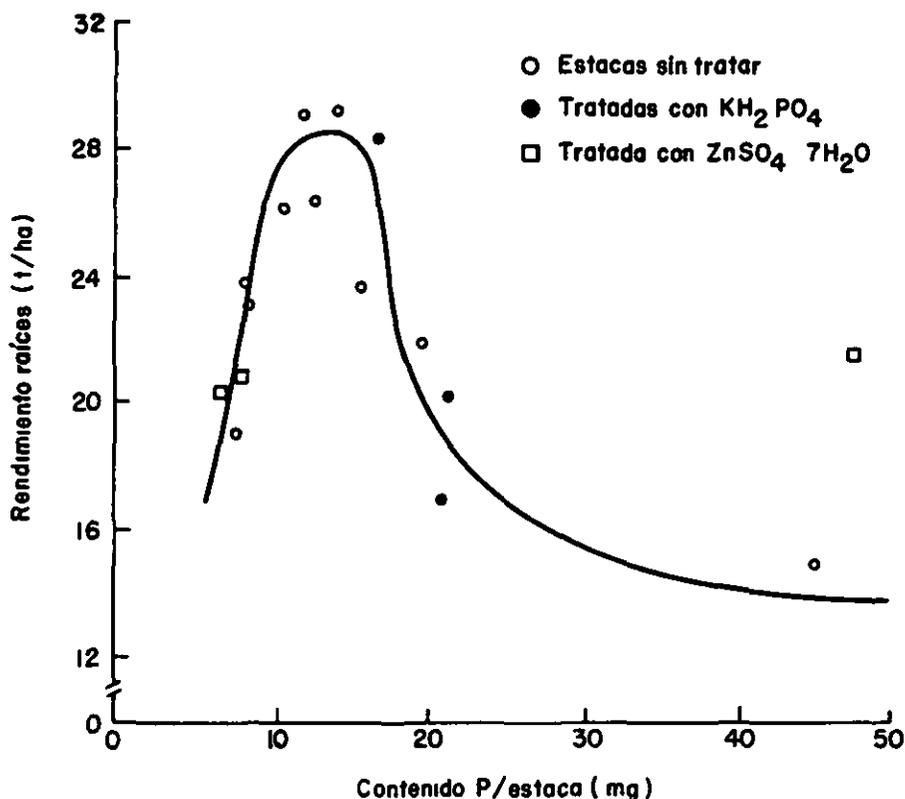


Figura 10 Efectos de las reservas de P en las estacas de siembra en el rendimiento de raíces de CMC-40 cultivado en Quilichao

Requerimientos Externos de P de la Yuca

En 1977 se inició un ensayo en CIAT-Quilichao para establecer los requerimientos externos de P de la yuca utilizando parcelas a las cuales se les había aplicado SFT en cantidades equivalentes a concentraciones de P en la solución del suelo oscilando entre 0 001 y 0 2 ppm según las determinaciones hechas por isoterma de absorción de P. Después de la primera cosecha se estimó que el requerimiento de P era de aproximadamente 0 015 a 0 025 ppm (Informe Anual 1978) en tanto que la segunda cosecha produjo los mayores rendimientos a un nivel de aproximadamente 0 01 ppm de P (Informe Anual 1979). Un ensayo similar adelantado en Carimagua produjo los mayores rendimientos a un nivel de 0 02 ppm de P.

Después de dejar las parcelas en CIAT-Quilichao en rastrojo durante un año se refertilizaron para subir nuevamente la concentración de P a sus niveles originales y se sembraron los cultivares M Col 1684 y CMC-40. La Figura 11 muestra una respuesta significativa a los mayores niveles de P en la solución del suelo para ambos cultivares. Sus requerimientos externos de P correspondientes al 95% del rendimiento máximo se estimaron en 0 027 para CMC-40 y 0 030 para M Col 1684.

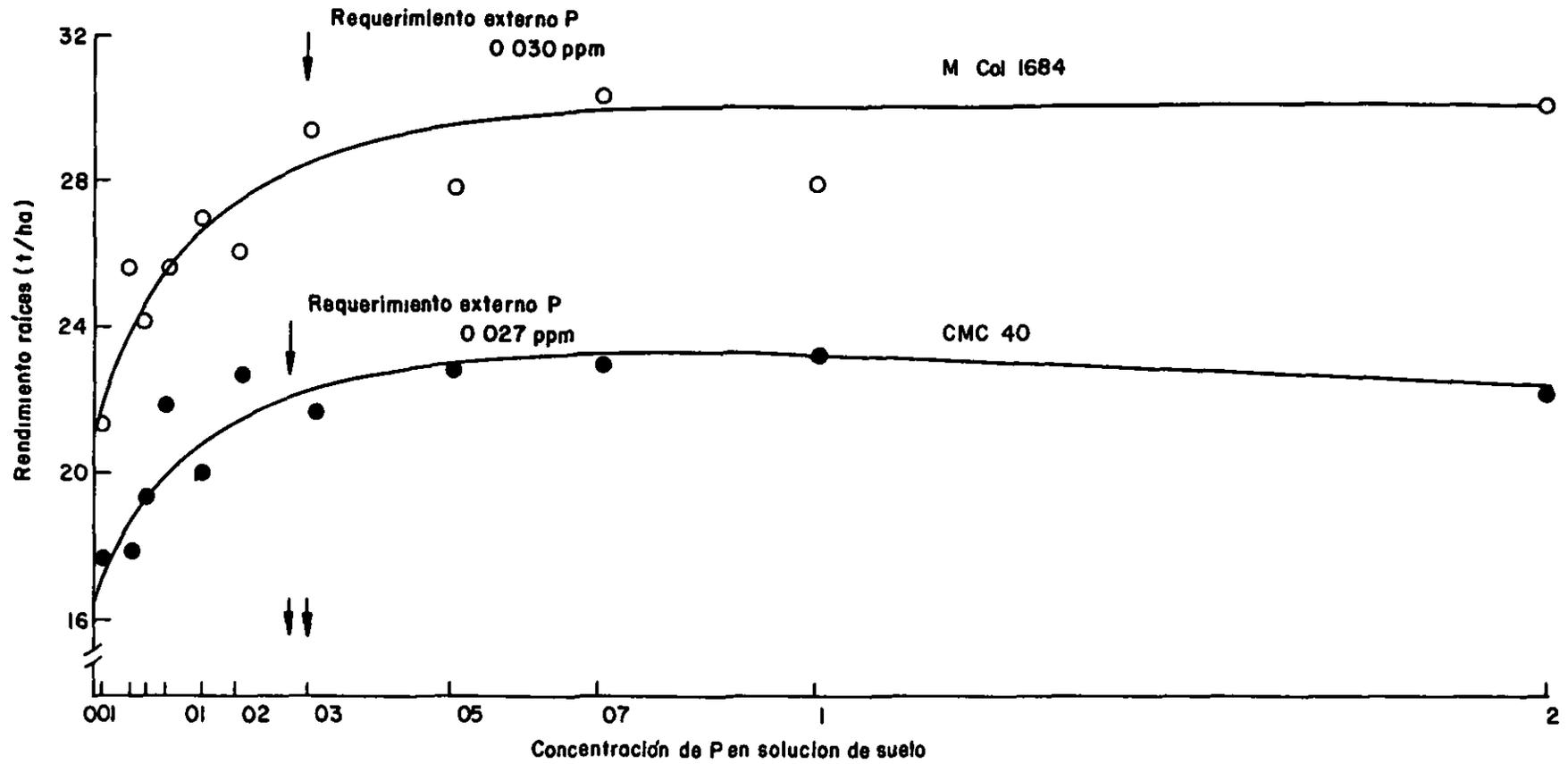


Figura 11 Relación entre el rendimiento de raíces de dos cultivares de yuca y la concentración de P en la solución del suelo según determinaciones hechas por isotermas de absorción de P

Estos requerimientos son ligeramente superiores que los informados con anterioridad pero aún son considerablemente inferiores a los encontrados para la mayoría de los otros cultivos lo cual indica que la yuca se encuentra mejor adaptada a los suelos con bajos niveles de P

Respuesta a los Fertilizantes en Relación con la Fertilidad del Suelo

Las recomendaciones de fertilizantes generalmente se basan en los análisis del suelo pero se conoce poco acerca de la relación que existe entre la respuesta a los fertilizantes y los niveles de nutrimentos en el suelo Para establecer algunos niveles críticos para los nutrimentos según determinaciones hechas en análisis de suelo se sembraron ensayos sencillos de N-P-K en 10 localidades de Colombia con diferentes características de fertilidad En las parcelas principales se utilizó un diseño factorial incompleto con 12 tratamientos conformado con cuatro niveles de N P y K y en las sub-parcelas dos cultivares de yuca Los fertilizantes se aplicaron en bandas a niveles de 0 50 100 y 200 kg/ha de N P y K en varias combinaciones los cultivares seleccionados para los ensayos estaban adaptados a cada ecosistema Las fechas de cosecha variaron entre los ocho meses en la costa norte de Colombia y los 15 meses en Agua Blanca Cauca

El Cuadro 3 presenta un resumen de las características del suelo en cada localidad los cultivares utilizados y la respuesta obtenida a los fertilizantes Se obtuvieron respuestas significativas principalmente a la aplicación de P excepto en la costa norte (Magdalena) y al K en los Llanos Orientales (Meta) Las respuestas al N se obtuvieron principalmente en los suelos muy arenosos de La Idea en la costa norte y en Alegría en los Llanos Las mayores respuestas a los tres macronutrimentos se obtuvieron en esta última localidad como se ilustra en la Figura 12 En Alegría la fertilización aumentó los rendimientos de raíces de 0 4 a 28 t/ha en tanto que en Caribía no hubo una respuesta significativa a ninguno de los nutrimentos aplicados La Figura 13 muestra la relación entre el rendimiento relativo de raíces de los testigos de P y K y los niveles de P y K en el suelo respectivamente En el caso del P se observó una relación bastante buena y se determinó un nivel crítico de 8 ppm (Bray II) Este nivel se encuentra dentro del rango de 8 a 10 ppm indicado en la literatura No hubo una buena relación entre el rendimiento relativo y los contenidos de K intercambiable Una primera aproximación puede ser un rango crítico entre 0 10 y 0 15 meq de K/100 g de suelo hasta que se disponga de más información No hubo una relación entre el contenido de materia orgánica y la respuesta al N de tal manera que las recomendaciones de fertilizantes nitrogenados tendrán que determinarse principalmente mediante experimentos en el campo

Al trazar una gráfica de los rendimientos relativos contra los contenidos de N P y K en las LFMJTE de plantas de tres a cinco meses de edad se observó una variación considerable entre localidades y cultivares (Figura 14) Las condiciones climáticas antes de la toma de muestras probablemente desempeñan una función importante en la determinación de los contenidos de nutrimentos de las hojas en tanto

Cuadro 3 Respuesta de la yuca a la fertilización con N-P-K en 10 localidades de Colombia

No	Localidad	Características del suelo			Variedad	Respuesta al fertilizante (rendimiento relativo %) ^b		
		O M (Bray II) (%)	P (ppm)	K (meq/100 g)		N	P	K
1	CIAT-Quilichao (Cauca)	7 1	1 8	0 18	M Col 113	68	44**	88
					M Col 1684	72*	38**	96
2	Mondomito (Cauca)	5 6	1 6	0 14	M Col 113	80	56	74
					CMC 92	79	52**	66
3	Agua Blanca (Cauca)	6 1	0 8	0 16	M Col 113	88	62*	76
					Barranqueña	86	52*	97
4	Caribia (Magdalena)	1 9	107	0 11	M Col 1684	73	88	98
					M Col 22	95	100	100
5	La Idea (Magdalena)	0 6	6 0	0 04	Secundina	70**	97	94
					Venezolana	74*	82	78
6	La Colorada (Magdalena)	0 7	3 9	0 07	Secundina	--	86	92
					Venezolana	79	85	92
7	Carimagua-Alegria (Meta)	1 9	1 3	0 04	M Ven 77	72	12**	10**
					M Col 638	55**	23**	37**
8	Carimagua-Reserva (Meta)	3 2	1 4	0 08	M Ven 77	79	42**	46**
					M Col 638	53	39**	80
9	Las Leonas (Meta)	3 7	2 0	0 11	M Ven 77	61*	36**	28**
10	Puerto Gaitán (Meta)	0 8	2 3	0 05	M Ven 77	79	14**	43**

a *Significativo a un nivel de P = 0 05 en todos los niveles del nutriente bajo estudio,

**Significativo a un nivel de P = 0 01 en todos los niveles del nutriente bajo estudio

b Rendimiento relativo = rendimiento sin nutriente en comparación con el mayor rendimiento obtenido al aplicar el nutriente

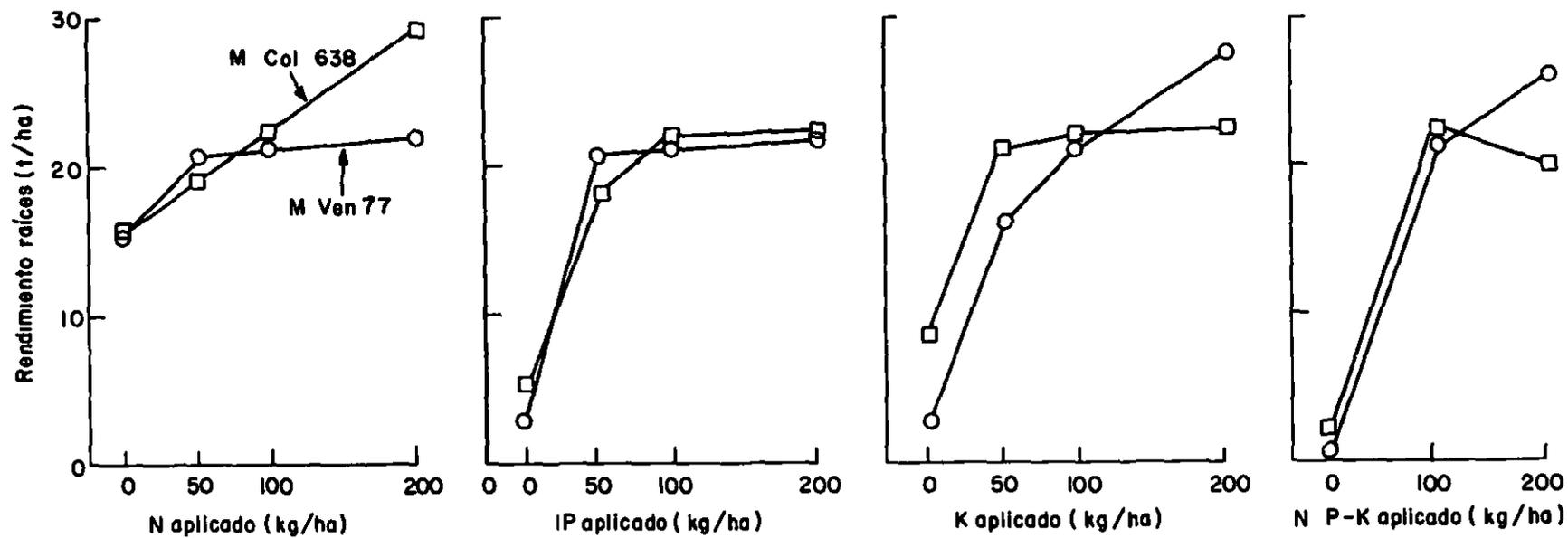


Figura 12 Respuesta de M Ven 77 y M Col 638 a varios niveles de N P y k aplicados en Alegría-Carimagua

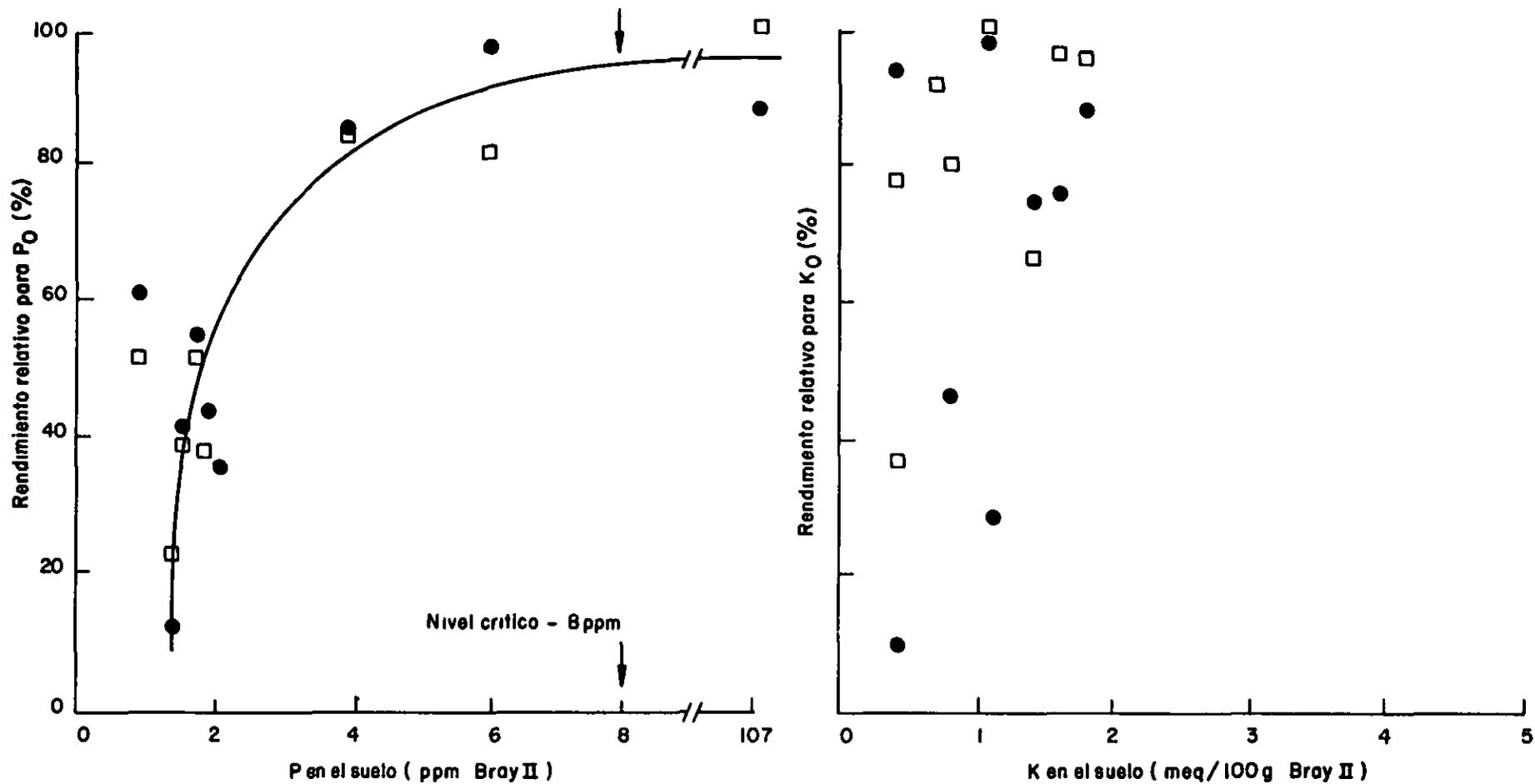


Figura 13 Relación entre el rendimiento relativo de raíces de varios cultivares de yuca y el contenido de P aprovechable o K intercambiable del suelo. Los símbolos indican los dos cultivares distintos en cada localidad.

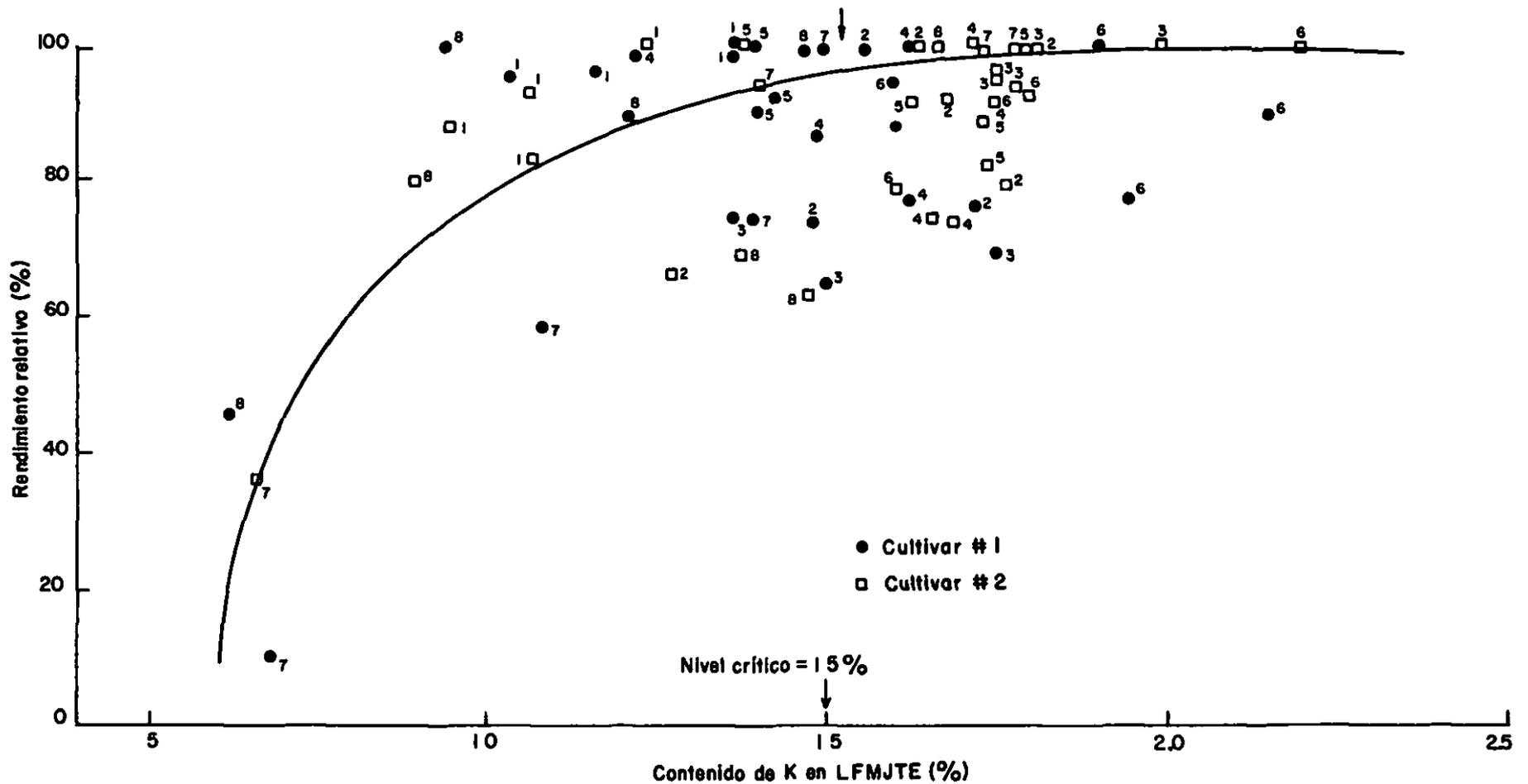


Figura 14 Relación entre el rendimiento relativo de raíces de varios cultivares de yuca y la concentración de K en LFMJTE de plantas de tres a cinco meses de edad. Las flechas indican el nivel crítico estimado y los números en los puntos de datos indican las localidades según el Cuadro 3.

que los cultivares también difieren marcadamente en sus tasas de crecimiento y por consiguiente en sus concentraciones de nutrimentos. Se estimaron niveles críticos en las LFMJTE de 5.4% de N, 0.41% de P y 1.5% de K, pero de ninguna manera se deben considerar estos niveles como números absolutos aplicables en todas las condiciones o para todos los cultivares, más bien, sirven como guía en la interpretación de los resultados de análisis de tejido. El efecto de las condiciones climáticas en las tasas de crecimiento y en las concentraciones de nutrimentos se deben investigar en más detalle.

El efecto de la fertilización en el contenido de almidón de las raíces se determinó en cinco localidades. En términos generales la fertilización no tuvo un efecto significativo en el contenido de almidón y cuando hubo algún efecto este siempre fue positivo. En Alegría la aplicación de P y K y en Mondomito la aplicación de N aumentó marcadamente los contenidos de almidón.

Respuesta a la Inoculación de Micorrizas

Se ha demostrado ampliamente que una asociación de micorrizas es esencial para el crecimiento normal de la yuca en suelos con bajos niveles de P (Informes Anuales 1979 y 1980). Este año se estudió la asociación en más detalle con el fin de determinar los factores que pueden influir en la infección por la micorriza, identificar métodos y fuentes baratas y eficientes para la inoculación y determinar el efecto de la micorriza en condiciones de campo.

La mayoría de los ensayos se realizaron en el invernadero utilizando materos con suelo proveniente de CIAT-Quilichao o Carimagua, ambos muy ácidos y bajos en P aprovechable. Generalmente se aplicaron varios niveles de P en la forma de SFT molido y el suelo se incubó a capacidad de campo durante seis semanas antes de la siembra. El suelo fue esterilizado, cuando era necesario con bromuro de metilo y como material de siembra generalmente se utilizaron cogollos enraizados para obtener plantas más uniformes y una respuesta más rápida al P aplicado y/o a la inoculación. El inóculo consistió en 2 g de raíces infectadas colocadas directamente bajo la plántula o estaca, de tal manera que las raíces nuevas crecieran allí y se infectaran. Las plantas generalmente se cosecharon después de dos o tres meses, las partes aéreas se secaron, se pesaron y analizaron y de las raíces se tomaron muestras para determinar su grado de infección por micorrizas.

Fuente de inóculo El año pasado se informó que cuando se inocularon siete especies con raíces de yuca infectadas, todas mostraron un aumento marcado en su peso seco y absorción de P con excepción del arroz. Después de la cosecha, las raíces de estas especies se utilizaron para inocular plantas de yuca en suelo esterilizado al cual se le aplicó P en niveles de 0, 100 y 500 kg de P/ha. Además se cultivaron plantas de yuca sin inoculación en suelo no esterilizado en el que previamente se habían cultivado las siete especies. La Figura 15 muestra que la inoculación con raíces infectadas de todas las especies fue muy efectiva para aumentar la absorción de P en comparación con las

plantas no inoculadas Las raíces de arroz y frijol fueron menos efectivas que las de yuca maíz caupí o Andropogon, en tanto que la inoculación con raíces de Stylosanthes causó una pudrición radical severa en plantas jóvenes de yuca El cultivo de yuca en suelo infectado de todas las especies fue casi tan efectivo como la inoculación aunque el suelo de arroz fue nuevamente el menos efectivo La Figura 16 muestra la respuesta al P aplicado en términos de materia seca y absorción de P Hubo una respuesta marcada al P en las plantas con micorriza pero no se observó respuesta y esencialmente no hubo crecimiento en las plantas sin micorrizas No hubo una diferencia significativa entre la inoculación con raíces o la infección por suelo infectado con micorriza Por consiguiente se observó poca especificidad de hospedantes y tanto el suelo como las raíces de plantas de micorrizas se pueden utilizar como inoculo la escogencia depende principalmente de la conveniencia de la especie para la producción de grandes cantidades de inóculo

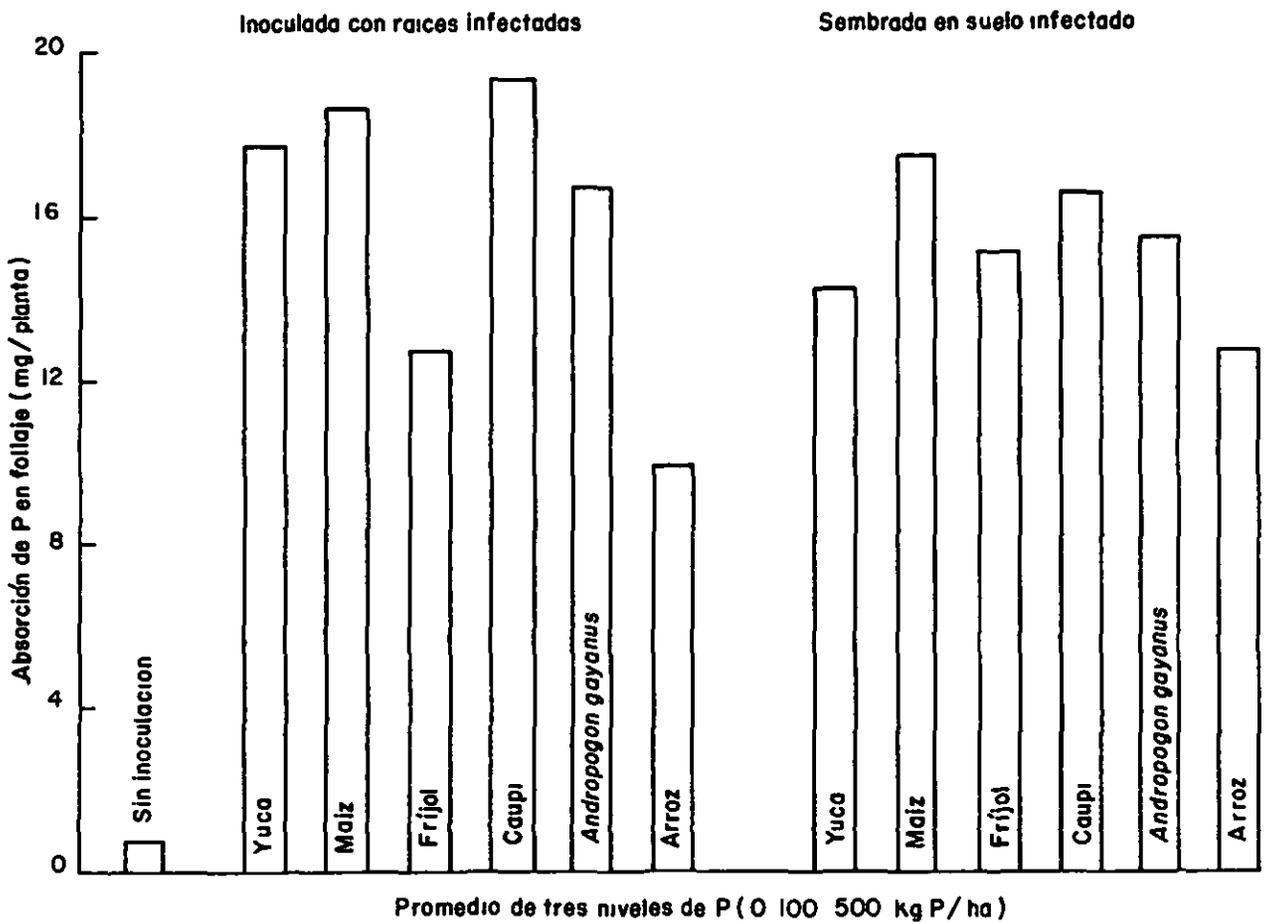


Figura 15 Absorción de P por las partes aéreas de plantas de yuca cultivada sin inoculación con micorrizas o inoculadas con raíces de seis especies en suelo esterilizado o en suelo no esterilizado infectado por el crecimiento de las mismas especies

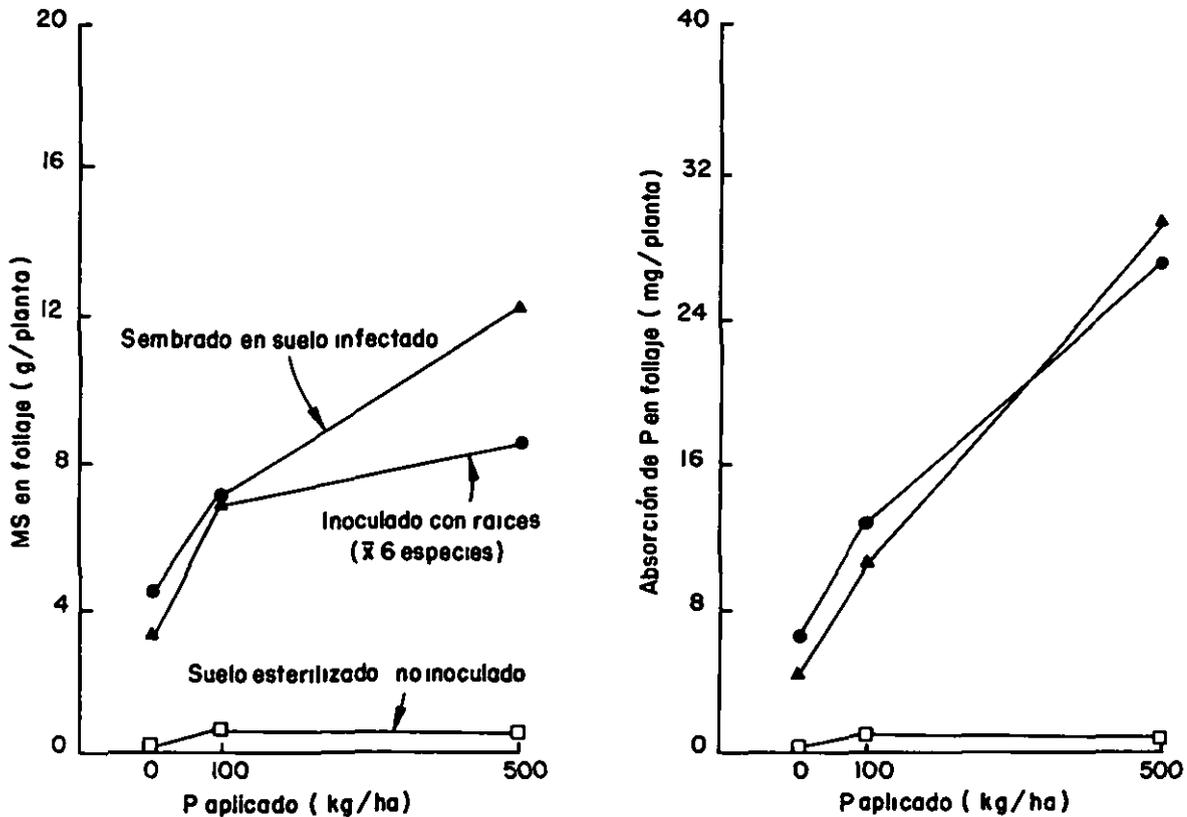


Figura 16 Efecto de la inoculación de micorrizas y la aplicación de P en la producción de materia seca y absorción de P por las partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad cultivadas en suelo de Quilichao Los datos corresponden al promedio de las seis especies (véase la Figura 15)

Fuente cantidad y colocación del inóculo Se inocularon plántulas de yuca con diferentes cantidades de esporas suelo infectado o raíces de yuca infectadas que habían sido almacenadas por varios períodos de tiempo en un refrigerador El Cuadro 4 muestra que todos los métodos de inoculación fueron efectivos para aumentar la producción de materia seca y la absorción de P pero que la inoculación con esporas fue menos efectiva que con raíces o suelo El almacenamiento hasta las tres semanas no afectó la eficiencia del inóculo y la cantidad de raíces o suelo utilizado como inóculo no afectó significativamente la respuesta de las plantas También se inocularon estacas de yuca con diferentes cantidades de suelo infectado o de raíces de yuca infectadas ya sea de CIAT-Palmira o de CIAT-Quilichao utilizando diferentes métodos de colocación El Cuadro 5 muestra que todos los métodos de inoculación fueron efectivos excepto el uso del inóculo proveniente del suelo alcalino con alto contenido de P proveniente de CIAT-Palmira es probable que esa cepa no se adaptara a los suelos ácidos La colocación del inóculo en un hueco directamente debajo de la estaca fue más efectiva que la colocación en un plano horizontal o en mezcla con el suelo debajo de la estaca No hubo una diferencia significativa entre las diferentes cantidades de inóculo y 1 a 4 g de raíces o 10 a 40 g de suelo infestado fueron cantidades igualmente efectivas naturalmente la

cantidad de inóculo que se debe utilizar depende de la calidad de inóculo y de las condiciones del suelo al momento de la siembra. Esto se debe investigar en más detalle preferiblemente en condiciones de campo.

Efecto de la reserva de P en el material de siembra Los experimentos en materos con cogollos enraizados (plántulas) generalmente exhiben una respuesta más marcada y rápida a la inoculación que los experimentos en los que se utilizan estacas. Es factible que esto se deba a las mayores reservas de P en las estacas que en las plántulas. El efecto de las reservas de P en el material de siembra se estudió utilizando cogollos enraizados, yemas de pecíolos y estacas de aproximadamente 2, 3, 6 y 20 cm de longitud. Este material varió tanto en su peso seco como en su contenido de P y, por lo tanto, en sus reservas totales de P. Las plantas se dividieron en grupos con o sin inoculación y se cultivaron en suelo esterilizado proveniente de CIAT-Quilichao con aplicaciones de 0, 100, 500 y 2000 kg P/ha. La Figura 17 muestra la producción de materia seca sin y con inoculación en plantas de dos meses de edad producidas a partir de diferentes fuentes de material de siembra. Es claro que las respuestas a las micorrizas

Cuadro 4 Efecto de la fuente y cantidad de inóculo sobre el grado de infección de las raíces por micorrizas, la producción de materia seca, el contenido de P y la absorción total de P de partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad (M Ven 77) cultivadas en suelo de Quilichao esterilizado.

Tratamiento	Grado de infección radical ^a	Producción de materia seca (g/planta)	Contenido de P en parte aérea (%)	Absorción de P de la parte aérea (mg/planta)
Sin inoculación	0	0.54	0.13	0.70
25 esporas	0	1.96	0.36	7.06
50 esporas	1.0	3.22	0.35	11.27
0.5 g raíces--frescas	1.3	12.65	0.35	44.27
1.0 g raíces--frescas	1.6	12.29	0.26	31.95
2.0 g raíces--frescas	2.3	12.59	0.24	30.22
2.0 g raíces--almacenadas				
1 semana	2.6	12.44	0.23	28.61
2.0 g raíces--almacenadas				
2 semanas	1.6	12.36	0.24	29.66
2.0 g raíces--almacenadas				
3 semanas	1.6	11.68	0.23	26.86
2.0 g suelo	1.6	9.80	0.25	24.50
5.0 g suelo	1.8	12.02	0.21	25.24
10 g suelo	1.5	10.43	0.26	27.12

a El grado de infección se determinó mediante una evaluación visual de hifas y vesículas. 0 = ninguna, 3 = alta infección.

fueron más marcadas cuando se utilizaron plantas enraizadas con pocas reservas de P y que la respuesta disminuyó a medida que aumentó el tamaño de la estaca y por consiguiente la cantidad de reservas de P. Por lo tanto en condiciones de campo donde los agricultores utilizan estacas relativamente grandes los efectos de las micorrizas son menos notorios o por lo menos rápidos que los producidos en el invernadero con plántulas. Sin embargo una vez que se hayan agotado las reservas de P en las estacas, las respuestas a las micorrizas también son altamente significativas en las estacas (véase la segunda cosecha Cuadro 5).

Como se observó en ensayos anteriores las respuestas a las micorrizas fue mayor a un nivel intermedio de P de 100 kg/ha y disminuyó al aplicar mayores niveles de P como también al no aplicar P.

Respuesta a la inoculación en suelos esterilizados y no esterilizados Se tomaron suelos de Carimagua CIAT-Quilichao y CIAT-Palmira y se fertilizaron con P a niveles de 0 100 300 1000 y 3000 kg/ha. Después de seis semanas de incubación se esterilizó la mitad de los materos de cada tratamiento con bromuro de metilo. En cada

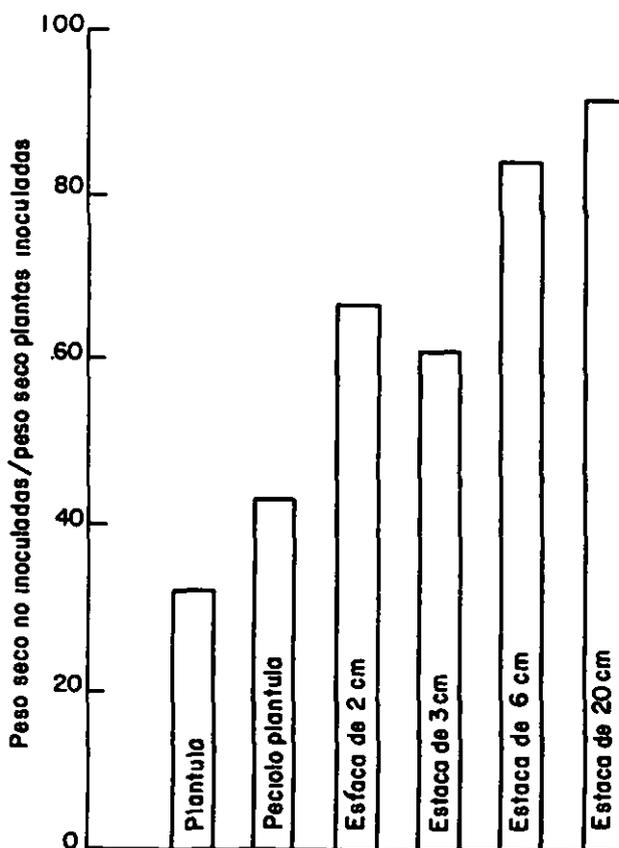


Figura 17 Respuesta relativa a las micorrizas en yuca (CM 91-3) cultivada a partir de plántulas enraizadas o estacas. Los datos corresponden a las medias de cuatro niveles de P aplicados.

Cuadro 5 Efecto de la fuente cantidad y colocación del inóculo sobre la producción de materia seca contenido de P y absorción de P de las partes aéreas y grado de infección de raíces de yuca (CM 91-3) cultivada a partir de estacas en suelo esterilizado de Quilichao con 100 kg de P/ha aplicado y cosechada a los 2 y 4 meses después de la siembra

Tratamiento de inoculación	Primera cosecha (2 meses)				Segunda cosecha ^c (4 meses)			
	Peso seco (g/planta)	P en parte aerea (%)	Absorción de P (mg/planta)	Grado de infección ^d	Peso seco (g/planta)	P en parte aerea (%)	Absorción de P (mg/planta)	Grado de infección ^d
Sin inoculación	14 75	08	11 8	0	2 12	13	2 8	0
2 g raíces de un suelo alcalino con alto P ^a colocados debajo de la estaca	17 15	08	13 7	1 3	2 50	13	3 2	0
1 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b colocado debajo de la estaca	24 47	25	61 2	1 3	14 75	14	20 6	2 0
2 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b colocados debajo de la estaca	20 35	26	52 9	1 3	13 18	15	19 8	2 3
4 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b colocados debajo de la estaca	20 38	30	61 1	1 6	13 98	16	22 4	1 3
2 g raíces de un suelo ácido con bajo P ^b en plano horizontal bajo la estaca	20 84	17	35 4	1 3	10 26	18	18 5	2 0
10 g de suelo infectado ^b colocados debajo de la estaca	16 69	26	43 4	1 3	14 83	15	22 2	1 6
20 g de suelo infectado ^b colocados debajo de la estaca	25 13	24	60 3	0 3	12 60	17	21 4	1 0
40 g suelo infectado ^b colocados debajo la estaca	22 59	26	58 7	3 3	6 46	19	12 3	2 3
20 g de suelo infectado ^b mas 2 g de raíces de un suelo ácido								

a Raíces de yuca de un suelo de CIAT-Palmira 50 ppm P pH = 7 5

b Raíces de yuca de un suelo de CIAT-Quilichao 4 ppm P pH 4 5

c Después del rebrote de las estacas originales

d Evaluación visual de vesículas e hifas 0 = sin infección 3 altamente infectadas

matero se cultivaron plántulas inoculadas o sin inocular Después de dos semanas se logró observar una respuesta clara al P incluso en el suelo de Palmira con 58 ppm de P aprovechable (Bray II) Se observó respuesta a las micorrizas a las cuatro semanas pero principalmente en el suelo esterilizado de Carimagua y Quilichao y solamente sin la aplicación de P en el suelo de Palmira La esterilización del suelo tuvo un efecto positivo muy marcado a niveles altos de P aplicado tanto en los suelos de Quilichao como de Palmira ya sea con o sin inoculación Es posible que esto se deba a la presencia de microorganismos patogénicos en estos suelos o a la liberación de algunos nutrimentos posiblemente Zn durante la esterilización del suelo En el suelo de Palmira sin esterilizar las aplicaciones de altos niveles de P ejercieron un efecto negativo en el crecimiento de las plantas Estas se cosecharon después de dos meses

La Figura 18 muestra la respuesta en crecimiento al P y a los tratamientos con micorrizas en los suelos de Carimagua y Quilichao En el suelo de Palmira el crecimiento fue relativamente variable sólo hubo una respuesta significativa a la inoculación sin aplicar P al suelo esterilizado En el suelo de Quilichao hubo una respuesta al P a un nivel de aproximadamente 1000 kg/ha la inoculación en suelo esterilizado tuvo un efecto muy marcado resultando en un aumento en la materia seca de 30 veces al nivel intermedio de 100 kg de P/ha Las curvas de respuesta fueron similares en forma a las indicadas el año pasado (Informe Anual 1980) Sin embargo en el suelo no esterilizado no hubo una respuesta significativa a la inoculación los rendimientos de materia seca fueron inferiores a los obtenidos en los tratamientos esterilizados con inoculación en todos los niveles de P aplicados posiblemente debido a la ausencia de competencia entre micorrizas introducidas y microorganismos nativos En el suelo de Carimagua hubo una respuesta significativa al P hasta los 3000 kg de P/ha pero no hubo respuesta a las micorrizas a niveles de P por encima de 1000 kg/ha En el suelo esterilizado la inoculación aumentó la producción de materia seca hasta un máximo de 15 veces a un nivel de 100 kg de P/ha pero con una respuesta mucho menor a 300 kg de P/ha Sin embargo en el suelo de Carimagua sin esterilizar también hubo una respuesta significativa a la inoculación a los niveles intermedios de P (a 100 kg de P/ha la inoculación aumentó la producción de materia seca 3 2 veces) pero las respuestas fueron menores que en suelo esterilizado

Por consiguiente en un suelo con alto nivel de P como el de CIAT-Palmira solamente hay una respuesta pequeña a las micorrizas en suelos esterilizados al no aplicar P en CIAT-Quilichao las respuestas a las micorrizas del suelo son marcadas pero solamente en suelo esterilizado puesto que el suelo sin esterilizar contiene una población de micorrizas altamente efectivas En el suelo de Carimagua hay una respuesta significativa a las micorrizas tanto en suelos esterilizados como en suelos sin esterilizar (a niveles intermedios de P) puesto que la población nativa de micorriza es menos efectiva que la introducida

Respuesta a las micorrizas en condiciones de campo Aunque la importancia de las micorrizas en plantas cultivadas en condiciones de invernadero se ha demostrado ampliamente aún permanece el interrogante

de si en condiciones de campo las micorrizas desempeñan una función de igual importancia considerando que los agricultores (1) siembran estacas y no plántulas, (2) siembran en suelo no esterilizado y (3) cosechan las raíces generalmente después de 10 a 12 meses Para estudiar el efecto de la inoculación en condiciones de campo se sembró un ensayo en CIAT-Quilichao en una parcela que en 1977 había recibido 11 niveles de P que oscilaron entre 0 y 1131 kg de P/ha El campo se había sembrado una vez con frijol y había permanecido con rastrojo desde entonces Antes de la siembra de yuca el contenido de P aprovechable (Bray II) osciló entre 1.8 ppm en los testigos de P y 117 ppm en donde se habían aplicado los mayores niveles de P La mitad de cada parcela se esterilizó con bromuro de metilo dos semanas antes de la siembra En cada subparcela esterilizada y sin esterilizar se inoculó la mitad de las plantas con 2 g de raíces infectadas más 100 g de suelo infectado

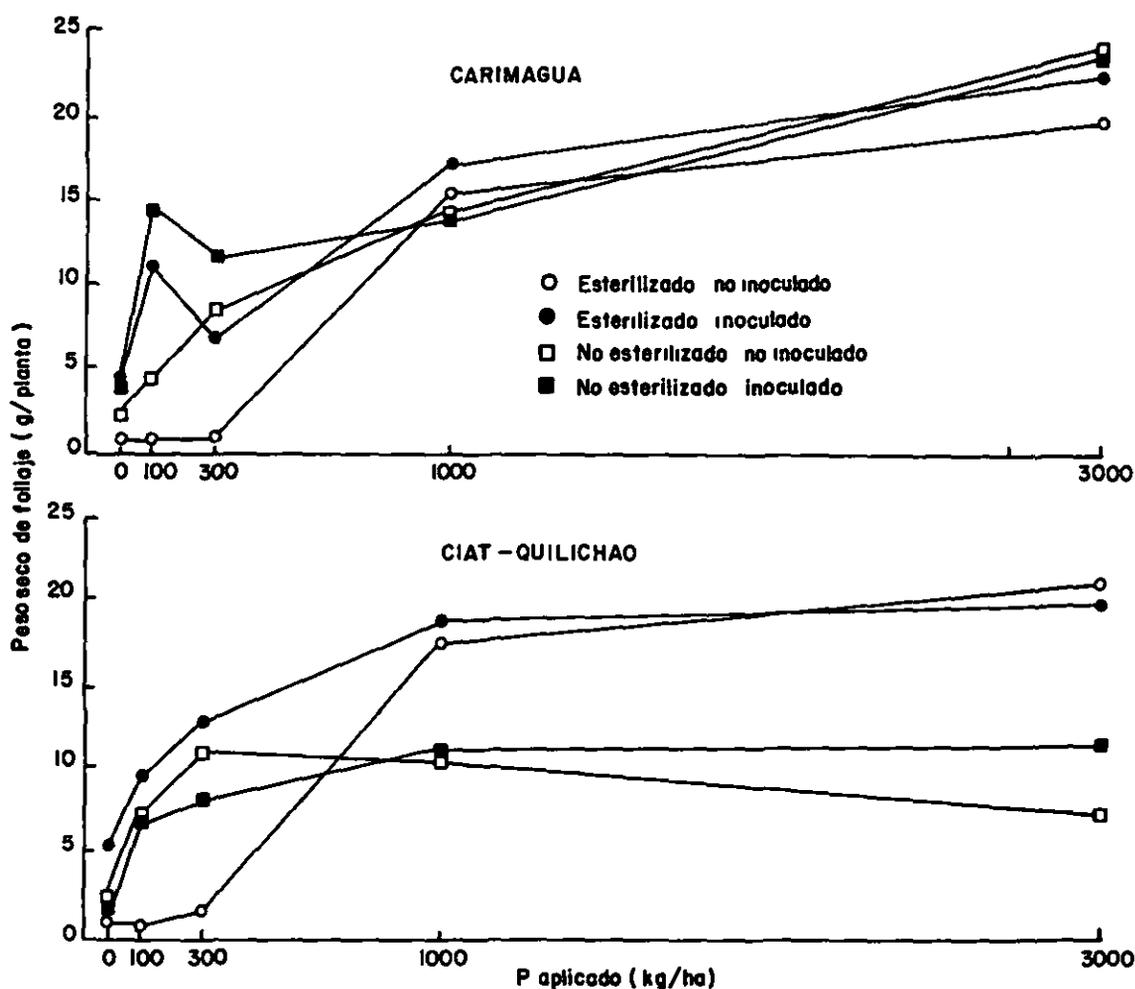


Figura 18 Peso seco de las partes aéreas de plantas de yuca de dos meses de edad cultivadas a partir de plántulas inoculadas o no inoculadas en suelo esterilizado o sin esterilizar de Carimagua y Quilichao a los cuales se les había aplicado varios niveles de P

Las plantas no inoculadas recibieron la misma cantidad de inóculo muerto (esterilizado) colocado directamente debajo de la estaca al momento de la siembra de la línea CM-91-3. El inóculo de raíces se recolectó de los cultivares más altamente infectados de un ensayo recientemente cosechado en CIAT-Quilichao. El suelo infectado consistió en arena infectada con una alta población de esporas de cepas de micorrizas provenientes de Quilichao.

A pesar de que las plantas fueron afectadas por dos tormentas severas de granizo durante los dos primeros meses después de la siembra se recuperaron rápidamente y crecieron vigorosamente. A los tres meses hubo una clara respuesta a la inoculación pero solamente en el suelo esterilizado en donde las plantas sin inocular presentaron una altura promedio de 44 cm y las plantas inoculadas 55 cm, en el suelo sin esterilizar la altura fue de 48 cm tanto para las plantas inoculadas como para las plantas sin inocular. A los cuatro meses los contenidos de P de las hojas superiores fueron significativamente más altos en las plantas inoculadas que en las plantas sin inocular tanto en suelo esterilizado como en suelo sin esterilizar especialmente en los menores niveles de P aplicado. En los meses siguientes las plantas en los tratamientos de suelo esterilizado sin inocular se recuperaron lentamente de su deficiencia inicial de P debido al crecimiento radicular hacia parcelas y pasillos vecinos infectados con micorrizas como también hacia subsuelo no esterilizado. El ensayo se cosechó a los 11 meses.

No hubo una respuesta significativa en rendimiento de raíces al P de tal manera que la Figura 19 solamente muestra la respuesta promedio a la esterilización e inoculación. En el suelo sin esterilizar no hubo efecto de la inoculación, pero en el suelo esterilizado la inoculación aumentó en rendimiento promedio de 38 a 53 t/ha. En el tratamiento esterilizado con inoculación las plantas que crecieron en la parcela testigo de P (con solamente 18 ppm de P aprovechable) produjeron 50 t/ha en tanto que las plantas en los tratamientos correspondientes sin inoculación solamente produjeron 31 t/ha. Este aumento en el rendimiento del 40 al 60% debido a la inoculación en condiciones de campo aunque es altamente significativo aún subestima la importancia de la micorriza, debido a que las plantas no inoculadas se reinfestaron por parcelas vecinas o subsuelo y finalmente produjeron el mismo rendimiento que las plantas cultivadas en suelo no esterilizado. El mayor rendimiento obtenido en las plantas inoculadas en el suelo esterilizado que en el suelo sin esterilizar probablemente se debe a la falta de competencia por micorrizas nativas y otros microorganismos. Este efecto benéfico de la esterilización se ha observado en numerosos ensayos de invernadero y de campo.

La ausencia de una respuesta a la inoculación en suelos no esterilizados no significa que en condiciones naturales de campo la inoculación no tenga algún efecto. Solamente indica que el suelo en Quilichao presenta una alta población de micorrizas eficientes, en efecto la cepa de Quilichao es la más efectiva hasta ahora identificada en Colombia (véase el Proyecto de Micorrizas en la siguiente sección).

En este suelo sólo se puede esperar un efecto significativo al introducir cepas más eficientes. Sin embargo, en otros suelos con poblaciones de micorrizas más bajas o ineficientes tales como en los suelos erosionados o altamente infértiles la inoculación con las cepas de Quilichao puede tener un efecto significativo en los rendimientos y en la disminución del alto requerimiento de fertilizantes fosforados. Aún en los casos en los que la inoculación no sea efectiva o práctica, el reconocimiento de que las micorrizas juegan un papel tan importante en la absorción de P en suelos con bajo nivel de P debe conducir al desarrollo de prácticas que maximicen el efecto benéfico de poblaciones nativas de micorrizas.

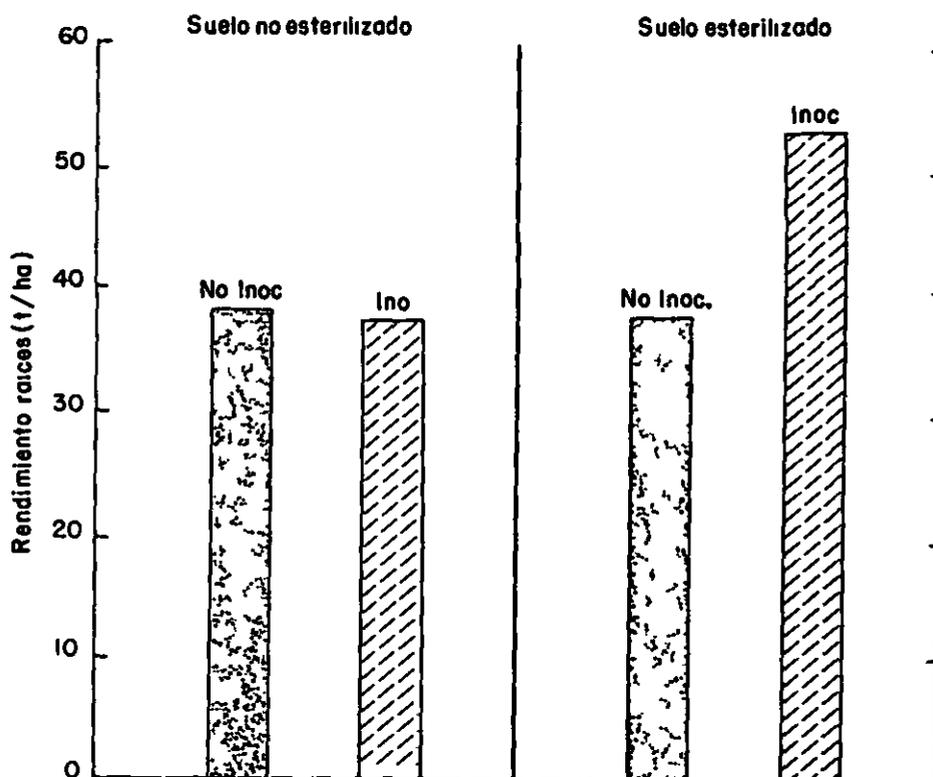


Figura 19 Rendimiento de raíces de plantas de yuca de 11 meses de edad (CM 91-3) cultivadas en CIAT-Quilichao a partir de estacas inoculadas o no inoculadas en suelo esterilizado o sin esterilizar. Los rendimientos de raíces corresponden al promedio de 11 niveles de P aplicado.