CIAT
HD
9235
.C3
M3
C.1

Sección A
Edición Preliminar

CIAT
COLECCION HISTORICA

INTRODUCCION

Características de la Producción de Yuca en el Mundo con enfasis en América Latina
R.O. Díaz
1684 A- 1 -32

Potencial Futuro e Investigación necesaria para el Incremento de la yuca
J.H. Cock, J.K. Laynam
2897 A-33 -60

CIAT
BIBLIOTECA
3 - JUL 1981
SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS

CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION DE YUCA EN EL MUNDO CON ENFASIS EN AMERICA LATINA

R. O. Díaz D.

Prologo

Este informe analiza brevemente la importancia del cultivo de la yuca en relación con otros productos agrícolas de los países productores de yuca (PPY) y en especial con los productos con que actualmente se trabaja en el CIAT.

En base a series históricas se estudia la producción, área y rendimiento del cultivo de la yuca en todas las zonas productoras y en especial en países Latinoamericanos, con el propósito de evaluar el impacto sobre los precios del producto y los ingresos de los productores en caso de presentarse un aumento en los rendimientos del cultivo generado por la nueva tecnología que se está desarrollando.

En la preparación de éste informe se tuvieron en cuenta los comentarios suministrados por el doctor Julián Buitrago del Programa de Porcinos del CIAT, aquien se agradece su colaboración.

Introducción

En los países productores de yuca en el mundo* se produce el 93 por ciento de la producción mundial de café y banano, alrededor del 80 por ciento de caña de azúcar y el 70 por ciento de Fríjol (Cuadro 1).

*/ El Africa incluye los siguientes países: Burundi, Rep. Centro Africana, Rep. del Congo, Togo, Islas Comoras, Gabón, Ghana, Angola, Madagascar, Camerún Oriental y Occidental, Liberia, Guinea Ecuatorial, Costa de Marfil, Nigeria, Uganda, Guinea, Ruanda, Kenia, Niger, Senegal, Sierra Leona, Zambia, Malawi, Malí, Gambia, Chad, Somalia, Alto Volta, Benin, Zaire y Sudán.

Asia comprende: Tailandia, Indonesia, Malasia Sabah, Vietnam del Norte, Islas Timor, Malasia Occidental, Rep. Vietnam, Filipinas, India, Laos, Burma, Cambodia, China, Malasia Sarawak y Sri Lanka.

Oceanía incluye: Tonga, Fiji, Islas del Pacífico, Nueva Caledonia y Papua Guinea.

América Latina comprende: Brasil, Colombia, Paraguay, Ecuador, Venezuela, Cuba, Haití, Perú, Argentina, Rep. Dominicana, Bolivia, Honduras, Jamaica, Panamá, Nicaragua, Guatemala, Costa Rica, El Salvador, Puerto Rico y Guayana Francesa.

Rusia produce 83,9 millones de toneladas de trigo, superior a la producción de estos países; y Estados Unidos y Canadá 62 millones de toneladas, producción ligeramente inferior (Cuadro 2).

La producción de maíz en los países productores de yuca es muy inferior a la de Estados Unidos, 118,5 millones de toneladas y de papa es muy similar a la de Polonia, 48,5 millones de toneladas.

Los países productores de yuca no alcanzan a doblar la producción de sorgo de los Estados Unidos, principal abastecedor del mundo, con 16 millones de toneladas; en cambio la producción de soya de los países productores de yuca es muy inferior a la de Estados Unidos que es de 33,1 millones, equivalente al 56 por ciento de la producción mundial. En relación con la producción de carne, Estados Unidos produce 10,7 millones de toneladas y los países productores de yuca solo 9 millones de toneladas.

Puede observarse cómo las principales fuentes de proteína animal y vegetal se producen fuera de los países productores de yuca, en países muy desarrollados y además, cómo el cultivo de la yuca y el arroz, con excepción de la caña de azúcar, son la principal fuente de energía en todos estos países.

Considerando los cultivos con los cuales el CIAT trabaja en la actualidad, en los países productores de yuca en el mundo, el área de yuca sembrada para 1974, sólo es equivalente al 2 por ciento de la superficie agrícola arable mientras que el fríjol ocupa el 3 por ciento, el maíz el 8 por ciento, el arroz la más alta, el 18 por ciento (FAO 1975).

En los países productores de yuca en América Latina, el área de yuca sembrada es equivalente al 2,4 por ciento del total de la superficie agrícola arable; en fríjol, 5 por ciento; en maíz, 18 por ciento y en arroz, 6 por ciento.

Comparando los volúmenes de producción en todo el mundo de estos productos (Cuadro 1) en términos de materia seca*, en 1974 se produjo 286 millones de toneladas de arroz, seguido de maíz con 256 millones , yuca con 36 millones y por último fríjol con 11 millones de toneldas métricas**. A pesar del alto porcentaje de agua en la yuca, en todos los países productores del mundo la producción mundial en materia seca fué tres veces superior a la producción mundial de fríjol.

---

*/ En base a los siguientes índices de humedad para cada producto: yuca 65 por ciento; fríjol y maíz 13 por ciento; arroz 11 por ciento.

**/ Estimaciones efectuadas con datos del Cuadro 1,

FIGURA 1. PAISES PRODUCTORES DE YUCA EN AMERICA LATINA. 1974.
(ZONAS DE PRODUCCION Y AREA SEMBRADA - 1.000 HECTAREAS)



Fuente: Zonas de producción en base a información personal del cultivo del programa de yuca - CIAT.

Area sembrada según FAO, 1975. Anuario estadístico de Producción. Vol. 29

AREA Y PRODUCCION

La producción mundial de yuca en 1974 se estimó en 103 millones de toneladas métricas. Durante el período comprendido entre 1964-1974 se presentó un aumento del 2,9 por ciento anual (Cuadro 3); y en 1974 el área sembrada fué de 11 millones de hectáreas, un incremento anual de 2,14 por ciento sobre los años anteriores (Cuadro 4) con lo cual se genera un rendimiento promedio de 9,3 ton/ha dando una tasa de crecimiento de 0,8 por ciento (Cuadro 5). Se observa a nivel mundial un aumento en la producción y en el área sembrada y un ligero aumento en los rendimientos.

Asia y América Latina participaron cada uno con el 29 por ciento de la producción mundial de yuca y Africa con el 42 por ciento (Cuadro 3). En relación con el área cosechada la proporción de Africa fué mayor, 51 por ciento, Asia 26 por ciento y América Latina, 23 por ciento (Cuadro 4), lo cual refleja rendimientos promedios sensiblemente menores para el Africa, 7.6 ton/ha, en comparación con Asia, 10,4 ton/ha y América Latina, 11,7 ton/ha (Cuadro 5)*.

El rendimiento promedio de Asia, Oceanía y América Latina están por encima del rendimiento promedio mundial, mientras que el de Africa es ligeramente inferior.

En comparación con otros continentes productores del mundo Africa presenta pocos problemas causados por la presencia de plagas o enfermedades (Lozano y Booth 1974), a pesar de que la enfermedad virosa del mosaico sólo se ha reportado en ésta región. De acuerdo con lo anterior, la principal causa de los bajos rendimientos en éste continente se debe a la falta de prácticas culturales adecuadas para el cultivo de la yuca.

Brasil produjo la cuarta parte del total de la producción mundial de yuca, siguiéndole Indonesia, Nigeria y Zaire con la décima parte, cada uno. En América Latina, sólo Colombia y Paraguay aportaron el 1 por ciento (Cuadro 6).

América Latina alcanzó una producción de 30 millones de toneladas, con una tasa de crecimiento anual en los últimos diez años de 1,1 por ciento. Brasil participó con el 83 por ciento de ésta producción siguiéndole en importancia Colombia y Paraguay 4 por ciento, Ecuador y Perú con 1 por ciento (Cuadro 3).

---

*/ Rendimientos estimados en base a la relación de producción (ton) y área (has).

Se ha presentado una tasa ligeramente decreciente en la producción de yuca en países como la Guayana Francesa, Paraguay, Panamá, Venezuela, Puerto Rico y Argentina (Cuadro 3). Por carecer de información disponible no se dispone de datos que expliquen esta disminución.

La yuca se cultiva bajo sistemas tradicionales, en su gran mayoría en parcelas no mayores de 1 hectárea, asociada o intercalada principalmente con maíz (Cuadro 7). En algunos países de Asia y Africa se ha cultivado a la sombra de cultivos de coco y palma africana como cultivo secundario, práctica que en los últimos años se ha ido abandonando. En América Latina se acostumbra asociar yucacon cultivos semestrales.

En la mayoría de países latinoamericanos (Figura 1) como el Ecuador (Varón 1975), Venezuela (Arias 1975), Paraguay (Belloti 1977) y Guatemala (Fumagalli 1975), la yuca se siembra en pequeñas parcelas acompañada de otros cultivos de período vegetativo corto. En el Perú (Rosas 1975) la producción proviene de granjas familiares donde se siembra la yuca sola en pequeñas parcelas y ocasionalmente se intercala con maíz o plátano.

En relación con el área y la producción mundial de yuca se puede concluír que: 1) el Continente Africano presenta la mayor proporción de área sembrada con los rendimientos ligeramente más bajos y por consiguiente con técnicas de producción de yuca más tradicionales y rudimentarias y, 2) la mayoría de la producción de yuca proviene de cultivos no mayores de 1 hectárea, los cuales se establecen asociados o intercalados con otros cultivos semestrales principalmente maíz.

Producción percapita/año

La producción percapita de yuca en los países productores de yuca fué de diez veces superior a la producción percapita de fríjol, ligeramente superior a la de maíz y un poco menos de la mitad de la de arroz (Cuadro 8).

Comparada con otros productos agrícolas de los países productores de yuca, la producción percapita de yuca fué ligeramente superior a la de trigo y papa y cerca de cuatro veces superior a la de sorgo y soya.

El Continente Africano presentó la mayor producción percapita de yuca y junto con Asia y Oceanía, la menor producción percapita de carne, (Cuadro 8). En Asia se estimó la más alta producción percapita de arroz (138 Kgr, persona/año). Las estimaciones entre estos dos continentes son relevantes ya que el arroz tiene un 8 por ciento de proteína digestible y la yuca solo el 1 por ciento (Gutiérrez y Buitrago, 1974), lo cual da una ventaja comparativa al Asia en cuanto a disponibilidad de fuentes proteínicas.

En los últimos diez años la producción de yuca creció a una tasa ligeramente inferior a la del crecimiento de la población en los países productores (1,5 por ciento vs. 2,3 por ciento) permitiendo como consecuencia un crecimiento de la producción percapita/ año descendente (Cuadro 9 y 10).

El Cuadro 11 muestra el resultado de las comparaciones hechas entre los países productores de yuca. Tres países africanos presentan las mayores producciones percapita de yuca: Burundi, República Centro Africana y el Congo. A nivel Latinoamericano Paraguay presentó la mayor producción percapita seguido de Brasil, Ecuador, Guayana Francesa y Colombia*.

La situación de la yuca se puede aplicar a todos los productos agrícolas producidos en el trópico, donde la población crece a una tasa ligeramente mayor a la producción de cada uno.

DISPONIBILIDAD

Disponibilidad aparente de calorías

Actualmente el empleo más importante de la yuca es en la alimentación de los humanos. Se ha estimado que el 56 por ciento de la producción mundial se destina para éste fín (Nestel 1974).

Ya sea para consumo humano o elaboración de concentrados, la yuca se utiliza solamente como fuente de energía dado su nivel bajo de proteínas.

Comparado con el trigo, maíz y arroz, (Cuadro 12), la yuca presenta la menor disponibilidad aparente de calorías digestibles. En los países productores de yuca la disponibilidad aparente de calorías percapita de yuca fué de 153, inferior a la del arroz y maíz (1121 y 366) y superior a la del fríjol, cebada, sorgo y banano, (33, 90, 110 y 40 respectivamente).

La yuca contribuyó solamente con el 5 por ciento de los requerimientos caloricos digestibles en los países productores de yuca. En Africa, Oceanía y América Latina los requerimientos caloricos suministrados por la yuca son alrededor del 16%, mientras que en Asia son muy bajos, solo el 2 por ciento (Cuadro 13). En tres países latinoamericanos la yuca suplió más del 8 por ciento de los requerimientos caloricos digestibles por persona/día: Paraguay 55%, Brasil 30% y Ecuador 8%.

---

*/ Estas cifras fueron obtenidas dividiendo los datos de producción del Cuadro 1 por los datos de población del Cuadro 6.

A nivel continental Africa presentó la mayor producción percapita de yuca y la menor producción percapita de carne y arroz. Esta relación inversa no ha sido muy marcada en países latinoamericanos (Cuadro 14). A pesar de que aumenta la participación de la yuca en éstos países como fuente de calorías, la disponibilidad de fuentes de proteínas de orígen animal y vegetal no presentan ninguna tendencia.

Alimentación animal

La información disponible indica que la yuca para alimentación animal está concentrada en el Mercado Común Europeo (Phillips 1974), donde existen buenas perspectivas para el futuro siempre y cuando los precios comparativos de la yuca con otros granos sean favorables, sobre todo en aquellos países donde hay deficiencia de fuentes de energía.

Actualmente más del 90 por ciento de la producción de yuca de Tailandia se consume en Europa, practicamente monopolizando la demanda del Mercado Común Europeo (Boonsue y Sinthuprama 1975). Tailandia inició sus exportaciones de yuca en "tajadas"* y últimamente exporta en forma peletizada.

Indonesia, otro de los grandes productores de tubérculos del mundo, no ha respondido a la demanda mundial de los derivados de la yuca debido principalmente a las fluctuaciones internas del nivel de consumo de éste producto. En Malasia, otro país asiático, los altos costos de producción de yuca han dificultado la exportación de sus derivados; la demanda interna para alimentación animal ha presentado una tasa de crecimiento rápido (Firman Manurung 1974). En América Latina únicamente Brasil ha exportado el equivalente al 2 por ciento de su producción de yuca en forma de harinas, almidón, tapioca y tajadas (Phillips 1974).

Nestel (1974) indica que el potencial real de la yuca en la industria de concentrados para alimentación animal parece descansar en los mismos países productores, especialmente en aquellos en donde la presión de la demanda produce un incremento en los precios de los productos que se utilizan en la fabricación de concentrados y donde se está desarrollando un mercado para calidad de carne.

El pensamiento de Nestel coincide con el panorama presente en algunos países latinoamericanos tales como Panamá, Costa Rica, Colombia y Venezuela, donde se ha establecido plantas deshidratadoras para producir harinas o yuca peletizada. En el Estado de Monagas, Venezuela, se ha establecido recientemente una fábrica con capacidad de 360 ton/día para la producción de yuca peletizada, con el principal propósito de suplir el mercado local de materia prima para la industria animal (Agroindustrial 1977).

---

*/ Se denominan "raspas" en Portugués o "chips" en inglés.

Los objetivos de la reciente industria latinoamericana de harinas, a partir de yuca, concuerda con la inquietud planteada por algunos expertos en nutrición animal (Buitrago et al 1974) en relación con el potencial de la yuca y sus derivados como fuente de energía para alimentación animal. La demanda por granos, semillas, oleaginosas y otras fuentes de energía y proteínas para la preparación de alimentos concentrados en América Latina aumentará notablemente, haciéndose cada vez más crítica la competencia de estos productos para su utilización en la alimentación animal.

En algunos países latinoamericanos se está prestando atención a la yuca como fuente potencial de energía. Rosas (1975) indica que en Perú la demanda de yuca fresca ha experimentado un ligero aumento en los últimos años, de tal manera que todo aumento significativo del área cultivada debe estar supeditado al establecimiento de industrias productoras de harinas y almidones. En Guatemala (Fumagalli 1975) existen áreas potenciales para incrementar el cultivo de la yuca pero con propósitos industriales ya que en este país la producción actual satisface la demanda interna para consumo humano y las necesidades de la pequeña industria.

Industria de almidones

La importancia relativa de los diferentes tipos de almidón varía entre regiones (Phillips 1974). Almidones a partir del maíz son más importantes en los Estados Unidos y Canadá; de papa en Europa; de batata y arroz en el Japón y Lejano Oriente. Los mejores mercados para el almidón de yuca se presentan en Japón, Estados Unidos y Canadá, pero en éstos países la yuca ha suplido menos del 10 por ciento del almidón total utilizado.

Aunque existen numerosos usos donde el almidón de yuca es preferido como es el caso de los aprestos para la industria de telas y gomas, podrían aparecer nuevos productos. Los almidones se pueden obtener a partir del maíz, papa, batata, arroz, sorgo, maíz waxi, sagú antillano y la yuca. En el trópico no se puede pensar en sagú por ser una planta de período vegetativo largo (8 a 10 años). La papa se dá en zonas templadas y junto con el arroz, es un elemento básico en la dieta. Otro elemento básico en la dieta en los países tropicales es el maíz; actualmente se está procesando económicamente para producir almidones.

A pesar de la incertidumbre que se puede presentar con la utilización de los almidones a partir de la yuca, se deben tener en cuenta las proyecciones estimadas por Phillips, que indican que la demanda total de almidones de yuca proyectada hasta 1970 y en la década siguiente, muestran una tasa de crecimiento anual del 2 al 16 por ciento.

A nivel latinoamericano sólo Brasil en gran escala y Colombia en pequeña escala producen almidones a partir de la yuca con bajo contenido de impurezas. En este continente la producción de almidones a partir de la yuca se ha concentrado en fábricas pequeñas con tecnologías rudimentarias.

IMPLICACIONES

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Phillips (1974), hasta el momento se han identificado tres mercados diferentes para el cultivo de la yuca: industria de almidones y la de concentrados para animales sobre a que ya se ha discutido en manera general en este informe, y el de consumo humano, en donde la situación se presenta un poco diferente.

Tomando por ejemplo el caso de Colombia donde el 95 por ciento de la producción se destina al consumo humano y el resto al sector industrial, especialmente para la fabricación de almidones, (Díaz y Pinstrup-Andersen 1977), se ha observado lo siguiente: El área sembrada de yuca ha variado año tras año (Cuadro 15) estimándose una tendencia creciente durante los últimos 20 años* (Figura 2). El aumento promedio anual del área sembrada en el período fué de 2.990 hectáreas y el aumento promedio anual de la producción se estimó en 28.080 toneladas**, pero el rendimiento ha sido casi constante con una tendencia ligeramente creciente de solo 60 kg/ha/año***. Es decir, los aumentos graduales que se han presentado en la producción de yuca se deben principalmente a incremento del área cultivada.

En relación con los precios (Cuadro 16), en los últimos 18 años el aumento anual del precio corriente se estimó en $70,34 por tonelada**** y a precios constantes***** el aumento anual fué alrededor de $1,00 por tonelada******. No se dispone de datos fidedignos sobre el precio de la yuca en años más recientes, pero se sabe que han subido a una tasa muy alta, debido principalmente a las condiciones climáticas adversas presentes en todas las áreas agrícolas de Colombia.

Dado que 1) el aumento de la producción de yuca se debe principalmente al aumento del área sembrada, 2) los precios reales han sido casi constantes a través del período (Figura 3) y 3), la mayoría de la yuca producida se usa directamente para consumo humano, se podría pensar que tanto la oferta por parte de los cultivadores como la demanda para consumo humano ha aumentado en relación con el crecimiento de la población. Pero además del crecimiento de la población, el crecimiento del ingreso de las personas también influye en la demanda de los consumido

---

*/ Ecuación del área (Y) = 95.47 + 2.99x, R = 0.83

**/ Ecuación de producción (Y) = 560.75 + 28.08x, R = 0.76

***/ Ecuación de rendimiento (Y)= 5.98 + 0.06x, R = 0.46

****/ Ecuación de los precios corrientes (Y) =-60.65+70.34x, R = 0.94

*****/ Precios deflactados por el índice de precios del Banco de la República

******/ Ecuación de los precios constantes (Y) = 67.15+1.37x, R = 0.60

res de yuca*.

De acuerdo con estimaciones empíricas disponibles (Pinstrup Andersen, Per et al 1976), los aumentos en los ingresos de los consumidores no tendrán mayor impacto sobre la demanda de yuca dado que la consumen principalmente personas de ingresos bajos**. Es decir, las personas consumen más yuca cuando aumentan sus ingresos, pero hasta cierto nivel. De ahí en adelante este producto se comporta como un "bien inferior".

Asumiendo que la población de América Latina aumentara a una tasa del 2,5 por ciento en la próxima década y el crecimiento del ingreso per capita aumentara a una tasa del 2 por ciento (Sanders y Alvarez 1977), la producción de yuca puede aumentar una tasa de 2,7 por ciento sin afectar los precios. La tasa anual de crecimiento de la producción de yuca para América Latina en la última década fué de 1,23 por ciento.

Un aumento en la producción de yuca por encima del 3 por ciento anual causaría una disminución de los precios y una reducción en las utilidades brutas del sector productor y por consiguiente un desestímulo a la producción en los años siguientes.

Una solución sería la de reducir los precios de la yuca a niveles competitivos con los precios de otros productos que podrían competir con ésta principalmente en los mercados de las harinas y almidones; de tal manera que para lograr el nivel competitivo de los precios y mantener utilidades aceptables para los productores, se necesita aumentar los rendimientos de la yuca en base a una tecnología muy simple y no costosa. En el caso de Méjico, donde la yuca presenta muy bajo consumo popular, se ha pensado en incrementar el área sembrada de yuca con fines industriales, especialmente para concentrados.

Además del empleo como suplemento energético en concentrados para animales, la yuca puede ser un potencial como substrato en la producción de proteína a partir de un hongo (Nestel 1974). Por intermedio de este proceso biológico se podría incrementar el nivel de proteína hasta en un 35 por ciento***.

---

*/ La tasa de crecimiento de la demanda total es igual a la tasa de crecimiento de la población, más la elasticidad ingreso del bien multiplicado por la tasa de crecimiento del ingreso percapita.

**/ La elasticidad ingreso de la demanda de yuca para Cali, Colombia, se estimó en 0,1185 (Pinstrup-Andersen, P., N. de Londoño y E. Hoover, 1976). The Impact of increasing food supply on human nutrition. Implication for commodities priorities in agricultural research an policy. American Journal of Agricultural Economics, 58(2) May 1976, p. 131-142.

***/ Información más detallada sobre este proceso se consigue en Gómez, G.G. 1977.

En el Brasil están estudiando la factibilidad económica de producir alcoholes a partir de la yuca, aspecto muy importante dada la actual crisis energética que se presenta en el mundo.

Recientemente se han llevado a cabo estudios que demuestran que el pan o productos tipo pan pueden ser elaborados con almidón o harina de yuca, en reemplazo de la harina de trigo (Knight 1974). En países como Paraguay y Brasil existen leyes que obligan a los productores de pan a mezclar harina de yuca como ingrediente de este producto. En Colombia se han hecho estudios muy avanzados sobre utilización de harina de yuca en la elaboración de pan y pastas, pero se encuentran con el problema de la escasez del producto y, por consiguiente, de precios favorables para el mercado en estado fresco.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la información disponible, parece que las mejores perspectivas para desarrollar una industria de concentrados es utilizar la yuca como fuente de energía, para el mercado interno. Esto implica 1) los países productores deben pensar más en autoabastecer la propia industria que en exportar, si es que los precios comparativos de ambos mercados lo permiten y, 2) reducir los precios de la yuca a niveles competitivos con los precios de otros productos sustitutos.

Finalmente, a pesar de què el mercado de exportación de almidones se presenta muy incierto, este renglón es muy interesante y se debe estudiar detenidamente en los países productores, ya que los subproductos de este proceso son de gran utilidad en la industria de concentrados.

FIGURA 2. - TENDENCIAS DE PRODUCCION, AREA Y RENDIMIENTO DE LA YUCA. 1955 - 75.

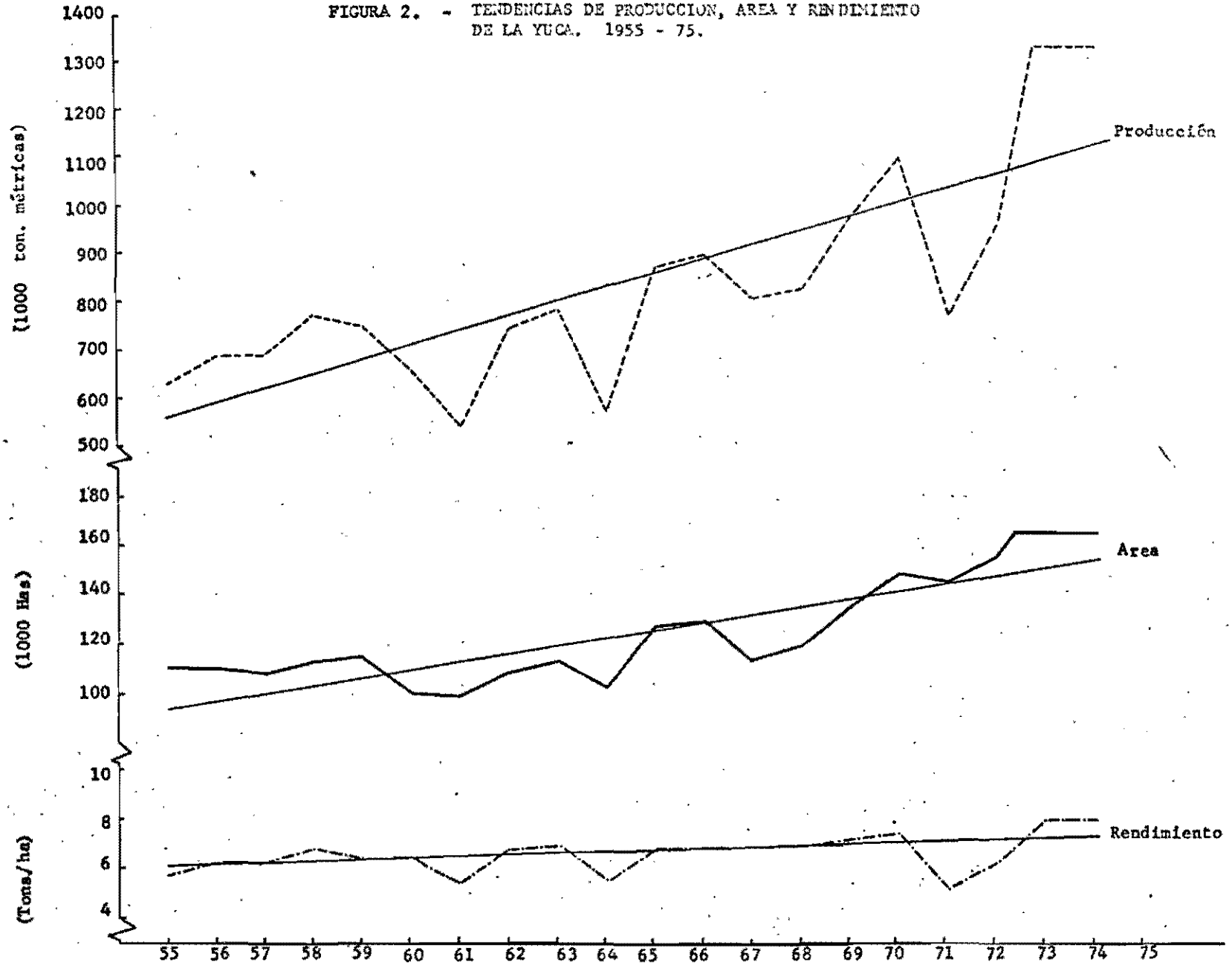
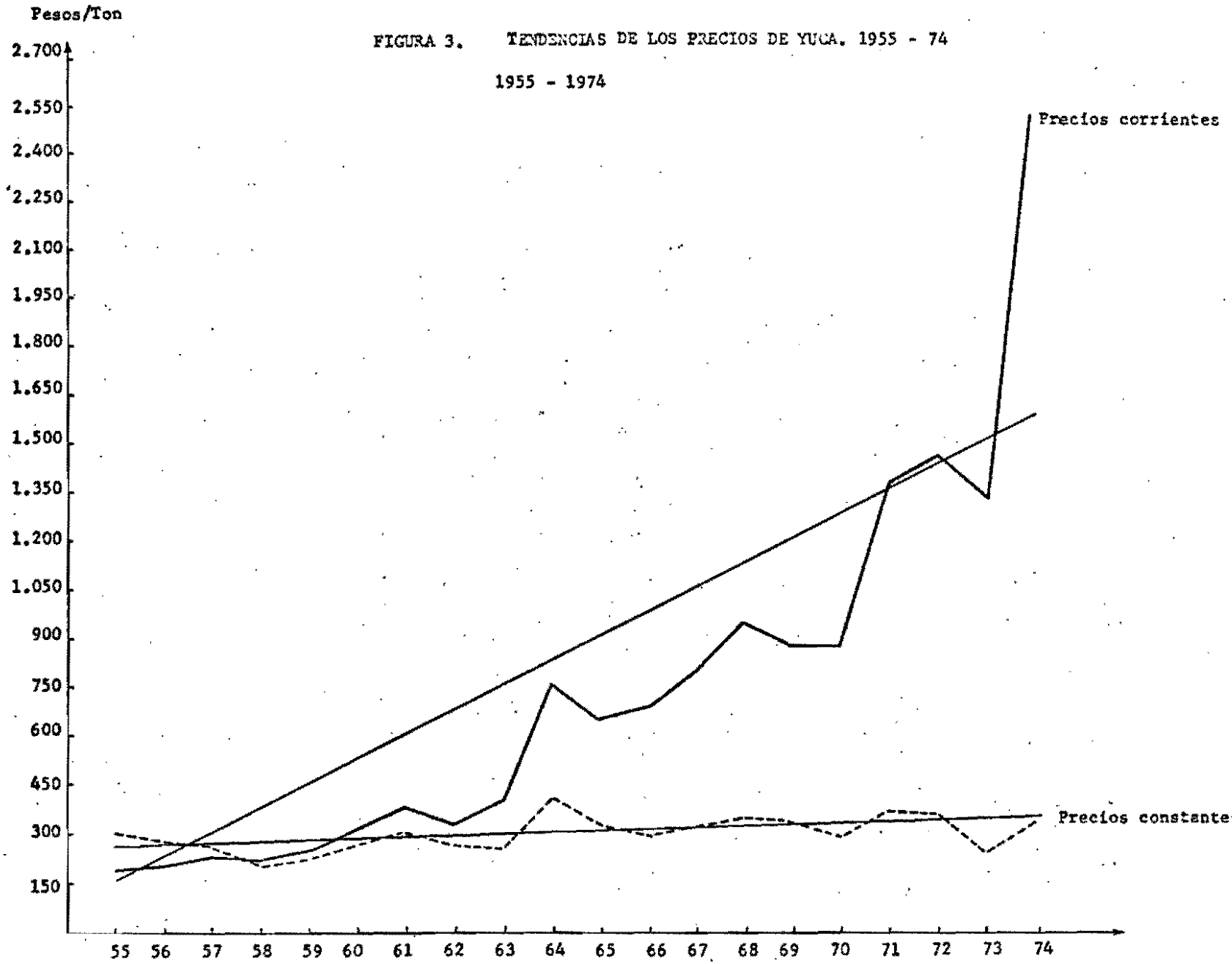


FIGURA 3. TENDENCIAS DE LOS PRECIOS DE YUCA. 1955 - 74

1955 - 1974



Cuadro 1. Producción anual de algunos productos agropecuarios importantes en los países productores de yuca, (millones de tons). 1974

Región	Trigo	Cebada	Fríjol seco	Maíz	Arroz	Caña Azucar	Papa	Yuca	Algodón (fibra)	Sorgo	Soya	Café	Banano	Carne
A.L.[a/]	9.2	0.9	2.9	31.9	10.8	250.0	8.5	29.7	4.0	7.6	8.7	2.9	18.7	5.8
AS.[b/]	58.8	22.9	5.0	45.7	242.2	236.8	43.2	29.6	10.4	10.5	12.7	0.3	9.5	2.0
AF.[c/]	0.5	0.02	1.0	9.3	4.7	16.1	1.2	43.7	1.9	8.1	0.1	1.1	4.7	1.2
OC.[d/]	h/	h/	h/	0.005	0.02	2.6	0.004	0.2	h/	0.004	h/	0.04	0.9	0.009
TPPY.[e/]	68.5	23.8	9.0	86.9	257.7	505.5	52.9	103.0	16.3	26.2	21.5	4.5	33.8	9.1
T.M.[f/]	360.0	171.0	12.6	294.3	321.0	655.7	296.2	103.0	39.8	50.3	56.9	4.8	36.4	32.3
%[g/]	19.0	13.9	71.2	29.5	80.3	77.1	17.8	100.0	41.0	52.0	37.7	92.7	92.9	21.4

a/ América Latina

b/ Asia

c/ Africa

d/ Oceanía

e/ Total Países Productores de Yuca

f/ Total mundial

g/ Porcentaje de los Países Productores de Yuca en relación con el total mundial

h/ Dato no disponible.

Fuente: FAO 1975: Anuario Estadístico de Producción, Vol 28-1

Cuadro 2. Producción anual de algunos productos agropecuarios importantes en los países producotres de yuca y en otros países del mundo, (millones de tons.) 1974.

Producto	1er. País		2o. País		3er. País		Tot. Mundial
	Nombre	Mills. Ton.	Nombre	Mills. Ton.	Nombre	Mills. Ton.	Millones Tons.
Trigo	URSS	83.9	Estados Unidos	48.8	China	37.0	359.9
Cebada	URSS	54.2	China	20.5	Francia	9.9	170.9
Fríjol Seco	India	2.5	Brasil	2.2	China	2.0	12.5
Maíz	Estados Unidos	118.5	Sud-Africa	11.2	Brasil	17.3	294.3
Arroz	China	115.3	India	60.4	Indonesia	22.8	321.0
Caña Azúcar	India	140.9	Brasil	96.4	Cuba	56.0	655.9
Papa	URSS	81.0	Polonia	48.5	China	38.0	296.1
Yuca	Brasil	24.7	Nigeria	10.0	Indonesia	13.8	102.9
Algodón Cáscara	URSS	8.4	Estados Unidos	6.6	China	6.4	39.8
Sorgo	Estados Unidos	16.0	India	10.2	Argentina	6.1	50.3
Soya	Estados Unidos	33.1	China	11.8	Brasil	7.8	58.8
Café Pulpa	Brasil	1.6	Colombia	4.6	Costa de Marfil	2.6	4.8
Banano	Brasil	7.0	Ecuador	3.4	India	3.2	36.4
Carne	Estados Unidos	10.7	URSS	6.4	Argentina	2.2	42.2

Fuente: FAO 1975. Anuario Estadístico de Producción. Vol. 28-1.

Cuadro 3. Producción de yuca (1.000 toneladas métricas) en países de América Latina. Total para Africa, Asia, Oceanía, América Latina y total mundial, 1964 - 1974.*

País	1964	1974
Brasil	24356	24715
Colombia	700	1320
Paraguay	1449	1109
Perú	497	485
Ecuador	189	424
Argentina	240	299
Venezuela	312	293
Bolivia	150	270
Cuba	200	234
República Dominicana	153	205
Haití	120	144
Honduras	16	44
Panamá	45	40
Nicaragua	12	18
El Salvador	8	15
Jamaica	8	15
Costa Rica	7	10
Guatemala	3	7
Puerto Rico	6	5
Guayana Francesa	6	4
Totales		
Africa	20727	43473
Asia	18978	29638
Oceanía	113	217
América Latina	28502	29656
Total PPY**	68320	102984

*/ Se excluye Barbados, Trinidad-Tobago, Guadalupe, Martinica, Surinam y Guyana, por no presentar información en algunos períodos.

**/ Total Países Productores de Yuca.

Fuente: FAO 1975. Anuario Estadístico de Producción, Vol. 29.

Cuadro 4. Area sembrada con yuca (1.000 hectáreas) en países de América Latina. Total para Africa, Asia, Oceanía, América Latina y Total mundial, 1964 - 1974.*

País	1964	1974
Brasil	1716	1989
Colombia	125	165
Paraguay	103	80
Ecuador	24	49
Venezuela	25	40
Perú	50	38
Cuba	30	35
Haití	30	34
Argentina	21	23
Bolivia	9	21
República Dominicana	15	20
Honduras	5	6
Panamá	6	5
Nicaragua	3	4
Guatemala	1	3
Jamaica	3	2
Costa Rica	3	2
El Salvador	1	1
Puerto Rico	2	1
Guayana Francesa	1	1
Totales		
Africa	3461	5636
Asia	2228	2853
Oceanía	10	20
América Latina	2174	2519
Total PPY**	7873	11028

*/ Se excluyen Surinam, Barbados, Guadalupe, Martinica, Trinidad-Tobago y Guyana, por no presentar información en algunos períodos.

**/ Total Países Productores de Yuca.

Fuente: Ver Cuadro 1.

Cuadro 5. Rendimiento promedio de yuca (ton/ha) en países de América Latina. Total para Africa, Asia, Oceanía, America Latina. Total mundial, 1964 - 1974.*

País	1964	1974
El Salvador	8.0	15.0
Paraguay	14.1	13.9
Argentina	11.4	13.0
Bolivia	16.6	12.9
Perú	9.9	12.8
Brasil	14.2	12.4
República Dominicana	10.2	10.2
Ecuador	7.8	8.6
Panamá	7.5	8.0
Colombia	5.6	8.0
Jamaica	2.6	7.5
Venezuela	12.0	7.3
Honduras	3.2	7.3
Cuba	6.6	6.7
Costa Rica	2.3	5.0
Puerto Rico	3.0	5.0
Nicaragua	4.0	4.5
Haití	4.0	4.2
Guayana Francesa	6.0	4.0
Guatemala	3.0	2.3
Totales		
Africa	5.9	7.7
Asia	8.5	10.4
Oceanía	11.3	10.4
América Latina	13.1	11.7
Total PPY**	8.7	9.3

*/ Se excluyen Surinam, Barbados, Guadalupe, Martinica, Trinidad-Tobago y Guyana, por no presentar información en algunos períodos.

**/ Total Países Productores de Yuca.

Rendimiento promedio estimado en base a la información de producción y área, con datos tomados de FAO, 1975. Anuario Estadístico de Producción, Vol. 29.

Cuadro 6. Países que presentan una producción de yuca (1.000 toneladas métricas) con un equivalente mínimo del 1 por ciento de la producción mundial, 1974.

País	Producción	Porcentaje de la producción mundial
Brasil (América Latina)	24715	24
Indonesia (Asia)	13775	11
Nigeria (Africa)	10000	10
Zaire (Africa)	8879	9
India (Asia)	6421	6
Tailandia (Asia)	6240	6
Burundi (Africa)	4000	4
Tanzania (Africa)	3500	3
Mozambique (Africa)	2400	2
Ghana (Africa)	1770	2
Angola (Africa)	1640	2
Madagascar (Africa)	1378	1
Colombia (América Latina)	1320	1
Paraguay (América Latina)	1109	1
Rep. Centro Africana (Africa)	1100	1
Sudán (Africa)	1100	1
Uganda (Africa)	1100	1
Total PPY*	102984	100

*/ Total Países Productores de Yuca

Fuente: FAO. Anuario Estadístico de Producción, Vol 29.

Cuadro 7. Sistemas de cultivos en algunos países que presentan una producción de yuca por encima del 1 por ciento de la producción mundial , 1974.

País	Tipo de cultivo
Brasil[a/] (América Latina)	1. Monocultivo. Siembras comerciales para uso industrial. 2. Cultivos intercalados con maíz, sorgo y fríjol en la mayoría de las granjas familiares del nordeste.
Nigeria[b/] (Africa)	1. Monocultivos 2. Cultivos de palma africana asociados con yuca (la yuca se convierte en maleza).
Indonesia[c/] (Asia)	1. Monocultivo. El 92% de los cultivadores. 2. Intercalado. El 58% de los cultivadores, principalmente maíz (la mitad), legumbre o cultivos anuales u otros cultivos.
India[d/] (Asia)	1. Monocultivo. Siembras comerciales. 2. Asociación de yuca con otros cultivos, la mayoría producida por pequeños cultivadores. 3. Una proporción baja se siembra bajo la sombra de palma de coco.
Tailandia[e/] (Asia)	1. Monocultivo. La mayoría de los cultivos comerciales. 2. Asociado con plantaciones jóvenes de caucho, sobre todo en el sur.
Chana[b/] (Africa)	1. Monocultivo. 2. La mayoría son parcelas de yuca asociadas con maíz.
Colombia[f/] (América Latina)	1. Monocultivo. El 68% del área sembrada. 2. Yuca, maíz, el 13% del área sembrada. 3. Yuca, fríjol, plátano, café o ajonjolí, 19% del área sembrada.
Paraguay[g/] (América Latina)	1. La mayoría de los cultivadores del país siembran yuca en pequeñas parcelas acompañadas de otros cultivos.
Uganda[b/] (Africa)	1. Monocultivo. Pequeña escala. 2. La mayoría es yuca asociada con otros cultivos.
Camerún[b/] (Africa)	1. Monocultivo. Pequeña escala. 2. La mayoría de yuca asociada con otros cultivos.
Togo[b/] (Africa)	1. La mayoría son parcelas de yuca asociadas con legumbres, maíz, arroz, sorgo.
Perú[h/] (América Latina)	1. La mayoría son granjas familiares de pequeñas parcelas de yuca. 2. Ocasionalmente la yuca se siembra asociada con maíz ó plátano.
Filipinas[i/]	1. La mayoría de la yuca se siembra intercalada con palma de coco o con maíz.

(Cuadro 7., continuación)

a/ Toro, J.C. 1977. Información personal, CIAT, Colombia.

b/ Terry, E.R. and MacIntyre (ed). The International Exchange and testing of Cassava Germ Plasm. Proceedings of an interdisciplinary worhshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17-21. November 1971. IDRC. 063e. Ottawa , 59 p.

c/ Poespodarsono, S.A. Winarno and P. Wijoyo. 1976. Survey on Mukibat Cassava in East Java In: Nugroho, H(ed) Brawijaya University, Malang, Indonesia. IDRC. Ottawa, p.3

d/ Home, A. 1974. Tapioca. A case study of India with particular reference to Kerala. In: Phillips, T.P. Cassava utilization and potential markets. IDRC. 020e. Ottawa, Canada, 107-125 p.

e/ Boonsue, B. and S. Sinthuprama 1975. Thailand In: Nestel B. and R. MacIntyre. International Exchange and Testing of cassava Germ Plasm. Proceedings of an interdisciplinary work-shop held at CIAT, Palmira, Colombia, 4-6 February 1975. IDRC. 049 e. p. 26-28.

f/ Díaz, R.O. y P. Pinstrup-Andersen, 1974. Descripción Agroeconómica del proceso de cultivar yuca en Colombia. CIAT, Palmira, Colombia (impress).

g/ Belloti, A. 1977. Información personal, CIAT. Colombia.

h/ Rosas, J.C., 1975. Perú. In: Nestel B., and R. MacIntyre (ed). International Exchange and Testing of cassava Germ Plasm. Proceedings of an interdisciplinary workshop held at CIAT, Palmira, Colombia, 4-6 February 1975. IDRC. 049e. p. 15-16.

i/ Carpena, A.L., and D.P. Baldos 1975. Phillipines. In: Nestel, B. and R. MacIntyre (ed). International Exchange and Testing of cassava Germ Plasm. Proceedings of an interdisciplinary workshop held at CIAT, Palmira, Colombia, 4-6 February 1975. IDRC. 049e. p. 23-24.

Cuadro 8. Producción percapita/año de algunos productos agropecuarios importantes en los países productores de yuca en el mundo, 1974.*

Región	Trigo	Cebada	Fríjol Seco	Maíz	Arroz	Caña Azúcar	Papa	Yuca	Algodón (fibra)	Sorgo	Soya	Café	Banano	Carne
A.L.[a/]	38.39	3.58	11.86	132.63	44.67	1039.21	35.41	123.27	16.57	31.74	36.25	12.22	77.85	24.33
AS.[b/]	33.61	13.07	2.88	26.12	138.45	135.35	24.67	16.94	5.96	5.98	7.23	0.19	5.41	1.14
AF.[c/]	1.97	0.10	4.19	37.45	18.93	64.81	4.75	174.79	7.50	32.40	0.29	4.59	17.57	4.75
OC.[d/]	f/	f/	f/	1.41	6.48	730.22	1.13	61.11	f/	1.13	f/	11.16	246.97	2.53
TPPY.[e/]	30.56	10.59	4.00	38.76	114.93	225.44	23.58	45.92	7.27	11.67	9.57	1.98	14.92	4.04

a/ América Latina

b/ Asia

c/ Africa

d/ Oceanía

e/ Total Países Productores de Yuca

f/ Dato no disponible.

*/ Indice estimado en base a datos de producción y población.

Cuadro 9. Población (1000 personas) en países productores de yuca en América Latina. Total para Africa, Asia, Oceanía, América Latina y total mundial. 1964 - 1974.*

País	1964	1974
Brasil	80216	106659
Colombia	18086	25088
Argentina	21869	25051
Perú	11124	14887
Venezuela	8818	11862
Cuba	7646	9285
Ecuador	4929	6867
Guatemala	4475	5952
Bolivia	4148	5275
República Dominicana	3588	4951
Haití	3888	4483
El Salvador	2857	3983
Honduras	2141	2933
Puerto Rico	2580	2868
Paraguay	1965	2572
Nicaragua	1653	2243
Jamaica	1742	1999
Costa Rica	1445	1940
Panamá	1223	1631
Guayana Francesa	39	58
Totales		
Africa	192481	248709
Asia	1418673	1749642
Oceanía	2975	3551
América Latina	184432	240587
TPPY**	1798381	2242489

*/ Se excluyen Barbados, Trinidad-Tobago, Guyana, Surinam, Martinica y Guadalupe, por no presentar información en algunos períodos.

**/ Total Países Productores de Yuca.

Fuente: FAO 1975. Anuario Estadístico de Producción, Vol. 29.

Cuadro 10. Producción de yuca percapita/año (kilogramos) en países de América Latina. Total para África, Asia, Oceanía, América Latina. Total para países productores de yuca, 1964 - 1974*.

País	1964	1974
Paraguay	737.40	431.18
Brasil	303.63	231.72
Guayana Francesa	153.85	68.97
Ecuador	38.34	61.74
Colombia	38.70	52.61
Bolivia	36.16	51.18
República Dominicana	42.64	41.41
Perú	44.68	32.58
Haití	30.86	32.12
Cuba	26.16	25.20
Venezuela	35.38	24.70
Panamá	36.79	24.52
Honduras	7.47	15.00
Argentina	10.97	11.94
Nicaragua	7.26	8.02
Jamaica	4.59	7.50
Costa Rica	4.84	5.15
El Salvador	2.80	3.77
Puerto Rico	2.33	1.74
Guatemala	0.67	1.18
Totales		
Africa	107.68	174.79
Asia	13.38	16.94
Oceanía	40.43	61.11
América Latina	154.54	123.27
Total PPY**	37.99	45.92

*/ Se excluyen Barbados, Guyana, Guadalupe, Martinica, Surinam y Trinidad-Tobago, por no presentar información en algunos períodos.

**/ Total Países Productores de Yuca.

Indice estimado en base a datos de producción, Cuadro 2 y Población, Cuadro 8.

Cuadro 11. Producción de yuca percapita/año (kilogramos) para países que presentan un índice por encima de la producción percapita mundial, 1974.*

Países	Producción percapita (kgr.)	Indice de producción percapita
Burundi (Africa)	1009,51	2198,41
Rep. Centro Africana (Africa)	627,85	1367,27
República del Congo (Africa)	462,65	1007,51
Paraguay (América Latina)	431,18	938,98
Zaire (Africa)	371,72	809,49
Togo (Africa)	343,09	747,15
Islas Comoras (Africa)	335,57	730,77
Gabón (Africa)	326,30	710,58
Mozambique (Africa)	265,81	578,85
Tonga (Oceanía)	265,31	577,77
Angola (Africa)	264,35	575,68
Benin (Africa)	240,72	524,22
Tanzania (Africa)	233,80	509,15
Brasil (América Latina)	231,72	504,60
Madagascar (Africa)	177,01	385,47
Nigeria (Africa)	163,35	355,73
Fijí (Oceanía)	157,24	342,42
Liberia (Africa)	155,97	339,66
Tailandia (Asia)	153,19	333,60
Guinea Ecuatorial (Africa)	150,82	328,44
Costa de Marfil (Africa)	131,27	285,87
Camerún Oriental y Occ. (Africa)	127,43	277,50
Indonesia (Asia)	103,93	226,33
Uganda (Africa)	99,84	217,42
Guinea (Africa)	97,47	212,26
Ruanda (Africa)	88,08	191,81
Guayana Francesa (América Latina)	68,97	150,20
Sudán (Africa)	62,11	135,26
Ecuador (América Latina)	61,74	134,45
Kenia (Africa)	58,51	127,42
Malasia Sawak (Asia)	55,12	120,03
Islas del Pacífico (Oceanía)	52,63	114,61
Colombia (América Latina)	52,61	114,57
Sri Lanka (Asia)	51,76	112,72
Bolivia (América Latina)	51,18	111,45
Total Países Productores de Yuca	45,92	100.

*/ Indice estimado en base a la información de producción y población en: FAO 1975: Anuario Estadístico de Producción. Vol. 29.

Cuadro 12. Disponibilidad aparente de calorías percapita/día de algunos productos agropecuarios importantes en Países Productores de Yuca. 1974.*

Región	Trigo (3290)[f]	Cebada (3122)	Fríjol seco (3020)	Maíz (3460)	Arroz (3570)	Papa (800)	Yuca (1220)	Sorgo (3450)	Soya (4500)	Banano (1000)	Disponibilidad de kilocalorías totales	% g/
A.L. a/	342,34	30,28	98,13	1243,99	432,31	76,80	407,91	296,89	442,11	211,04	3601,80	100
AS. b/	302,50	111,62	23,83	247,22	1352,39	54,01	56,55	56,52	89,14	14,82	2308,60	88,79
AF. c/	17,76	0.86	34,50	353,68	184,47	10,37	582,09	305,11	3,58	47,97	1540,39	59,25
OC, d/	h/	h/	h/	12,89	60,93	2,37	196,60	10,21	h/	666,19	949,19	36,51
TPPY e/	274,74	90,41	33,01	366,48	1121,08	51,53	153,12	110,02	117,62	40,79	2358,80	90,72

a/ América Latina

b/ Asia

c/ Africa

d/ Oceanía

e/ Total Países Productores de Yuca

f/ Las cifras dentro de los parentesis corresponden a las kilocalorías promedias contenidas en 1 kgr, de materia comestible para cada producto

g/ Disponibilidad en % de las necesidades considerando 2.600 kilocalorías como un promedio de requerimiento calórico percapita/día.

h/ Dato no disponible.

*/ Cifras estimadas multiplicando los datos de la producción percapita/día del Cuadro 7 por los factores presentados entre paréntesis. Este resultado se divide por 365 días del año.

Cuadro 13. Disponibilidad aparente de calorías percapita/día a partir de yuca en Países de América Latina. Total para Africa, Asia, Oceanía, América Latina. Total Mundial, 1974,*.

Países	Disponibilidad aparente de calorías percapita/día. a/	Porcentaje de los requerimientos calóricos. b/
Paraguay	1.441,20	55
Brasil	774,52	30
Guayana Francesa	230,53	9
Ecuador	206,36	8
Colombia	175,85	7
Bolivia	171,07	7
República Dominicana	138,41	5
Haití	107,36	4
Perú	108,90	4
Venezuela	82,56	3
Cuba	84,23	3
Panamá	81,96	3
Honduras	50,14	2
Argentina	39,91	2
Nicaragua	26,81	1
Jamaica	25,07	1
Costa Rica	17,21	1
El Salvador	12,60	0
Puerto Rico	5,82	0
Guatemala	3,94	0
Totales		
Africa	372,48	14
Asia	44,92	2
Oceanía	33,63	1
América Latina	412,03	16
Total Países Productores de Yuca	120,50	5

*/ Se excluyen Barbados, Guyana, Guadalupe, Martinica, Trinidad-Tobago y Surinam, por no presentar información en algunos períodos.

a/ 1 Kilogramo de yuca fresca equivale a 1,2 megacalorías digestibles. En: Maner, J.H., J. Buitrago, R. Portela e I. Jiménez 1972. La yuca en la alimentación de cerdos. ICA. CIAT. (Impress) p.3

b/ 2,6 megacalorías como un promedio de requerimientos calóricos percapita/día. En: National Livestock and Meat Board. 1965. Lessons on meat. Chicago, Illinois. p. 27.

Cuadro 14. Relación entre la disponibilidad aparente de proteína percapita/día en gramos y la disponibilidad aparente de calorías parcapita/día a partir de la yuca en países de América Latina.

Países	Disponibilidad aparente de proteína percapita/día (gr.) a/	Indice b/	Disponibilidad aparente de calorías percapita/día c/	Indice d/
Argentina	95	144,40	39,91	10,40
Paraguay	70	106,90	1441,20	362,43
Nicaragua	69	104,88	26,81	6,74
Brasil	67	101,84	774,52	194,77
Jamaica	67	101,84	25,07	6,30
Costa Rica	63	95,76	17,21	4,33
Cuba	63	95,76	84,23	21,18
Panamá	62	94,24	81,96	20,61
Venezuela	62	94,24	82,56	76,00
Perú	62	94,24	108,90	27,39
Guatemala	58	88,16	3,94	0,99
Honduras	53	80,53	50,14	12,61
El Salvador	51	77,52	12,60	3,17
Colombia	50	76,00	175,85	44,22
República Dominicana	50	76,00	138,41	34,81
Bolivia	47	71,44	171,07	43,02
Ecuador	43	65,36	206,36	51,89
Haití	39	59,28	107,36	27,00

a/ U.S.D., ERS. F.D.C.D. Working Paper. Agriculture in the Americas. Statistical Data, April 1976.

b/ (Promedio América Latina 66 gr.) = 100

c/ Los mismos datos del Cuadro 9.

d/ (Promedio América Latina 397.65 kilocalorías) = 100

Cuadro 15. Colombia - Aerea sembrada con yuca, producción y rendimiento. 1955 - 1974.

Años	AREA (1.000 Has	Indice*	PRODUCCION (1.000 Tons. métricas	Indice*	RENDIMIENTO Tons/ Ha.	Indice*
1955	111	98,2	633	82,4	5,7	83,8
1956	110	97,3	682	88,8	6,2	91,2
1957	109	96,5	687	89,4	6,3	92,6
1958	113	100,0	768	100,0	6,8	100,0
1959	115	101,8	748	97,4	6,5	95,6
1960	100	88,5	650	84,6	6,5	95,6
1961	98	86,7	539	70,2	5,5	80,9
1962	108	95,6	734	95,6	6,8	100,0
1963	112	99,1	773	100,7	6,9	101,5
1964	102	90,3	561	73,0	5,5	80,9
1965	127	112,4	864	112,5	6,8	100,0
1966	129	114,2	890	115,9	6,9	101,5
1967	115	101,8	794	103,4	6,9	101,5
1968	118	104,4	814	106,0	6,9	101,5
1969	134	118,6	965	125,6	7,2	105,9
1970	148	131,0	1095	142,6	7,4	108,8
1971	145	128,3	754	98,2	5,2	76,5
1972	155	137,2	961	125,1	6,2	91,2
1973	165	146,0	1320	171,8	8,0	117,6
1974	165	146,0	1320	171,8	8,0	117,6

*/ Indice: 1958 = 100

Fuente: DANE. B ol. Mensual de Estadística. Area y Rendimiento No. 276, Julio 1974.

Area, Rendimiento y Producción, 1973 y 1974. Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas.

Cuadro 16. Precios de Yuca en Colombia, 1955 - 1972.

Años	PRECIOS CORRIENTES		PRECIOS CONSTANTES	
	Pesos/Ton[1]	Indice 1958 = 100	Pesos/Ton[2]	Indice 1958 = 100
1955	193	96,5	84,5	152,5
1956	198	99,0	80,0	144,4
1957	215	107,5	69,9	126,2
1958	200	100,0	55,4	100,0
1959	250	125,0	63,2	114,1
1960	303	151,5	73,0	131,8
1961	378	189,0	86,1	155,4
1962	338	169,0	75,0	135,4
1963	398	199,0	69,9	126,2
1964	755	377,5	112,9	203,8
1965	658	329,0	90,9	164,1
1966	691	345,5	80,9	146,0
1967	795	397,5	87,6	158,1
1968	955	477,5	98,5	177,8
1969	891	445,5	86,6	156,3
1970	891	445,5	79,7	143,9
1971	1361	680,5	109,1	196,9
1972	1467	733,5	101,2	182,7

1/ Boletín Mensual de Estadística, DANE. No. 227, Agosto de 1974

2/ Precios corrientes deflactados por el índice de precios a nivel mayorista reportados por el Banco de la República.

REFERENCIAS

AGROINDUSTRIAL MONAGAS, C.A. 1977. Estado de Monagas, Venezuela. Folleto.

ARIAS, C., Venezuela 1975. In: Nestel B., and R. MacIntyre. International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm. Canada. IDRC. p. 13-14.

BELLOTI, A. 1977. Información personal, CIAT. Colombia.

BOONSUE, B., and Sinthuprama 1975. Thailand. In: Nestel B. R. MacIntyre. International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm. Canada. IDRC. p. 13-14.

BUITRAGO, J.A., J.H. Maner y G.G. Gómez 1974. Producción de cerdos en América Latina. Versión Preliminar del Capítulo "Alimentación de Orígen Animal" en el libro "Proteínas y América Latina" que será publicado próximamente por el INCAP de Guatemala. CIAT, Cali, Colombia. p. 33.

DIAZ, R.O. y Per Pinstrup-Andersen (ed) 1973. Descripción Agroeconómica del proceso de cultivar yuca en Colombia. CIAT, Cali, Colombia. (impress).

FAO 1975. Anuario Estadístico de Producción. Vol. 29.

FIRMAN, Manurung 1974. Technology of cassava chips and pellets processing in Indonesia, Malaysia and Thailand, p. 89-112. In: Cassava processing and storage: proceedings of and interdisciplinary workshop, Pattaya. Thailand, 17-19. April 1974. I nt. Develop. Res. Centre IDRC. 031e.

FUMAGALLI, A. 1975. Guatemala. In: Nestel B., and R. MacIntyre. International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm. Canada: IDRC. p. 13-14.

GOMEZ, G.G. 1977. Progresos en la investigación sobre la utilización de yuca como alimento para porcinos. Serie SE-04-77. CIAT, Colombia. p. 19-23.

GUTIERREZ, N. y J. Buitrago 1974. Cálculo de raciones de mínimo Costo para cerdos en zonas tropicales. Serie ES No. 4. CIAT, Colombia, p.15.

KNIGHT, J.W. 1974. Speciality food starches , p. 77-87. In: Cassava processing and storage: proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 17-19. April 1974. Int. Develop. Res. Centre IDRC. 031e.

LOZANO, J.C. and R.H. Booth 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS. 20-30-59.

NESTEL, Barry L. 1974. Current trends in cassava Research. IDRC. 036e. Ottawa, p. 32.

PHILLIPS, Truman P. 1974. World market prospects for cassava and its products. p. 13-19. In cassava processing and storage: proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 17-19 April 1974. Int. Develop. Res. Centre IDRC. 031e.

PINSTRUP-ANDERSEN, P., N. de Londoño y E. Hoover 1976. The impact of increasing food supply on humman nutrition. Implication for comodities priorities in agricultural research and policy. American Journal of Agricultural Economics. 58 (2) May 1976. p. 131-142.

ROSAS, J.C. 1975. Perú. In: Nestel B., and R. MacIntyre (ed). Internatio nal Exchange and Testing of cassava Germ Plasm. Canada: IDRC. p. 13-14.

SANDERS, J.H. y C. Alvarez 1977. Tendencias en la producción de Fríjol En América Latina. Edición Preliminar, CIAT, (impress).

TERRY, E.R. and R. MacIntyre (ed). 1975. The international Exchange and Testing of cassava Germ Plasm. Proceedings of an interdisciplinary workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria, 17-21. November 1971. IDRC. 063e. Ottawa, 59 p.

VARON, U. y H. Luzuriaga 1975. Descripción Agroeconómica del proceso de producción de yuca en el Ecuador. INIAP, Quito. (Mimeo). p. 50.

POTENCIAL FUTURO E INVESTIGACION NECESARIA PARA EL INCREMENTO DE LA YUCA [1]

James H. Cock *
John K. Lynam

Introducción

A pesar del éxito logrado con las nuevas variedades enanas de trigo y arroz en los países en desarrollo a mediados de 1960, existe todavía pesimismo sobre la posibilidad de autoabastecimiento en el mundo especialmente en los países subdesarrollados. La producción de alimentos se incrementó a una tasa de 2 a 3 por ciento por año, en el período comprendido entre 1961-1965 (Wortman 1976), sin embargo, la producción per cápita de alimentos en los países en desarrollo ha disminuído anualmente de 0.7 % en los años 60, a 0.3 % de 1970 a 1976 (FAO 1977). Las tasas de crecimiento en producción per cápita de cereales disminuyó de 1.1 a 0.4 % en el mismo período, a pesar de que los años 70 fueron el período de mayor expansión en el área sembrada de variedades enanas de arroz y trigo (FAO 1977 Dairymple 1978), dado un incremento sustancial en los ingresos per cápita de los países en vía de desarrollo, la producción de alimentos, no ha podido mantener una demanda efectiva resultando en un 86% de aumento en importaciones de grano dentro de mercados de los países subdesarrollados en el período 1970-1976 (IFPRI 1977).

Aunque la producción agrícola de los países desarrollados ha servido como un amortiguador en los períodos en los cuales la producción de alimentos en los países en vía de desarrollo ha disminuído, el balance en las restricciones de pago, las fallas en los sistemas de distribución de alimentos y las conveniencias económicas y políticas para llegar a ser autosuficientes en la producción de alimentos, ha movido a los países en desarrollo a buscar sus propias formas de satisfacer la demanda. Sin embargo, la habilidad del mundo en desarrollo para alcanzar esta meta, no solamente ha sido insuficiente, sino que, está encarando un mayor número de problemas. La relación tierra/mano de obra, continúa en incremento y la habilidad de los países subdesarrollados para absorver productivamente más mano de obra en el sector agrícola, está llegando a ser limitada; esto se debe a la escasez de tierras cultivables en la mayoría de los países del Asia y del cercano oriente; a las restricciones institucionales en América Latina y a las restricciones tecnológicas en el Africa.

Incrementar la productividad de la tierra especialmente en las áreas de alta precipitación parece ser esencial para generar mayor producción de alimentos. Incrementar la productividad de la mano de obra

---

* Fisiólogo Lider, y Economista del Programa de Yuca del CIAT respectivamente.

1 Traducido de: Cassava: Future Potential and development needs. Programa de Yuca, CIAT 1980.

es crítica por razones de tipo social; sin embargo, alta producción y sobrantes agrícolas, se ven cada vez más reducidos por el incremento en los precios de los insumos agrícolas especialmente aquellos que dependen del petróleo para su manufacturación; por lo tanto, altas producciones deben provenir de un muy eficiente uso de fertilizantes especialmente nitrogenados y herbicidas, insecticidas y fungicidas cuya base es el petróleo.

Como consecuencia del éxito de las variedades enanas, la agricultura se ha encargado de algo más que satisfacer el abastecimiento de alimentos en el mundo. El desarrollo agrícola ha tomado en consideración la distribución equitativa como parte de sus objetivos de crecimiento. Estas metas que sirvieron de base de la revolución verde fueron una respuesta a las siguientes evidencias empíricas: Dentro de los 1.9 billones de personas en los países subdesarrollados, 700 millones vivían al borde de la pobreza, 480 a 500 millones sufrían un severo grado de desnutrición proteica/energética y 300 millones estaban sin empleo o subempleados (SCHUH 1978). Una muy alta proporción de los problemas de pobreza tenían sus raíces en el sector agrícola; por lo tanto, el énfasis fue puesto en el papel que la agricultura podría jugar para aliviar este tipo de problemas.

El sector agrícola en los países subdesarrollados se enfrenta a las siguientes tareas:

1. Para satisfacer las demandas de mercado, la producción de alimentos debe incrementar de 3 a 4.2% por año (IFPRI 1977).

2. Para satisfacer las mínimas necesidades nutricionales del total de la población, la producción de alimentos, debería incrementarse a una tasa que varía entre 5.4 a 6.3% por año (IFPRI 1977).

3. Para lograr un verdadero efecto en el empleo rural y mejorar el nivel de vida de la mayoría de la población rural, la mayor proporción de este incremento debería provenir de áreas irrigadas y una gran proporción del sector de pequeñas fincas tendrán que tener acceso a las actividades que producen altos ingresos.

4. Este incremento en la producción de alimentos debe venir principalmente de las áreas con alta precipitación. Debe estar basado principalmente en incrementos de rendimiento y eficiencia en el uso de áreas marginales y requerirá un uso muy eficiente de los escasos recursos agrícolas disponibles. Si los objetivos de crecimiento agrícola y distribución equitativa en los países en vía de desarrollo deben cumplirse, es definitivo desarrollar nuevas tecnologías para los trópicos.

Los planificadores nacionales y administradores de programas internacionales de agricultura han puesto su mayor interés en la generación de tecnologías para la producción de cereales como una primera estrategia para incrementar la producción de alimentos (por ejemplo: Wotman y Cumming 1978, IFPRI 1978), basados en la importancia actual de los cereales en los presupuestos nacionales de alimentos. Esto parecería ser una buena estrategia; sin embargo, esta política ha desviado el interés a favor de los cereales como la solución única, en vez de ser tratada como una solución potencial dentro de muchas otras. Así por ejemplo,

los gastos de investigación en porcentaje del valor total de la producción en Asia en 1975 fue 0.12% para arroz, 0.8% para sorgo, 0.23% para frijol, 0.12% para maíz, mientras que, para raíces y tubérculos fue 0.03%, el porcentaje más bajo para cualquier producto excepto banano (Evenson 1978). El aporte del CGIAR para la investigación en yuca en 1978, es solamente el 2% del total del presupuesto para investigaciones, mientras que el 5% de las calorías consumidas en los países con deficiencia de alimentos provienen de la yuca (CGIAR 1977). La preferencia en la localización de los recursos de investigación agrícola, han enfocado las políticas de alimentos pricipalmente hacia expander el cultivo de los principales cereales. Dadas las necesidades actuales en el desarrollo agrícola y como se mencionó anteriormente, una política estrictamente favorables para los cereales es muy estrecha especialmente si se compara con el potencial sustancial de los cultivos de raíces y tubérculos; este documento tratará de remarcar el potencial de la yuca en el desarrollo agrícola de los trópicos y necesidades para desarrollar este potencial.

Producción potencial de la yuca y desarrollo de necesidades

Situación actual y potencial:

Phillips (1974) estimó que para 1980 la yuca proveería aproximadamente 37, 12 y 7% del consumo de calorías en las áreas tropicales del Africa, América y Asia, respectivamente. La mayor parte de esta producción de yuca proviene en los suelos agrícolas más marginales con prácticamente ninguna aplicación de fertilizantes o insecticidas. Muchas de estas áreas de producción tienen períodos prolongados de sequía, por ejemplo, hasta 6 meses en el noroeste del Brasil y todavía la irrigación se usa muy esporádicamente. Sin embargo, los rendimientos promedio en el mundo están cerca de las 10 toneladas por hectárea por año, que si se convierten a materia seca con un porcentaje del 14% de humedad son del orden de las 4 ton/ha. por año. Estas figuras se comparan muy favorablemente con los rendimientos de granos de las áreas no irrigadas y con una prolongada estación de sequía, porque solamente se puede producir una cosecha de cereales por año en las áreas de mejores suelos, utilizando insumos tales como, insecticidas, fertilizantes y fungicidas. Como la yuca ha recibido muy poca atención de los científicos, estos rendimientos actuales han sido obtenidos usando variedades locales y prácticas agronómicas tradicionales, y los rendimientos actuales están muy por debajo del potencial que el cultivo pueda tener.

El rendimiento potencial de la yuca bajo condiciones agronómicas excelentes es tremendo. De Vries *et al* (1967), Coursey y Haynes (1970) compararon diferentes cultivos y vieron que la yuca era potencialmente uno de los cultivos más eficientes como productores de carbohidratos dentro de los cultivos alimenticios. Datos recientes del CIAT han mostrado que se pueden obtener rendimientos hasta de 28 ton. de materia seca por ha/año, en campos experimentales bajo condiciones de moderados niveles de radiación, pero con buena distribución de lluvias y alta fertilización (CIAT 1978). Cock (1974), Cock *et al* (1979), han sugerido que bajo condiciones similares se puede esperar un rendimiento máximo de aproximadamente 30 ton/ha/año de materia seca.

Estas predicciones de rendimiento, son basados en condiciones cerca a los ideales para el crecimiento de la planta de yuca, sin embargo, el potencial para expander el cultivo parece estar más hacia las áreas marginales para la agricultura.

Las mejores áreas de producción agrícola tienden a especializarse en productos de mayor valor, por ejemplo, productos exportables y granos, los cuales tienen una historia más larga en investigación para incrementar rendimientos, mercados bien desarrollados y generalmente una política gubernamental de precios bien articulada. La yuca, como una regla general no es tan rentable en esas áreas y generalmente conlleva mayores riesgos en el mercadeo. La ventaja comparativa de la yuca por lo tanto, está en las áreas marginales donde debido a una mejor adaptación a condiciones extremas comparada con otros cultivos alternativos, la yuca llega a ser uno de los más rentables; la yuca tiene la ventaja potencial de producir calorías más baratas en áreas marginales improductivas, debido al bajo precio de las tierras y a su mejor adaptación a las condiciones ambientales extremas y a su bajo costo de producción por unidad de producto.

Edward (1976) concluyó que "muchos de los aspectos que podrían estar asociados con la adaptación de la yuca a las áreas de baja fertilidad y alta acidez, ya han sido identificados". En CIAT-Quilichao, lugar que tiene una buena distribución de lluvias, pero un pH de 4.2 y baja fertilidad se obtuvieron 27 ton/ha. aplicando solamente 0.5 ton/ha de cal sin fertilización ni uso de fungicidas o insecticidas excepto los que usaron en el tratamiento de las estacas con un costo de 4 dólares por ha; y 52 ton/ha de raíces frescas cuando se aplicó 1 ton/ha de 10.20.20. (Toro, comunicación personal, CIAT 1978). Estos datos sugieren que la yuca se adapta bien para producir carbohidratos en las áreas de suelos infértiles y ácidos de los trópicos. Estos suelos existen en una extensión de 760,650 y 250 millones de héctáreas en América tropical, Africa y Asia respectivamente y aproximadamente la mitad está disponible para la producción de cultivos o pastos (1976). Aparte del incremento en rendimiento de las áreas donde la yuca se siembra actualmente hay, un gran potencial para incrementar el cultivo en las áreas marginales. Sin embargo, los rendimientos no están restringidos solamente por condiciones de baja fertilidad del suelo, sino también por la disponibilidad del agua, las pérdidas causadas por las malezas los insectos y las enfermedades. La yuca no tiene un período crítico como es por ejemplo, el período de floración en los cereales y su ciclo vegetativo es largo; estos factores favorecen la planta de yuca para resistir períodos de stress y recuperarse fácilmente cuando el stress ha sido causado por insectos, por enfermedades o por deficiencia de agua. El período más crítico es el establecimiento donde la falta de agua, o un severo ataque de insectos, o la competencia de malezas pueden recudir bastante los rendimientos. (Piedrahita 1976).

Aunque la yuca se recupera fácilmente después de un ataque de enfermedades o de insectos, una presión continua de estos tienden a reducir los rendimientos (Codk 1978). Sin embargo, por ser la yuca un cultivo de ciclo vegetativa largo y reproducirse vegetativamente, ha desarrollado clones locales con una alta resistencia de campo a las enfermedades e insectos prevalentes en el área bajo cultivo (Lozano et al). Esto conlleva a mantener una relativa estabilidad de rendimientos para las variedades locales, pero también significa que debe tenerse mucho

cuidado cuando se introducen nuevas variedades, para asegurar que éstas tienen una adecuada tolerancia a las enfermedades e insectos. El mantenimiento de un alto rivel de resistencia de campo en las nuevas variedades implica un bajo uso de insecticidas para maximizar los rendimientos en yuca.

El manejo de cultivo es crítico, observaciones recientes en la costa norte de Colombia, en una área marginal, han mostrado que cuando los agricultores usan sus variedades locales, pero mejorando sus prácticas culturales, pueden incrementar los rendimientos de 7.1 ton/ha a 12.1 ton/ha con un mínimo de insumos adicionales (4 US$/ha) (Lynan 1979). El potencial de la combinación de éstas prácticas mejoradas con la selección de variedades provenientes de un programa de mejoramiento parece ser enorme.

En resumen, la yuca tiene el potencial de producir altos rendimientos en calorías a bajo costo en condiciones relativamente marginales de producción con un mínimo de incremento en insumos. Por lo tanto, puede ser una buena solución para el desarrollo agrícola de los países tropicales como se dijo al principio de esta sección. Cuáles son por lo tanto los estimativos reales del potencial del cultivo?. Tomándonos la libertad de especular podríamos estimar que los siguientes niveles de producción son posibles sin cambios muy drásticos en los métodos de producción: Bajo condiciones de alta fertilidad con períodos no muy pronunciados de sequía, pueden ser posibles las producciones comerciales de yuca fresca de más de 35 ton/ha/año; bajo condiciones de moderada fertilidad y hasta 4 meses de períodos secos, rendimientos de alrededor 25-30 ton/ha y en las condiciones de suelos ácidos e infértiles 25-30 ton/ha, pueden ser alcanzadas sino existe un período de sequía, pero con tres a cuatro meses de sequía los rendimientos podrían ser de 15 a 25 ton/ha (Tabla 1). Estos estimativos asumen cierto mínimo de prácticas culturales y una moderada dosis de fertilización en los suelos acidos. Qué se requiere entonces para alcanzar estos niveles de rendimiento? La forma de alcanzar estos niveles potenciales de producción se detallan en la siguiente Sección.

Punto de vista de la investigación

a. Política general

Si los suelos pobres, generalmente con períodos de lluvias erráticos, se usaran para la producción de yuca, sin ser modificados con aditivos costosos, las variedades y la tecnología generada debería ser adaptada a estas condiciones. Además es antieconómico basar el control de enfermedades, insectos y malezas en el uso continuado de productos químicos costosos; por lo tanto, la tecnología y las variedades deben ser desarrolladas de tal manera que por sí solas puedan actuar bajo estas condiciones de stress. Es claro que se podrían desarrollar facilmente variedades de alto rendimiento para ser usadas con irrigación y altos niveles de fertilización y desarrollar una tecnología para el control de malezas, insectos y enfermedades basadas en la aplicación de

productos químicos; esto es más fácil que desarrollar variedades que se adapten, especialmente para dar altos rendimientos, bajo condiciones subóptimas.

Una tecnología basada en el uso mínimo de insumos implica una inversión más fuerte en investigación debido a la complejidad del desarrollo de una tecnología adaptada. Parece paradógico hablar por una parte de altas inversiones en investigación y por la otra de la producción de tecnología barata, sin embargo, una tecnología de bajo costo y altos rendimientos, es reconocida como la clave para lograr el potencial de producción de yuca. Desde el punto de vista social es mucho más eficiente invertir en investigación que en un amplio uso de insumos, particularmente para un cultivo que tiene poca historia en investigación aplicada y un alto potencial de rendimiento sobre los niveles corrientes de producción.

El retorno potencial de la inversión hecha en la investigación agrícola ha mostrado ser siempre muy alto. Arndt y Ruttan (1977) presentan niveles de retorno a la inversión en investigación agrícola para 32 casos estudiados; el promedio de retorno fue de 46%. Scobie y Posada (1977), mostraron que en el caso del arroz en Colombia, la tasa de retorno interna en la investigación fue de 94%. Dado el hecho de la poca investigación aplicada en la yuca se espera una tasa de retorno muy alta. En algunos cultivos, una alta proporción del costo de la investigación, está asumido por el sector privado. En Estados Unidos el 50% de la investigación en alimentación y nutrición proviene del sector privado (NAS-NRC 1978). Gran parte de la investigación en la palma de aceite hecha en Malasya, ha sido realizada por compañías muy grandes de exportación que también controlan una considerable cantidad de plantaciones; estas compañías son suficientemente grandes y controlan volúmenes tan grandes de producción que pueden obtener buen retorno de las inversiones sustanciales en investigación orientada hacia la producción. La yuca es generalmente sembrada por pequeños agricultores y con excepción de Tailandia, no es un cultivo de exportación, por lo tanto, parece imposible que el sector privado financie la investigación en yuca, en la misma forma que ha pasado con muchos otros cultivos de exportación, como por ejemplo la palma aceitera.

Los nuevos híbridos de sorgo y maíz para los trópicos han sido desarrollados por las compañías privadas obteniéndose un beneficio económico muy alto en las semillas que no se siembran en los años siguientes. El retorno a la inversión en la investigación está garantizado como un resultado de ventas continuas de nuevas semillas de la misma variedad por varios años siguientes. En el caso de la yuca los agricultores producen su propia semilla y cuando cambian de variedad, solamente requieren una pequeña cantidad que ellos pueden multiplicar; hay algunos insentivos para que las agencias privadas desarrollen nuevas variedades de yuca y formen una industria de producción de semilla.

El sector privado ha estado también muy involucrado en el desarrollo de productos químicos para el uso en la agricultura. Si la yuca debe ser producida con una mínima cantidad de insumos como se sugirió en la primera parte de este artículo, es poco probable que el sector privado vaya a percibir una suficiente cantidad de mercado potencial para sus productos, de tal manera que se involucren específicamente en

yuca. Cuando la yuca sea producida en una forma más comercial los fertilizantes y los herbicidas son los dos insumos en la producción que pueden tener un mercado potencial. Nuevamente esto requerirá poca investigación específica pero sí una alta inversión en mercadeo. Sin embargo, es la opinión de los autores, que el sector privado debe involucrarse en estas dos áreas de desarrollo: Fertilizantes y herbicidas. La yuca se siembra hasta el momento con una mínima aplicación de fertilizante y ha mostrado tener un bajo requerimiento de nutrimentos (Edwards et al 1976, Cock y Howeler 1979). Sin embargo, los rendimientos se incrementan sustancialmente con la aplicación de fertilizantes en los suelos infértiles y ácidos de los trópicos (CIAT 1975, 76, 77, 78) y por lo tanto, hay una posibilidad de incrementar el uso de los fertilizantes. Adicionalmente se cree que la yuca tiende a acabar con los nutrimentos del suelo; esta creencia se basa en el hecho de que la yuca es frecuentemente cultivada como el último cultivo en una rotación de suelos que ya han sido agotados, sin embargo, este es uno de los pocos cultivos que pueden producir en tales condiciones. Si la yuca va a ser producida continuamente en estos suelos agotados, se deben aplicar fertilizantes probablemente no a un nivel muy elevado. Estas observaciones indican que puede despertarse algún interés en investigar y desarrollar fertilizantes para yuca.

El control de las malezas es una de las actividades que consume una mayor cantidad de mano de obra en el cultivo de la yuca (Díaz Anderson 1977) y es probable que el área sembrada se haya visto limitada en muchas zonas por la insuficiente oferta de mano de obra durante los períodos de desyerbas. El uso de herbicidas puede ser aplicado para resolver este problema; por lo tanto, podría ser de interés para las empresas privadas, desarrollar herbicidas apropiados para el cultivo de la yuca.

El mayor esfuerzo en la investigación de yuca debe ser sin embargo, financiado por el sector público. Trataremos ahora de describir las áreas de investigación más importantes enfatizando cómo las agencias nacionales e internacionales se pueden dividir la responsabilidad de este trabajo. Dos Centros internacionales CIAT e IITA, están involucrados en programas intensivos de investigación en Yuca. CIAT se concentra en problemas relacionados con la producción en las Américas y Asia e IITA en el Africa. Los dos centros internacionales trabajan unidos para desarrollar variedades mejoradas y prácticas agronómicas sencillas para incrementar la productividad de la yuca. El trabajo de estas dos instituciones no niega desde ningún punto de vista la necesidad de hacer esfuerzos de investigación en las instituciones nacionales, dado el hecho de que la tecnología desarrollada en estos dos centros no debería ser aplicable directamente en el campo de los agricultores. Los centros internacionales desarrollarán germoplasma mejorado y prácticas agronómicas en términos generales y éstas deben ser adaptadas y validadas bajo las condiciones locales por las agencias nacionales.

b. Areas de investigación

Suponiendo que la principal estrategia de investigación debe concentrarse en el desarrollo de tecnologías adaptadas a las áreas margi-

nales y que bajo estas condiciones el riesgo debe ser minimizado para lograr un adecuado retorno a la inversión, la tecnología debe basarse en un nivel mínimo de insumos; además, si la investigación debe ser realizada por el sector público, el siguiente paso lógico es definir las áreas específicas donde la investigación haría el mayor impacto potencial. Nosotros consideramos las siguientes 4 áreas como las más importantes para poder alcanzar los objetivos señalados anteriormente.

Desarrollo varietal

Las oportunidades para mejorar la productividad de la yuca son numerosas; sin embargo, dadas las restricciones en el diseño tecnológico para las condiciones subóptimas una opción que puede ser muy apropiada es el mejoramiento de la planta. Una variedad que sea resistente a todas las enfermedades e insectos, que tenga alto potencial de rendimiento bajo condiciones de stress combinadas con baja fertilización y requerimiento de agua podría ser la forma más simple de mejorar la tecnología; sin embargo, el progreso en el mejoramiento genético, es generalmente inversamente proporcional al número de objetivos del programa. Por lo tanto, los objetivos deberían ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo con lo que se considere que daría una mejor contribución al incremento de la producción nacional. Se espera que los centros internacionales produzcan variedades altamente rendidoras y resistentes al mayor número de enfermedades e insectos. Estas líneas podrían entregarse para su uso directamente como variedades a los agricultores después de haber sido probadas bajo las condiciones locales; sin embargo, también podrían ser usadas como padres en programas nacionales donde se tengan requerimientos locales que puedan ser añadidos. Adicionalmente se espera que a medida que las agencias nacionales produzcan nuevos clones, estos podrían ser intercambiados. Por ejemplo, una línea brasileña que se envió a Cuba, está actualmente en observación bajo una prueba regional y las líneas más cultivadas en Tailandia fueron probablemente obtenidas de Malasya hace algunos años. Se prevee por lo tanto, que en el futuro una red de programas de producción de variedades mejoradas a nivel nacional e internacional podrían intercambiar líneas promisorias. Esto es ahora mucho más factible que hace algunos años, porque con la técnica de cultivos de meristemas se puede intercambiar germoplasma en una forma mucho más segura desde el punto de vista de la cuarentena, de lo que es el intercambio de estacas por los sistemas tradicionales.

Manejo de plagas

La incidencia y la severidad de las enfermedades y de los ataques varía enormemente de una región a otra. La yuca es tradicionalmente considerada como una planta altamente tolerante a las enfermedades y los insectos, sin embargo, cuando las áreas de producción se expandan fuera de las áreas tradicionales y los métodos de cultivo se vuelvan más intensivos, las enfermedades y los insectos podrán atacar más seve-

ramente. Por lo tanto, se deben desarrollar sistemas de control de plagas adecuados. Como un resultado del taller de trabajo en protección de la yuca, Thurston (1978), concluyó que los sistemas de control integrado de plagas en la yuca deberían enfatizar la combinación de tres tácticas fundamentales:

A. Resistencia varietal
B. Control biológico
C. Control cultural.

El uso de pesticidas químicos y formas similares de control, deberían tenerse en cuenta únicamente como medidas suplementarias con las enunciadas anteriormente. Debe anotarse que este no es el caso de las malezas. El uso de herbicidas debería estar integrado con otras medidas de control en el momento en que sean requeridos. Adicionalmente los autores sugieren que se logre que dada la variabilidad regional en el daño causado por las pestes, la solución final depende de que se logre una resistencia a través del mejoramiento genético y de técnicas de control adecuadas para condiciones ambientales locales.

Prácticas agronómicas

Experimentos recientes del segundo autor sugieren que los pequeños agricultores que están bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas muy desfavorables en el norte de Colombia, podrían incrementar sus rendimientos en un 70% a través del uso de simples prácticas agronómicas mejoradas que requieren cantidades muy limitadas de insumos (CIAT 1978-1979), es también interesante notar que en Kerala, India, los promedios de rendimiento en los suelos ácidos e infértiles del área están entre los más altos del Asia y esto es probablemente debido a las buenas prácticas agronómicas desarrolladas en muchos años de investigación en el Instituto Central de Investigación de Tubérculos. Aunque ciertos principios básicos pueden ser aplicados en todo el mundo como una buena práctica agronómica, los detalles específicos son de carácter local. Por ejemplo, la investigación agronómica de factores tales como fertilización, población, control de malezas, períodos de siembra, cosecha y rotación de cultivos, ofrecen tremendas oportunidades de desarrollo de sistemas agrícolas capaces de incrementar la producción de yuca en diferentes áreas. El desarrollo de estos sistemas individuales tiene que ser hecho por las instituciones nacionales o las agencias locales.

Cultivos múltiples

Los autores estiman que el 40% de la producción mundial de yuca se hace en asociación con otros cultivos, sin embargo, hasta el presente, solamente una proporción muy pequeña del presupuesto de investigación para yuca se ha gastado para cultivos múltiples. Yuca es una planta ideal para ser intercalada con cultivos de corto ciclo, dado el lento desarrollo inicial y la capacidad de recuperación tardía que tiene el cultivo.

Las posibles ventajas de hacer cultivos múltiples desde el punto de vista agronómico son varias. La incidencia de enfermedades e insectos tiende a declinar, el control de malezas no necesita ser tan intensivo y la fertilización puede mantenerse con el uso de leguminosas. Desde el punto de vista económico la producción de yuca tiene el problema del largo período entre la siembra y la cosecha; al intercalar la yuca con cultivos que sean de ciclo corto, los agricultores podrían obtener otros ingresos adicionales a corto plazo resolviendo en algún grado el problema de flujo de fondos. Además las leguminosas pueden producir proteínas compensando así el bajo contenido proteíco de la yuca, especialmente en sistemas de subsistencia. Es de esperarse que los sistemas tradicionales de cultivos múltiples puedan ser mejorados en términos de productividad.

Requerimientos de transferencia de tecnologías

No solamente es necesario desarrollar una tecnología más productiva; también es necesario asegurar que esta sea adoptada por los agricultores. Para que lo anterior ocurra los agricultores deben conocer la nueva tecnología y tener acceso a los insumos requeridos. La nueva tecnología desarrollada (resultado del tipo de investigación que hemos enunciado en la sección previa) estará basada en variedades mejoradas, prácticas agronómicas mejoradas, control de pestes integrada y un sistema mejorado de control de malezas. Además en algunas áreas, podrían usarse cultivos múltiples en vez de monocultivos. Bunting (1979) enunció que "cuando una innovación es rentable, practicable y llena las necesidades y las posibilidades de los productores, ésta se distribuye con poco o con ningún esfuerzo de comunicación oficial". Esta conclusión ha sido aplicable solamente en la adopción de nuevos cultivos, especialmente aquellos que producen altos ingresos y en algunas circunstancias en la adopción de nuevas variedades. Bunting (1979) llega a reconocer así que "la extensión será necesaria donde tienen que enseñarse nuevos y efectivos procedimientos o técnicas". La extensión, por lo tanto, es necesaria cuando las nuevas tecnologías están basadas en mejorar el manejo de las fincas y sería mucho más efectivo donde la tecnología es relativamente simple y apropiada para los problemas socioeconómicos y agronómicos que los agricultores tienen que encarar.

En el caso de la tecnología mejorada de la yuca, las nuevas variedades serán un componente principal: en general, estas se distribuirán fácilmente dado que, los cultivadores comerciales de yuca generalmente siembran un número pequeño de variedades que mantienen bajo evaluación para un posible reemplazo de la variedad principal o para propósitos especializados. Aunque las nuevas variedades no necesitarán mucho trabajo de extensión para ser adoptadas, es importante anotar que esto se haría en una forma supremamente lenta, por las siguientes razones: La yuca tiende a ser cultivada en parcelas pequeñas y aisladas donde la comunicación entre los agricultores es muy poca. Los rendimientos de yuca son visibles al momento de la cosecha, por lo tanto, las oportunidades para observar el potencial de rendimiento de las nuevas líneas es minimizado. El ciclo del cultivo es largo y la tasa de multiplicación tradicional es muy baja; es poco probable que una industria de producción de semillas promueva y distribuya nuevas variedades. Por lo tanto, aunque la extensión podría no ser esencial para la distribución

de las nuevas variedades, aseguraría una más rápida adopción.

Como ha sido demostrado, la yuca responde a las prácticas mejoradas de manejo. Esta respuesta será mucho más grande cuando se utilicen variedades mejoradas. Por lo tanto, la extensión será necesaria para alcanzar niveles de rendimiento potencial máximo. Por lo tanto, el viejo adagio de que una buena tecnología se vende por sí misma es cierto hasta un determinado punto; en el caso de la yuca, parece ser para los autores, que existe otro factor particular que va en contra de este adagio. El soporte empírico está basado en la difusión de tecnología en zonas irrigadas, donde por naturaleza hay una alta concentración de población y en la cual la cooperación es un factor esencial. La yuca es generalmente cultivada en zonas muy pobres donde la comunicación entre los agricultores es muy limitada por la deficiencia de la infraestructura, especialmente en los sistemas nómadas de explotación; además la yuca es cultivada en áreas muy pequeñas, separadas o distribuídas, limitando la difusión de la tecnología por la observación de los campos. Todos estos factores ponen en evidencia la necesidad de los servicios de extensión si se quiere alcanzar el potencial de rendimiento de la nueva tecnología. Las compañías comerciales juegan un papel muy importante en estos programas de extensión proveyendo supervisión sin costo alguno de los métodos de producción utilizados con sus productos particulares que pueden ser semillas, fungicidas, herbicidas, insecticidas o fertilizantes. Como se ha dicho anteriormente, no se espera que las casas comerciales se interesen en el cultivo de la yuca. Esta conclusión se podría aplicar por el mismo hecho de la pobre infraestructura de las áreas productoras de yuca, la amplia diseminación de los productores y el bajo nivel de utilización de insumos por los agricultores; estos factores causarán costos de mercadeo de insumos muy altos que harán que el desarrollo de una red de distribución sea incosteable. El resultado de este análisis es que si los rendimientos de yuca se quieren incrementar, los programas iniciales de extensión deben ser realizados por el sector público. Una vez que la nueva tecnología haya sido probada se puede esperar una integración vertical agro-industrial que produzca yuca para la industria del almidón, alimentación animal o alcohol y ésta agro-industria daría los servicios de extensión a productores grandes; sin embargo, la extensión para los agricultores pequeños tendrá que seguir siendo realizada por el sector público. Por lo tanto, aunque la nueva tecnología esté basada particularmente en las nuevas variedades, con mínimo incremento en la compra de insumos y en muchos casos basada en un simple paquete tecnológico, la inversión del sector público en los programas de extensión y en la distribución de insumos será indispensable si se quiere obtener todo el potencial de la tecnología. En el caso de la semilla por ejemplo, es esencial la inversión en los procesos de multiplicación para producir rápidamente semilla básica. La semilla y los insumos requeridos deben ser proveidos por el sector público y necesitan ser subsidiados. Las facilidades para producir semilla son relativamente baratas (Cock, Wholey, Lozano y Toro 1974) y los precios para los agricultores podrían cubrir los costos de producción. Por ejemplo, los agricultores en Colombia pagan hasta cuatro dólares por 100 estacas de cultivares promisorios. En el caso de los insumos el precio a los agricultores debería reflejar los costos reales, de tal manera que la inversión en los canales de distribución de productos y los servicios de extensión se justifiquen en base al potencial de beneficio social. Estos beneficios se derivan del potencial de expansión en la utilización final de la yuca.

Veamos ahora en la siguiente sección un análisis del potencial de mercado para la yuca y la tecnología necesaria para desarrollar estos mercados.

Utilización de la yuca: Potencial y desarrollo de necesidades

Statusquo y potencial: Existe una dualidad entre la nueva tecnología de producción de yuca y la expansión y diversificación de su mercado y de los productos derivados. Por una parte la expansión de la demanda es necesaria para absorver el incremento potencial causado por el uso de la nueva tecnología. Dado el hecho de que este incremento potencial puede ser bastante grande, los incrementos de la demanda debidos a la posible caída de los precios no sería suficiente para absorver la producción en una misma área. Por el otro lado para que la yuca pueda llegar a ser una alternativa de acuerdo a los precios del mercado, el precio de la yuca tiene que ser mucho más bajo que los precios actuales. Por lo tanto, una tecnología barata es un elemento necesario para hacer de la yuca un producto competitivo con la mayoría de los productos sustitutos en el mercado.

Cuáles son los principales usos que se le dá a la yuca actualmente? Cuáles son los mercados potenciales y el crecimiento de éste mercado, si la yuca pudiera servir como sustituto con un precio competitivo? Cuáles son los problemas técnicos (y por lo tanto, las áreas de investigación) para que la yuca pueda convertirse como un buen sustituto con las alternativas existentes?

Someramente haremos una revisión a esta "pregunta" aceptando implícitamente la hipótesis básica de que la investigación en la utilización de la yuca y la inversión en mercados alternativos son necesarios como un nuevo producto de la tecnología, para alcanzar todo el potencial y el beneficio social de este cultivo.

Alimentación humana

Aparte del caso excepcional de Tailandia, la mayoría de los países del mundo que producen yuca la utilizan como alimento humano. Además la mayor parte de la yuca producida es consumida en las áreas rurales, dentro o muy cerca de los centros de producción. La ventaja de la yuca como un cultivo de subsistencia, ha sido bastante bien documentada, especialmente por el hecho de la alta producción de calorías por unidad de área o por la mano de obra dedicada al cultivo, los rendimientos más o menos estables y el largo período de cosecha potencial.

El consumo de la yuca es mucho más alto en las áreas rurales cerca a los sitios de producción que en las áreas urbanas y por lo tanto, la tendencia del consumo en las áreas urbanas será como un producto procesado. En Brasil, por ejemplo, el promedio per cápita de consumo de yuca fresca es de 24.7 kgs. en las áreas rurales y solamente 3 kgs. en las áreas urbanas, mientras que el consumo de harina de yuca es de

38.3 kgs. en las áreas rurales y de 11.6 kg. en las áreas urbanas (Fundación Getulio Vargas, 1970). La yuca fresca es altamente perecible y muy voluminosa para su transporte, esto hace que el márgen del precio sea un 75 a 100% por encima del precio a nivel de la finca. Adicionalmente cuando la yuca llega a los mercados urbanos generalmente ha iniciado un proceso de deterioración lo que forza a los consumidores a adquirir un producto de baja calidad y a consumirlo inmediatamente o a almacenarlo, lo cual solamente es posible en espacios refrigerados. Además el alto contenido de almidón en la yuca está asociado con una mejor calidad, pero también con un período de vida mucho más corto; como resultado, los productores para mercados urbanos tienden a seleccionar variedades que tengan un bajo contenido de almidón y por lo tanto, un período de vida más largo. En el mercado de Bogotá, por ejemplo, la calidad del producto, está compensada por una diferencia de un 40 a un 60% en precio, por lo tanto, dado el alto grado de perecibilidad del producto, el precio en las áreas urbanas es generalmente alto, la calidad es baja y el consumidor que no tiene un espacio refrigerado extra para almacenarla, no consumirá la yuca con regularidad; se podría esperar que mejorando el período de vida de la yuca, el precio al consumidor podría reducirse, (asumiendo también un ajuste en el márgen del precio del mercado mayorista) la calidad del producto mejoraría y la demanda se incrementaría en las áreas urbanas. Existe también un considerable potencial de incremento en la demando por el producto de la yuca procesada. Fuera de Brasil, Africa Occidental e Indonesia (países que tienen el más alto consumo per cápita de yuca) la mayor parte de la yuca es mercadeada en forma fresca. No hay razón para dudar que los productos de yuca procesada no puedan ser una fuente barata de calorías para las zonas urbanas en los otros países tropicales. La promoción de los productos procesados de yuca, se podría extender hasta el uso de la harina de yuca para reemplazar importaciones de cereales para la elaboración de pan. Dado el hecho de que la mayor parte de los países tropicales son importadores netos de trigo, existe un buen márgen para alcanzar un alto grado de suficiencia en producción de calorías en esta zona. La harina de yuca podría ser un producto que reemplazará parcialmente la harina de trigo hasta un nivel del 10% con cambios muy pequeños en la calidad del pan; la suplementación con harina de soya puede asegurar un producto con mayor valor nutritivo, sin embargo, la ventaja económica depende del precio más barato de la harina de yuca en relación con otras harinas importadas.

Si los márgenes de precios en los mercados pueden reducirse y los costos de producción con la nueva tecnología fueran menores, la yuca tendría un tremendo potencial para proveer calorías baratas a los mercados urbanos. El suplemento estable de fuentes de calorías baratas para los mercados urbanos tiene muchas implicaciones en las políticas nacionales de alimentos y nutrición. Dos aspectos relevantes en este asunto son:

1. La deficiencia calórica ha sido reconocida como el mayor problema de mal nutrición en los PED* (Hegstead 1978).

2. Una política de precios diferenciales, puede tener un impacto en el status nutricional de grupos vulnerables dentro de una población. (Anderson et al 1976 y Timer 1979)

Un mayor abastecimiento en las fuentes de carbohidratos, lo que resulta en un declinamiento de los precios relativos, tiende a beneficiar los grupos de menores ingresos más que si se aumentara el abastecimiento en otros cultivos. Como lo anotaron Timer y Aldeman (1979), una política diferencial de precios (o política tecnológica) causa un mayor impacto nutricional, evitando costos en la ejecución de programas, si se usan los productos alimenticios preferidos. Esta política se autopromueve porque los productos consumidos por los grupos de bajos ingresos pasarán a ser atractivos para los grupos de más altos ingresos. Timer y Aldeman (1979) continuan hasta mostrar que los bajos precios para la yuca en Indonesia benefician más al sector pobre de la población que al resto de ella, ejemplo, la elasticidad -ingreso de la yuca es muy alta en los grupos de bajos ingresos, la elasticidad -precio es alta y la elasticidad -precio cruzado con la del arroz es muy alta implicando alta sustitución, cuando hay cambios en los precios relativos (Tabla 2); aunque el arroz es el producto preferido, el sector pobre cambiará hacia la yuca si hay cambios en los precios relativos. Dado que Indonesia es un importador periodico de arroz, que el precio cambia sustancialmente de acuerdo a la cantidad cosechada y que es muy costoso aumentar su producción, una política que promueva un suplemento continuo de yuca barata, producirá beneficios nutricionales sustanciales además de mantener regulado el precio de los productos alimenticios.

La promoción de la yuca como una fuente de caloría barata ha preocupado a algunos nutricionistas, ya que ésta contiene pocos elementos nutritivos; también han habido algunas consideraciones sobre la relación del contenido de HCN de la yuca con la producción del bocio y cretinismo potencial. Estudios más recientes han unido el consumo de la yuca con el incremento en la excreción de iodine (Delange et al 1976), sin embargo, el efecto tóxico de la yuca para producir el bocio, solamente ha sido reportado en poblaciones que consumen grandes cantidades de yuca y cuyas dietas son deficientes en iodina y aminoácidos sulfúricos. Obviamente en estas poblaciones es muy costoso cambiar el alimento local y la utilización de sal iodinizada es la solución más práctica. Fuera de estas poblaciones no hay evidencia que sugiera la existencia de este problema; en Paraguay y Brasil el consumo per cápita es mayor de 100 kgs. por año y no hay ningún reporte de problemas de toxicidad. Sobre el primer punto, dado el hecho de que la deficiencia de calorías es el principal tipo de mal-nutrición, una fuente barata de calorías es la forma más eficiente para mejorar la dieta calórica de los grupos vulnerables y al aumentar el consumo de calorías también incrementará el impacto nutricional de la dieta proteínica existente (Hegstead 1978).

---

* PED: Países En Vía De Desarrollo

Es muy raro encontrar en una población que consume alta cantidad de yuca un problema de deficiencia proteínica (Goering 1979). Las madres lactantes y los niños no alimentados por sus madres siempre exhibirán una particular vulnerabilidad. En resúmen hay una evidencia muy pequeña para sostener que existe una deteriorización nutricional cuando se incrementa el consumo de la yuca y muchas evidencias que sugieren que en cambio hay un mejoramiento.

Alimentación animal

La yuca puede ser utilizada como una fuente principal de Energía en dietas para cerdos, pollos y ganado vacuno. La experiencia en Europa donde se importaron en 1978 seis millones de toneladas de yuca seca de Tailandia para ser utilizada en las dietas de animales demuestran la factibilidad del uso de la yuca en la alimentación animal a una escala masiva. El problema técnico principal encontrado en este sector ha sido la calidad del producto, sin embargo, este problema se considera relativamente simple, ya que la calidad del producto seco se puede mejorar con nueva tecnología y con insentivos económicos. El caso de Exportación de Tailandia a Europa no parece que pueda ser repetido, porque Tailandia es uno de los pocos países subdesarrollados que exportan productos alimenticios y porque el mercado común Europeo no está dispuesto a aceptar las importaciones de yuca de Tailandia bajo tarifas especiales. Sin embargo, el mercado para alimentos concentrados en los países en vía de desarrollo está creciendo muy rápidamente. La transferencia de una tecnología en la producción de pollos de los países desarrollados a los PED ha causado una relativa caida de los precios de carne de pollo. El crecimiento de la demanda de los pollos en los PED está por encima del 5% anual hasta 1975 (FAO 1978). La demanda también es muy alta para cerdos. Dado el hecho de que el componente má importante de la producción de pollos y cerdos está basada en los concentrados alimenticios, este incremento en la demanda ha resultado en un incremento muy rápido de la demanda por granos especialmente máiz y sorgo. La producción doméstica de estos productos no ha sido suficiente en la mayoría de los PED, resultando en la necesidad de hacer importaciones. Igualmente en aquellos países donde el maíz es un alimento humano básico, la demanda por estos productos ha causado un incremento en los precios, lo cual ha ido en detrimento de las dietas de los grupos de más bajos ingresos. La yuca tiene el potencial para satisfacer las necesidades energéticas en las zonas tropicales para la alimentación animal. Aceptando que el precio de la yuca en el mercado tiene que ser mucho más bajo para que sea competitiva, habrá también un beneficio directo para los consumidores de yuca. Sin embargo, para alcanzar este punto, otra vez, el precio depende de la disponibilidad de la nueva tecnología.

Alcohol

El incremento de los precios del petróleo durante los últimos años ha creado un tremendo interés en la producción de alcohol de biomasas

como un sustituto del petróleo. Brasil ha tomado el liderazgo en esta iniciativa y tiene actualmente en operación una planta que usa yuca como fuente de biomasa. Hay mucho interés en este momento en países como Colombia, Tailandia, Filipinas y Australia en el uso de yuca como una fuente para la producción de alcohol. La yuca es una atractiva posibilidad, ya que puede ser sembrada en áreas marginales para la agricultura, y por lo tanto, no desplazaría otros cultivos, como podría ser el caso de otras alternativas, como por ejemplo, la caña de azúcar. En el momento uno de los mayores problemas es el alto requerimiento de energía en las destilerías de alcohol que hacen que el producido neto de energía sea muy pequeño, si no se pueden utilizar los tallos de la planta de yuca o cualquier otra tecnología como fuente de energía para la destilación.

b. Implementación

1. Investigación

Alimentación humana:

El mayor problema con el consumo de yuca fresca es la alta perisibilidad del producto y posiblemente algunos problemas de toxicidad por el alto contenido de HCN. Este último problema puede ser resuelto a través de los programas de mejoramiento produciendo variedades con bajo contenido de HCN. Parece muy difícil producir híbridos con alta calidad (alto contenido de almidón) y al mismo tiempo con un período largo de vida del producto, sin embargo, últimas investigaciones han mostrado que con métodos muy simples de almacenamiento basados en el tratamiento con fungicidas y el almacenamiento en bolsas de polietileno, se puede conservar la yuca por períodos hasta de dos meses después de la cosecha (Lozano et al 1978); se requiere una mayor investigación para asegurar que no hay problemas de toxicidad con los residuos del fungicida y al mismo tiempo obtener una buena y consistente calidad de las raíces almacenadas. Esta investigación debe ser hecha por el sector público.

Los métodos tradicionales de procesamiento pueden ser mejorados; en el caso de Cari, se ha mostrado mucho interés en la producción de equipos de procesamiento y se esperan nuevos desarrollos del sector privado. Ya se conoce bastante sobre la sustitución de la harina de trigo para panificación y el principal obstáculo para su adopción parece ser un problema económico, pero no técnico.

Alimentación animal

Recientemente Nestel y Graham hicieron una revisión de las investigaciones sobre el uso de la yuca en alimentación animal. Las necesidades de investigación más urgentes están en las áreas de los sistemas de alimentación y en los métodos de secamiento de la yuca antes de incorporarla en las dietas balanceadas. Hasta el momento se han

obtenido considerables avances en la metodología de secamiento (Tanh y Lohani 1979, Best 1979); sin embargo, la tecnología para áreas de alta humedad no ha sido todavía desarrollada. Estas técnicas no deben ser específicas de cada localidad y podrían ser desarrolladas por instituciones, tales como el Instituto Asiático de Tecnología, el Instituto de Productos Tropicales y el CIAT.

Alcohol

Las técnicas para la producción de alcohol en base a yuca han sido desarrolladas por la industria privada y se espera que éstas cotinúen mejorándolas. El principal obstáculo tecnológico que existe es lograr reducir los requerimientos energéticos para la destilación por el uso de los tallos de yuca como una fuente de energía para el proceso. Mac Lann y Paince (1978) sugieren que las levaduras del alcohol que incrementan el contenido de etanol en la fermentación de 6 al 12% podrían reducir el requerimiento de vapor en un 30% y la fermentación termofílica de desechos, ejemplo, tallos y desechos fibrosos, pueden producir una mezcla de gas, metanodioxido de carbono que pueden ser usadas para calentamiento de hornos. Los requerimientos energéticos podrían reducirse también por la destilación al vacio o por el uso de filtros moleculares para separar el alcohol del agua. Adicionalmente si se usan las mezclas de alcohol-agua en vez de las mezclas de alcohol-petróleo, el alcohol no necesita ser anidro. Los motores con una alta compresión (14:1) pueden trabajar con alcohol que contenga 10% de agua sin reducir la fuerza producida por unidad de alcohol consumido (Stumpf 1978). El uso de estas mezclas podrían reducir mucho más los requerimientos de energía para la destilación. Se requiere mayor investigación para desarrollar estas técnicas de tal manera que lleguen a ser comercialmente viables (2).

2. Política

El beneficio social de incrementar la producción de yuca es muy grande e incluye el incremento en la producción agrícola y la reducción en la importación de granos, mejorando la suficiencia en la producción de alimentos; además potencialmente puede ser un recurso energético; también mejora el status nutricional de los grupos de bajos ingresos y hace productiva la tierra y la mano de obra que no se está utilizando en el sector agrícola.

Qué se requiere por lo tanto en términos de políticas de gobierno para alcanzar estos beneficios?

Primero los gobiernos deben invertir en la investigación para desarrollar nuevas tecnologías de producción de bajo costo. Cuando la nueva tecnología para la producción de yuca esté disponible se requiere una mayor inversión en el proceso de difusión de esta tecnología. Todas las políticas de gobierno deberían estar enfocadas directamente

hacia el desmantelamiento del amplio rango de políticas que tienden a subsidiar la importación de los granos en contra de la producción doméstica de yuca y granos.

En el período de posguerra los PED se han propuesto a ser exportadores netos o productores suficientes de alimentos, estos países han construido estructuras políticas, diseñadas para mantener un bajo precio de los productos alimenticios en el área urbana a través de concesiones en la importación de granos o promoviendo la producción suficiente de los mismos, especialmente trigo, a través de altos precios de sustentación o subsidiando los insumos y los créditos necesarios para la producción. Los altos precios para los granos también mantendrán un precio de la yuca donde ésta puede ser un sustituto, sin embargo, los subsidios, (particularmente los subsidios a insumos) para los granos irán en contra de la producción de yuca. La acción de los gobiernos para manipular la agricultura a través de políticas de subsidios de granos pondrán en duda los insentivos económicos para incrementar la producción y la utilización de la yuca.

Sin embargo, si se asume que la mayor producción de la yuca estará libre de intervención en el mercado, el precio de la yuca debería ser lo suficientemente alto para hacer rentable la expansión en la producción y lo suficientemente baja para hacer de la yuca un producto competitivo con los sustitutos en los respectivos mercados. Una tecnología que reduzca los costos de producción es esencial para alcanzar este balance en el precio del mercado. La Tabla 1 en la sección de producción, resume lo que consideramos como rendimientos factibles para yuca. Ahora preguntamos si estos rendimientos son compatibles con los ingresos de los agricultores y si el producto es competitivo en el mercado? Para poder evaluar esta característica de competencia de la yuca es necesario estimar los costos de producción usando la nueva tecnología y los niveles de producción esperados. En términos de los costos de producción hemos hecho los siguientes supuestos:

1.- Un costo de arrendamiento de la tierra y de manejo de 500 dólares por ha de tierra buena y 100 dólares por ha de tierras marginales.

2.- El uso de productos químicos para el tratamiento de las estacas sería US$4/ha; en áreas marginales US$150/ha para el uso de fertilizantes, y solamente US$75/ha para tierras de primera calidad, asumiendo que el fósforo puede ser aplicado en forma de roca fosfórica que es más barata. Para el uso de herbicidas, se permite un costo adicional de US$50/ha, sin embargo, si el precio de la mano de obra es bajo, se podría hacer control manual de malezas.

3.- 70 días hombre por ha como requerimiento de mano de obra, lo cual es más bajo que lo estimado por Díaz y Anderson en 1977, pero está de acuerdo con los datos estimados por Phillips en 1974 considerando el uso de control químico de malezas.

4.- La preparación de la tierra se asume en un costo de US$50/ha.

5.- Se asume también que el costo de la mano de obra en las zonas marginales es más bajo que en las zonas de tierras de primera calidad. Estas consideraciones nos llevan a obtener unos costos de producción (Tabla 3) para los diferentes niveles de producción y dos niveles de mano de obra para las áreas marginales y las tierras de primera calidad.

Adicionalmente se estimó la posibilidad de utilizar la yuca como sustituto de varios productos, de acuerdo a las siguientes consideraciones: para comparar la yuca y el arroz, se usó el valor de la yuca al 14% de humedad igual al 80% del arroz sin cáscara y un márgen de mercabilidad para la yuca del 40%. Para convertir yuca fresca a yuca del 14% de humedad se utilizó un factor de 2.5 a 1.

Los costos de procesamiento para la producción de almidón de yuca fueron estimados en US$50/ha de almidón con una eficiencia de extración de un 25% de acuerdo a los datos de Buckle et al 1978 para pequeñas fábricas rurales. Plantas más grandes podrían reducir estos costos por tonelada e incrementar la eficiencia de extración. Los costos de producción de Pellets para alimentación animal, están basados en datos provenientes de Tailandia (Phillips 1978). La industria Tailandesa es muy eficiente y por lo tanto, hemos aumentado US$20/ ton: Una tonelada de yuca fesca se asume que dá 0.4 toneladas de Pellets al 14% de humedad (Best 1979) a un valor de 80% de sorgo o maíz para alimentación animal.

Los costos de producción de alcohol, son de US$0.15/litro (Bull y Batsfone 1978, Milfont 1978 y Phillips 1978). Una tonelada de yuca produce 170 litros de alcohol (ver los datos de Meneses 1978, Mcklann y Prince 1978). Estos datos han servido para estimar el precio de los productos competititvos con los cuales la yuca entraría a competir en el mercado (Tabla 4) se puede ver inmediatamente, que los niveles de rendimiento de la yuca y la cantidad de mano de obra utilizada son de una importancia crítica para determinar la habilidad competitiva de la yuca. Sin embargo, puede verse también claramente que la yuca puede competir con el arroz sin cáscara a un nivel de rendimiento de 15 ton/ha en suelos marginales y 30 ton/ha en tierras de primera calidad, aún con un uso relativamente alto de mano de obra.

Para entrar en el mercado del almidón y de la industria de concentrados se requieren rendimientos más altos; sin embargo, si el costo de la mano de obra fuera más bajo (US$ 2 y 4/día para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente), aún con rendimientos bajos, la yuca sería competitiva, especialmente si continúan los precios actuales de los granos. En el caso de la sustitución del petróleo la yuca está llegando a ser competitiva y si los precios del petróleo se incrementaran aún más la yuca podría ser una alternativa muy importante y muy viable para la sustitución de los productos importados del petróleo. De estos datos especulativos se puede concluir que si los rendimientos de 15 a 30 ton/ha pueden ser obtenidos para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente, la yuca inme-

diatamente pasaría a ser un atractivo producto para reemplazar o complementar los cereales como el arroz en las dietas alimenticias. Como resultado de una investigación concertada y un esfuerzo de un programa de extensión iniciado por el sector público, los rendimientos podrían incrementarse hasta 25 ton/ha y 40 ton/ha en tierras marginales y en tierras de primera calidad respectivamente, la yuca podría llegar a ser un producto básico o un recurso básico de energía para la alimentación animal y para la sustitución de productos del petróleo.

REFERENCIAS

Arndt T.M., D.G. Dalrymple, and V.W. Ruttan (1977). Research allocation and Productivity in National and International Agricultural Research. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis. 617 pp.

Best, R. (1978). Cassava Processing for Animal Feed. In Cassava Harvesting and Processing: Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ed: E. J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC-114e, Ottawa, Canada 12-20.

Best, R. (1979). Cassava Drying. Series 05EC-4, CIAT, Cali, Colombia. 24 pp.

Buckle, T.S. de, LE. Zapata, O.S. Cárdenas and E. Cabra (1978). Small scale production of sweet and sour starch in Colombia, In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia. 24-28 April 1978. Ed: E. J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e, Ottawa, Canada 26-32.

Bull, T.A. and B.B. Batstone (1978). Processing within the sugar industry. In Alcohol Fuels, a conference held at the Sebel Town House, Sydney, Australia. Institution of Chemical Engineers, NSW Group. 4:13-21.

Bunting, A.H. (1979). Science and Technology for human needs, rural development, and the relief of poverty. IADS occasional paper. 12 pp.

CGIAR (1977). An Integrative Report, The Consultative Group and the International Agricultural Research System. Consultative Group on International Agricultural Research.

CIAT, (1975). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.

CIAT, (1976). Annual report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.

CIAT, (1977). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT A.A. 67-13, Cali, Colombia.

CIAT, (1978). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.

_____, (1979). Annual Report of the Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. A.A. 67-13, Cali, Colombia.

Cock, J.H. (1974). Agronomic Potential for Cassava Production. In Cassava Processing and Storage. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, Pattaya, Thailand,

17-19 April 1974. Ed: E.V. Araullo, B. Nestel and M Campbell. IDRC-031, Ottawa, Canada. 21-26.

Cock, J.H. (1978). The Physiological basis of yield loss in cassava due to Pests. In Proceedings Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia. 7-12 Nov. 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J.C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia, 9-16.

Cock, J.H., D.W. Wholey, J.C. Lozano (1976). A rapid propagation system for cassava. CIAT, Series EE-20. CIAT, Cali, Colombia. 10 pp.

Cock, J.H. and R. Howeler (1979). The Ability of Cassava to Grow on Poor Soils. In Crop Tolerance to Suboptimal Conditions. ed G.A. Jung. ASA special publication N°32, 677 South Segoe Rd. Madison, Wisconsin 53711. 145-154.

Cock, J.H., D. Franklin, G. Sandoval and P. Juri. (1979). The Ideal Cassava Plant for Maximum Yield. Crop Sci. 19:271-279.

Coursey, D G. and PH. Haynes (1970). Root Crops and their Potential as Food in the Tropics. World Crops 22: 261-265.

Dalrymple, D.G. (1978). Development and Spread of High Yielding Varieties of Wheat and rice in the Less Developed Countries. USDA-FAER report N°95. 134 pp.

Delange, F., P Bourdoux, M. Camus, M. Gerard, M. Majuta, A. Hanson and A.M. Ermans (1976). The toxic effect of Cassava on Human Thyroid. In Proceedings of the fourth Symposium of the International Tropical Root Crop Society, CIAT, Cali, Colombia 1-7 Aug. 1976. Ed: James H. Cock, Reginald Mac Intyre and M. Graham. IDRC-080e, Ottawa, Canada, 237-242.

Diaz, R.O. and P. Pinstrupp Andersen (1977). Descripción Agro-Económica del proceso de producción de yuca en Colombia. CIAT, Cali, Colombia.

Doll, J.D. and W. Piedrahita. C. (1976). Methods of Weed Control in Cassava. CIAT, Series EE-21, Cali, Colombia, 12pp.

Edwards, D.G. C.J. Asher and G.L. Wilson (1977). Mineral nutrition of Cassava and Adaption to Low Fertility Conditions. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia, 1-7 Aug, 1976. ed James Cock, Reginal Mac Intyre and M Graham. IDRC-080e, Ottawa, Canada. 124-130.

Evenson, R.E. (1978). The Organisation of Research to Improve Crops and Animals in Low Income Countries. In Distortions of Agricultural Incentives. ed: T.W. Schultz, Indiana University Press, Bloomington 223-245.

FAO (1977). The fourth world food survey. FAO, Rome 1977. 128 pp.

Getulio Vargas Foundation (1970). Food Consumption in Brazil. Published for USDA Economic Research Service by the Israel Program for Scientific Translations. Keter Press. Jerusalem. 281 pp.

Goering, T.J. (1979). Tropical Root Crops and Rural Development. World Bank Staff Working Paper N° 324. 85 pp.

Hegstead, D.M. (1978). Protein - Calorie Malnutrition. American Scientist. 66: 61-65.

IFPRI (1977). Recent and Prospective Developments in Food Consumption: Some Policy Issues. International Food Policy Research Institute, Washington D.C. 61 pp.

Lozano, J.C., J.H. Cock and J. Castaño (1978). New Developments in Cassava Storage. In Proceedings Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, 7-12 Nov. 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J.C. Lozano, Ciat, Cali, Colombia. 135.142.

Lozano, J.C., A. Bellotti and D. Byrne (1979). The relationship between cassava (Manihot esculenta Crantz), ecosystems, diseases and pests and their influence on breeding strategy. PANS 26 (in press).

McCann, D.J. and R.G.H. Prince (1978). Agro-Industrial Systems for Ethanol Production. In Alcohol Fuels, a conference held at the Sevel Town House, Sydney, Australia. Institution of Chemical Engineers, NSU Group. 4:22—30.

Meneses, T.J B de (1978). Alcohol Production from Cassava. In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia. April 1978. Ed: E,J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e Ottawa, Canada 41-48.

Milfont, W.N. (1978). Prospects of Cassava Fuel Alcohol in Brazil. In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ed: E.J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC 114e Ottawa, Canada 46-48.

National Academy of Science and National Research Council (1977).

World Food and Nutrition Study. The potential contribution of research. National Academy of Science, National Research Council, Washington. 192 pp.

Nestel, B. and M. Graham. (1978). Cassava as Animal Feed. Proceedings of a Workshop held at the University of Guelph 18-20 April 1977. IDRC-095e, Ottawa, Canada

Pinstrup-Andersen P., N.R. de Londoño and E. Hoover (1976). The impact of Increasing Food Supply on Human Nutrition: Implications for Commodity

Priority in Agricultural Research and Policy. Am J. of Agric. Econ. 58: 131-142.

Phillips, T.P. (1974). Cassava Utilization and Potential Markets. IDRC-20e, Ottawa, Canada. 182 pp.

Phillips, T.P. (1978). Economic Implications of New Techniques in Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. Ed: E.J. Weber, James H. Cock and Amy Chouinard. IDRC. 114e. Ottawa, Canada, 66-74.

Sanchez, P.A. (1977) Advances in the Management of Oxisols and Ultisols in Tropical South America. Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Tokyo, Japan. 1977. 535-566.

Schuh, G.E. (1978). Approaches to Basic Needs and to Equity that Distort Incentives to Agriculture. In Distortions of Agricultural Incentives. Ed: T.W. Schultz. Indiana University Press, Bloomington 307-327.

Stumpf, V.E. (1978). Brazilian Research on Ethyl Alcohol as a liquid Fuel. In Alcohol Fuels, a conference held at the Sebel Town House, Sydney, Australia, Institution of Chemical Engineers, NSW Group 2:20-24.

Scobie, G.M. and R.T. Posada. (1977). The impact of high yielding Rice Varieties in Latin America. Series JE-01, CIAT, 165 pp.

Thanh, N.C. and B.N. Lohani. (1978). Cassava Chipping and Drying in Thailand. In Cassava Harvesting and Processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. IDRC 114e, Ottawa, Canada. 21-25.

Thurston, D. (1978). Summary conclusions and recommendations of Proceedings Cassava Protection Workshop. Ciat, Cali, Colombia, 7-12 Nov 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti, J.C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia. 239-244.

Timmer, C.P. (1979). Food Prices and Food Policy Analysis in LDCs. Mimeographed report 27 pp.

Timmer, C.O. and H. Alderman (1979). Estimated Consumption Parameters for Food Policy Analysis. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Summer meetings, Pullman, Washington, July 1979.

Vries, C.A. de, J.D. Ferweda and M. Flach. (1967).. Choice of food crops in relation to actual and potential production in tropics, Neth. J. Agr. Sci. 15: 241-248.

Wortman, S. (1976). Food and Agriculture. Scientific American 235: 30-39.

Wortman, S. and R.W. Cummings (1978). To Feed this world. John Hopkins University Press. Baltimore and London pp 440.

Tabla 1. Rendimiento potencial comercial de yuca bajo diferentes condiciones con buen manejo y variedades mejoradas.
NOTA: No hay disponibles variedades mejoradas para todas las condiciones

Temperatura	Precipitación	Meses de Cosecha	Fertilidad de Suelo	Fungicidas e Insecticidas	Herbicidas	Fertilizantes	Rendimiento
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Alto	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	35+ t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses de sequía	10-12	Alto	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	30-35 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Moderado	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	30-35 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses de sequía	10-12	Moderado	Tratamiento de Estacas	Opcional	Para mantener fertilidad	25-30 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm bien distribuída	10-12	Acido infértil	Tratamiento de Estacas	Opcional	75:150:100 NPK 0.5 t/ha	20-25 t/ha
22 - 28°C	1000+ mm 3-4 meses	10-12	Acido infértil	Tratamiento de Estacas	Opcional	75:150:100 NPK 0.5 t/ha	15-20 t/ha

Tabla II. Ingreso y Elasticidad. Precio de la demanda de alimentos con énfasis en Yuca en Indonesia.

	Clase de Ingresos				
	1 bajo	2 medio bajo	3 medio alto	4 alto	promedio
Elasticidad-Ingreso					
Arroz: Urbano	1.436	1.100	0.794	0.121	0.527
Rural	1.677	1.297	0.987	0.455	0.952
Yuca: Urbano	0.835	0.524	0.231	-0.401	-0.010
Rural	1.037	0.674	0.383	-0.116	-0.350
Calorías[1/]: Urbano	0.660	0.525	0.398	0.122	0.288
Rural	0.783	0.628	0.501	0.283	0.486
Elasticidad-Precio					
Yuca	-1.281	-0.818	-0.943	-0.800	-0.804
Elasticidad-Precio cruzada					
Yuca con arroz	0.996	0.709	0.787	0.685	0.765

1/ Calorías de Arroz, Maíz y Yuca fresca solamente.

Tabla III. Costos de Producción ($US/ton) de yuca a diferentes precios de mano de obra en tierra marginal y excelente a diferentes niveles de producción.

	Tierra marginal		Tierra excelente	
Precio mano de obra/día (US$)	2	4	4	6
Nivel de rendimiento 15 t/ha	33	42	/	/
Nivel de rendimiento 25 t/ha	20	25	/	/
Nivel de rendimiento 30 t/ha	/	/	32	37
Nivel de rendimiento 40 t/ha	/	/	24	28

Tabla IV. Precio estimado de productos competitivos que pueden ser sustituídos por yuca a diferentes niveles de rendimiento y diferente salario en suelos marginados y excelentes. (ver texto para explicación).

Sustituto	Salario (US$/día)	Rendimiento en suelo marginal		Rendimiento en seulo excelente	
		15t/ha	25t/ha	30t/ha	40t/ha
Arroz blanco ($/ton)	2	145	88	/	/
	4	185	110	141	106
	6	/	/	163	123
Almidon ($/ton)	2	182	130	/	/
	4	218	150	178	146
	6	/	/	198	162
Sorgo y maíz para alimentación animal ($/ton)	2	128	88	/	/
	4	156	103	125	100
	6	/	/	141	112
Gasolina (US$/ltr)	2	0.34	0.27	/	/
	4	0.40	0.30	0.34	0.29
	6	/	/	0.37	0.31

MORFOLOGIA Y FISIOLOGIA

Clasificación Taxonómica y Morfología de la Planta de Yuca (Manihot esculenta Crantz) — 1336 B- 1 - 10
C. Domínguez, L. F. Ceballos

Crecimiento y Desarrollo de la Planta de Yuca — 1352 B-11 - 16
C. Domínguez.

El Tipo Ideal de Yuca para Rendimiento Máximo — 1341 B-17 - 45
J.H. Cock

CLASIFICACION TAXONOMICA Y MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

Carlos E. Domínguez O. *
Luis Fernando Ceballos **

Introducción

La yuca (Manihot esculenta C.) es una planta perenne y leñosa de la cual aún no se conoce con certeza ni el lugar donde se domesticó ni la época, aunque muchas evidencias arqueológicas indican que ha sido cultivada desde hace aproximadamente 5.000 años en una extensa región geográfica comprendida entre el sur del Brasil y México. En el Perú y en México se han encontrado fósiles de hojas y raíces de más de 4.300 años.

Debido a la importancia que este cultivo está tomando en la actualidad, tanto por el consumo de raíces frescas como por su uso agroindustrial, el estudio de la morfología de la planta es muy importante para todas aquellas personas que estén relacionadas de una u otra forma con el cultivo.

Clasificación taxonómica de la planta de yuca.

Reino	:	Vegetal
División	:	Spermatophyta
Subdivisión	:	Angiospermae
Clase	:	Dycotiledoneae
Subclase	:	Anchichlamydeae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euforbiaceae
Género	:	Manihot
Especie	:	esculenta

La familia de las euforbiáceas, se caracterizan principalmente por el notable desarrollo de los vasos laticíferos, constituídos por varias células secretoras que reciben el nombre de galoctócitos.

Las flores de las plantas que pertenecen a esta familia son generalmente unisexuales; las femeninas tienen el ovario dividido en tre lóculos. En la semilla es notoria la presencia de una carúncula y los cotiledones ricos en aceite, ocupan la mayor parte de ella.

Entre las euforbiáceas se encuentran plantas de porte muy diferente desde árboles y arbustos hasta hierbas. En esta familia se encuentran plantas del género Hebea productoras de latex, del género ricinus productoras de aceite y del género Manihot importantes por la producción de raíces comestibles; existen además muchas EUFORBIACEAS ornamentales y medicinales.

---

* Agrónomo, Asociado de Adiestramiento
Programa de Yuca - CIAT
** Agrónomo, Asistente de Comunicaciones - CIAT

En cuanto al género Manihot al cual pertenece la yuca tiene hábito de ramificación dicótomo, tricótomo y hasta cuatrótomo y el crecimiento de las ramas generalmente termina con la aparición de una inflorescencia, la cual está constituída por racimos o panículas indeterminados de tamaño muy variado. Los más simples de todos son racimos con pedúnculos muy cortos, que tienen la apariencia de una espiga.

Las flores estaminadas están generalmente hacia la punta de la inflorescencia y contienen 8 ó 10 estambres. Las flores pistiladas son más grandes y ocupan la parte basal de la inflorescencia.

La corteza del tallo es generalmente muy suave pero en algunos casos puede volverse rugosa a medida que el tronco va teniendo mayor edad.

Las hojas están provistas de estípulas, la mayoría de las cuales caen cuando la hoja se ha desarrollado. Todas las hojas son pecioladas y pueden tener o nó lóbulos.

Los frutos son cápsulas dehiscentes, ovoides o elípticas y de superficie lisa, uniforme y moteada, con tres bordes (costillas); las semillas son carúnculadas.

Las raíces de las plantas de éste género almacenan grandes cantidades de almidón y tienen concentraciones variables de glucósidos cianogénicos, los cuales a través de hidrólisis o hidratación generan ácido cianhídrico.

Dentro del género Manihot se han clasificado alrededor de 180 especies siendo la más importante Manihot esculenta (Crantz), cuyos sinónimos son : Manihot utilissima, Manihot edulis y Manihot shipi.

Todas las variedades de yuca tanto las amargas como las dulces están incluídas dentro de esta especie, cuyas plantas tienen 36 cromosomas y son altamente heterocigotas.

Morfología de la planta

Hojas.

Las hojas de la planta de yuca al igual que las de cualquier otra planta, son los organos en donde se transforma la energía radiante en energía química a través del proceso fotosintético.

Las hojas nacen de la porción nodal del tallo y aparecen arregladas en forma de espiral con filotaxia 2/5. Cada hoja está rodeada de 3 a 5 estípulas de 1 cm de largo, las cuales permanecen o no adheridas al tallo una vez que se ha desarrollado completamente.

La lámina de la hoja es palmeada y posee varios folíolos. Generalmente las hojas de los nudos inferiores de la planta son de menor tamaño que las producidas en los nudos subsiguientes. El número de folíolos por hoja aumenta y luego decrece; los pecíolos son finos de tamaño y color variables.

Los folíolos centrales de las hojas pueden ser lineales, rómbicos u oblongolanceolados; generalmente los 2 folíolos laterales son diferentes y su número cambia según la variedad. Otra diferencia de la forma de los folíolos de muchas variedades son unos ensanchamientos que pueden estar localizados en la base, en la mitad o en la parte terminal del folíolo, según la variedad.

El color de las nervaduras: verde, amarillo o rojo es otra característica varietal puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja y no hay una relación constante entre el color del pecíolo y el de las nervaduras.

Las hojas son marcadamente bicolores, con el haz de color morado, rojo, verde claro u oscuro según el cultivar. El color del envés varía de gris a azul; Los estomas se encuentran localizados en el envés. El número total de hojas producidas, la tasa de producción de hojas y su longevidad son caracterísiticas varietales que varían según las condiciones ambientales.

Inflorescencia

No todas las variedades de yuca florecen y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. Como todas las plantas del género Manihot , la yuca es una planta monoica, es decir, que tiene flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia.

La inflorescencia es una panícula o racimo floral provisto de brácteas basales angostas; las flores masculinas, más pequeñas que las femeninas y en mayor cantidad, están localizadas en el extremo superior de la inflorescencia.

Las flores carecen de pétalos, todas tienen 5 sépalos unidos, de color amarillo o rojizo, las femeninas abren 1 ó 2 semanas antes que las masculinas en el mismo racimo floral, este fenómeno se conoce como protoginia. Sin embargo, es común que abran al mismo tiempo flores masculinas y femeninas de la misma planta pero de distinta ramificación.

Flor masculina.

Su tamaño es aproximadamente la mitad del de la flor femenina y está localizada en el extremo superior de la panícula. La flor estaminada tiene el pedicelo recto y muy corto.

En el interior de la flor se encuentra un disco basal dividido en 10 lóculos. En el centro del disco se observa un rudimento del ovario. De los espacios entre los lóculos del disco basal nacen, dispuestos en dos series, los 10 filamentos que sostienen las anteras; de estos filamentos, 5 son externos, separados y más largos que los internos que al unirse forman un conjunto de anteras. Se ha estimado que por cada flor femenina se producen hasta 10 flores masculinas, las cuales abren y producen polen después de que las flores femeninas del mismo racimo floral hayan abierto.

Sobre los filamentos se encuentran las anteras de forma alargada e inclinada hacia la parte central de la flor; en un corte transversasl de una antera se observan los sacos polínicos, cada uno de los cuales produce aproximadamente 40 granos de polen; estos son esféricos, amarillos, porosos y poseen entina y

exina revestidas de cristales. Se ha estimado que cada flor masculina produce 1.600 granos de polen, de los cuales el 50% es apto para la fecundación.

Flor femenina.

Las flores pistiladas,de mayor tamaño que las estaminadas, se encuentran en la base de la panícula y tienen un pedicelo más largo y curvado que el de las masculinas y al igual que estas tienen 5 sépalos, pero separados desde la base.

La flor femenina tiene, en su interior, un disco menor lobulado que el de la flor masculina, sobre el cual descansa el ovario. En algunas variedades se observan estaminoides provenientes de los lóbulos o lóculos glandulares del disco basal.

El ovario es súpero, dividido en 3 lóculos que contienen cada uno un óvulo individual. Sobre el ovario se encuentra un estilo muy pequeño que dá origen a un estigma largo, compuesto de 3 lóbulos ondulados y carosos.

Las flores masculinas una vez que producen el polen generalmente se desprenden del racimo floral, mientras que las femeninas que hayan sido fecundadas permanecen en la planta dando origen a los frutos.

Fruto.

Después de la polinización y la subsiguiente fertilización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre 3 y 5 meses para completar su maduración.

El fruto es una cápsula ovoide o esférica de 1 ó 5 centímetros de diámetro con 5 aristas longitudinales, estrechas y prominentes. En un corte transversal se observan 3 lóculos o cápsulas, cada una de las cuales generalmente contiene una semilla.

También se observa una serie de tejidos muy bien diferenciados (epicarpio, mesocarpo y endocarpo); el endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente, cuando el fruto está maduro y seco, para liberar y dispersar las semillas.

Semillas.

Las semillas son el medio de reproducción sexual de la planta y por consiguiente son de incalculable valor en el mejoramiento genético del cultivo. Sin embargo, la planta produce poca cantidad de semilla, de baja viabilidad y lenta germinación. Si se considera que una planta ramifica 3 veces se tendrían 12 inflorescencias que pueden producir cada una 6 flores femeninas. Como cada flor contiene 3 semillas esto daría 216 semillas por planta, en condiciones ideales.

En la mayoría de los racimos florales se observa que las primeras flores femeninas no producen fruto; esto sucede porque las flores femeninas, abren primero y pierden el estigma antes de que las flores masculinas estén en condiciones de producir polen. Esto explica además porqué la polinización cruzada es normal en yuca y se realiza tanto por la acción del viento como por la de los insectos.

Las flores, contienen néctar en abundancia, razón por la cual las moscas (Anastrepha sp.) y otros insectos las visitan con frecuencia; algunos de ellos depositan sus huevos en las flores y los frutos, reduciendo aún más la cantidad de semillas que potencialmente puede producir la planta.

Vista dorsalmente la semilla sexual es ovoide o elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo por 6 mm de ancho. La superficie es lisa, de un color crema con moteado, café oscuro. En la parte superior se encuentra, especialmente en las semillas nuevas, la carúncula, estructura que se pierde rápidamente una vez que la semilla ha caído al suelo.

Vista de perfil la semilla es alargada y mide 4 mm de espesor; el extremo opuesto a la carúncula termina en una pequeña cavidad abierta hacia la fase ventral. Cuando la carúncula ha sido removida se observan, en la porción ventral, dos depresiones separadas por una pequeña sutura lisa que se prolonga a lo largo de la porción ventral y termina en la cavidad opuesta a la carúncula.

En un corte transversal de la semilla se pueden observar: La testa, el endospermo, el embrión y las hojas cotiledonales.

El endospermo.

Situado inmediatamente después de la testa, esta conformado por células parenquimatosas poliédricas, por cadenas de aminoácidos y por cristales que protegen el embrión y sirven de reservas nutritivas; la parte interior del endospermo está en contacto directo con las hojas cotiledonales.

El embrión.

La semilla madura de yuca contiene en su interior un pequeño embrión blanco, situado entre las dos bases de las hojas cotiledonales. El embrión está formado por la radícula, el hipocotilo y la plúmula.

Hojas cotiledonales.

Estas ocupan casi todo el interior de la semilla; son blancas elípticas y carnosas. La nervadura primaria divide la hoja cotiledonal en 2 partes simétricas y a la vez dá origen a ramificaciones secundarias.

Tallos

Son la estructura que sirve de soporte a la planta. Además de servir

para el transporte de los nutrimentos necesarios para la planta, los tallos tienen también una función fundamental en la multiplicación asexual de la especie al servir como "semilla" para la producción comercial de la yuca.

La planta de yuca es considerada generalmente como un arbusto cuya altura del tallo y forma de ramificación varían mucho según el cultivar y las condiciones climáticas; por lo tanto, la altura puede ser de 1 metro en variedades enanas y hasta de 4 metros en otras.

El color de la superficie del tallo también es una característica varietal y puede variar de grisáceo claro a café rojizo.

Las plantas que provienen de semillas que sean producto de la autofecundación tienen comúnmente pocas ramificaciones. En tanto que una planta proveniente de estacas puede producir tantos tallos primarios cuantas yemas viables tenga la estaca; generalmente la planta produce 2 tallos primarios, pero su número está determinado por: la variedad, las condiciones del material de siembra, el tamaño y la posición en que se siembre la estaca.

Ramificación del tallo.

1. Ramificación reproductora:

Una vez que el tallo principal se ha desarrollado y el meristema terminal ha pasado de la fase vegetativa a una fase reproductora, de las axilas de las hojas superiores se desarrollan 2,3 ó 4 ramas secundarias; ésto generalmente coincide con la producción de racimos florales, pero muchas veces puede ocurrir antes de la formación de flores. Las ramas producidas en estos puntos continúan su desarrollo y sucesivamente pueden tener otras ramificaciones similares que coinciden generalmente con la floración. La época en que ocurren estas ramificaciones es una característica varietal y los factores que la controlan no están determinados.

2. Ramas laterales:

Algunos cultivares producen ramas o chupones provenientes de las axilas de las hojas del tallo principal. Generalmente estas ramas son más delgadas que el tallo principal, tienen entrenudos más largos y hojas pequeñas. La producción de este tipo de ramificación es esporádica y depende, en gran parte de la población de plantas y de las condiciones climáticas y no es una característica deseable.

3. Ramificaciones producidas después de daños severos

Cuando se presentan ataques de insectos, especialmente de la mosca del cogollo (Silva pendula), las yemas axilares pueden desarrollar ramas, para continuar el crecimiento de la planta.

De los tipos de ramificaciones vistos anteriormente, la ramificación reproductora constituye el carácter varietal más estable pues, por lo general ocurre independientemente de la población de plantas y de las condiciones ambientales.

El tallo y las ramificaciones tienen nudos formados en la base de las hojas, que son caedizas. El nudo es una estructura prominente, cuya forma y tamaño son característicos de cada cultivar: los componen la base de la hoja, una yema axilar en la parte superior, y de 2 estípulas laterales que pueden ser largas o cortas, lisas o dentadas, según el cultivar.

La distancia que separa los nudos es otra característica varietal, sin embargo las condiciones ambientales, pueden afectarla. La distancia entre nudos en el tallo principal por lo general va siendo menor de arriba hacia abajo; en las ramas es mayor en la parte inferior y en la porción terminal y menor en el centro.

Los nudos determinan también la forma del tallo; éste es comúnmente cilíndrico en la parte inferior y su diámetro varía de 5 a 6 centímetros. En la parte superior tiende a ser prismático, pues de los nudos salen hacia abajo prominencias longitudinales. El grosor del tallo y de las ramas es también una característica varietal.

La estructura interna del tallo de la planta de yuca es típica de las plantas dicotiledóneas. En los primeros estados, antes de que se inicie el crecimiento secundario, el tallo está rodeado por la epidermis, debajo de la cual está la corteza. En la corteza se encuentran los conductos vasculares en forma de anillos. El centro del tallo está ocupado por una médula prominente compuesta de células parenquimatosas. A medida que continúa el crecimiento secundario, el diámetro del tallo va aumentando y se van acumulando grandes cantidades de xilema que le dan al tallo maduro una consistencia fuerte.

Raíces

Las raíces de la planta de yuca, tienen como característica principal la capacidad de almacenamiento de almidón (carbohidratos), razón por la cual es el organo de la planta que hasta el momento ha sido considerado de mayor importancia.

Raíces primarias:

Las plantas provenientes de semilla sexual desarrollan una raíz primaria pivotante de donde salen 3 o más raíces secundarias. Algunas raíces adventicias pueden originarse en la porción subterránea del tallo. Parece ser que la raíz primaria es la primera en convertirse en raíz tuberosa.

En las plantas provenientes de material vegetativo, las raíces adventicias se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca; con el tiempo estas raíces se vuelven fibrosas y llegan a ser las principales raíces alimentadoras de la planta.

A medida que la planta se desarrolla, algunas de estas raíces fibrosas inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas.

De las yemas que están bajo tierra también brotan raíces; el que éstas permanezcan en la planta o desaparezcan depende de la sanidad de la estaca, de la profundidad de siembra y de la posición en que se siembre la estaca.

Las características morfológicas de la raíz son generalmente varietales y pueden ser modificadas por las condiciones climáticas y edafológicas de la zona donde se siembre.

Estas características de la raíz son:

1. Forma, tamaño y color superficial:

En un corte transversal la raíz tuberosa es circular siendo mayor el diámetro del extremo que está adherido a la planta, generalmente termina en una raíz fibrosa, cuya función de absorción de nutrimentos es mínima. Su longitud puede variar entre 15 centímetros y 1 metro; algunas variedades siempre producen raíces pequeñas (20 a 30 cm); sin embargo, en este aspecto influyen mucho, las condiciones en que la planta se desarrolle.

Este es quizás el carácter más estable de las variedades; pueden encontrarse raíces blancas, crema o café, siendo este último el color predominante.

2. Distribución de las raíces:

En esta característica varietal es evidente la influencia de la posición en que la estaca sea sembrada. Estacas sembradas verticalmente producen raíces alrededor de la callosidad que se forma en el extremo inferior de la estaca; algunas raíces provenientes de yemas laterales de la estaca eventualmente también, pueden convertirse en raíces tuberosas. Cuando la posición de siembra es inclinada las raíces tuberosas tienden a formarse solamente en la parte inferior de la callosidad, pero, como en el caso anterior, otras raíces pueden emerger de las yemas laterales que están bajo tierra. Si la estaca se siembra horizontalmente las raíces tuberosas pueden iniciarse y distribuirse en las yemas laterales o en ambos extremos de la estaca.

3. Forma de adherencia de las raíces al tallo:

Las raíces tuberosas están adheridas al tallo por un pedúnculo fibroso cuyo tamaño varía según la variedad. También la profundidad a la cual se siembre la estaca afecta la longitud de este pedúnculo, que es más largo cuando la profundidad de siembra es mayor.

4. Estructura interna de la raíz:

Internamente la raíz de la yuca no ofrece en su estructura ninguna característica extraordinaria. Está compuesta de 3 partes esenciales:

a. La cáscara formada por el peridermo y la corteza.
b. La pulpa y
c. Las fibras centrales.

El peridermo está compuesto por células de corcho muertas que sellan la superficie de la raíz. A medida que la raíz aumenta en diámetro la continuidad de las capas celulares se rompe y dan origen a las fisuras longitudinales que caracterizan la superficie de la raíz. Sin embargo, otras células de corcho se agrupan de tal manera detrás de estas fisuras que la capa protectora de la raíz se restablece.

Debajo del peridermo se encuentra la corteza o región cortical que tiene 1 a 2 mm de espesor, generalmente es blanca o de color rosado o crema. En esta región cortical se encuentran comprimidos los tejidos del floema con sus elementos corrientes: Tubos cribosos, células anexas, parénquima en abundancia y fibras; también se encuentran los canales laticíferos, especialmente en las raíces jóvenes; debajo de la región cortical y separando la pulpa está el cambium. En resumen: la cáscara de la raíz está formada por la región cortical en cuya parte extrema está adherido el peridermo.

La pulpa, o sea la parte comestible de la raíz, es una masa sólida, compuesta principalmente de tejido secundario del xilema derivado del cambium. El sistema primario, compuesto originalmente por 4 a 5 grupos de vasos, no ocupa espacio apreciable en la raíz desarrollada. Esta gran parte de la sección externa del xilema es parénquima, cuyas células contienen almidón en abundancia, en forma de granos redondos de tamaño muy desigual.

Por último en el centro de la raíz hay filas de vasos duros de xilema, de parénquima, los cuales forman el hilo o fibra central de la raíz, cuya dureza, longitud y anchura son características varietales.

El número de raíces tuberosas generalmente se determina en las primeras etapas de crecimiento del cultivo. Las raíces tuberosas prominentes de raíces fibrosas que han penetrado en el suelo y que inician su engrosamiento cuando la raíz comienza su crecimiento secundario. Por esta razón la raíz tuberosa de la yuca es morfológica y anatómicamente idéntica a la raíz fibrosa, pero la diferencia esencial radica en que la polaridad del crecimiento de la raíz cambia de la longitudinal a radial cuando se inicia el crecimiento secundario asegurando el engrosamiento de la raíz. Es precisamente en este tejido donde se acumula el almidón de la yuca.

Contenido de HCN:

La yuca puede contener cantidades considerables de un glucósido llamdo linamarina, el cual, por efecto de la enzima linamaraza, origina ácido cianhídrico en dosis que pueden ser desde inocuas hasta mortales. La linamarina se halla especialmente en la cáscara o corteza de la raíz, donde se concentra el 60 por ciento, también se encuentra en las hojas y otros órganos. Aunque inicialmente este carácter se utilizó para dividir las variedades de yuca entre dulces y amargas, actualmente no se usa porque no se observa consistencia en cuanto a este carácter, ya que variedades que pueden ser dulces en una zona, eventualmente pueden volverse amargas en otras.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE YUCA

Carlos E. Domínguez O.*

Introducción

La planta de yuca (Manihot esculenta Crantz) es considerada una planta perenne y por lo tanto no llega a madurez fisiológica, sin embargo, las raíces se cosechan entre los 7 y 24 meses de edad de la planta, dependiendo de la variedad y de las condiciones climáticas.

Las consideraciones anteriores dificultan una descripción muy exacta del crecimiento y de los diferentes estados de desarrollo de la planta como ha sido posible con otros cultivos (maíz, soya, fríjol), pero en términos generales se puede dividir su ciclo vegetativo desde la siembra hasta la cosecha en tres estados diferentes de desarrollo que son:

1. Germinación
2. Crecimiento temprano y formación de follaje
3. Formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces.

Germinación

Comercialmente la planta de yuca se reproduce vegetativamente por medio de estacas; la obtención de semillas sexuales es difícil y las plantas provenientes de ellas tienen ciclos vegetativos más largos y menor producción de raíces que aquellas que nacen de estacas. Generalmente la longitud de las estacas varía entre 15 y 30 cms. y proveen los nutrimientos necesarios para el desarrollo de los primeros brotes y raíces. Wholey y Cock (1975), encontraron que el crecimiento de los brotes está muy relacionado con el contenido de carbohidratos en la estaca al momento de la siembra. (Fig.1), por lo tanto, estacas muy pequeñas o provenientes de material muy joven no aseguran un crecimiento inicial satisfactorio. Así mismo estacas provenientes de plantas muy viejas están generalmente lignificadas y con pocas reservas lo que reduce la viabilidad, retarda la germinación o produce plantas poco vigorosas. Para asegurar un buen desarrollo inicial Lozano et al (1977) recomienda que las estacas provengan de plantas sanas que tengan entre 8 y 18 meses de edad, un mínimo de 20 cms. de largo y con 5 a 7 nudos.

Williams (1972) demostró que las estacas perdían peso hasta un mes después de la siembra. Cuando la estaca está completamente enterrada en un medio húmedo, 5 días después de la siembra se pueden observar las primeras raíces que emergen de los nudos que están bajo tierra y de la base de la estaca y los primeros brotes aéreos. Las yemas desarrollan chupones paralelos hasta que uno o dos de ellos emergen a la superficie; los primeros 5

* Agrónomo. Asociado de Adiestramiento
Programa de Yuca - CIAT

nudos del brote que se desarrolla generalmente no produce hojas (Wholey y Cock 1974), los chupones que no logran emerger mueren debido a la dominancia apical del brote principal. Cuando la estaca se siembra en forma vertical la mayoría de las yemas localizadas en la parte superior de la estaca permanecen inactivas (Hunt et al 1977). Más o menos 10 días después de la siembra y dependiendo especialmente de la humedad del terreno y de la variedad aparecen las primeras hojas, sin embargo, se ha observado que la fotosíntesis no empieza a contribuir positivamente con el crecimiento de la planta hasta 3 ó 4 semanas después de la siembra.

Crecimiento temprano y formación del follaje

Este estado se inicia cuando el proceso fotosintético contribuye positivamente al crecimiento de la planta, es decir, 3 ó 4 semanas después de la siembra, cuando las condiciones de humedad del suelo han sido favorables. Las primeras hojas son pequeñas y con pocos lóbulos pero su tamaño aumenta durante los primeros 4 ó 5 meses y luego disminuye. Dependiendo de la temperatura y la humedad, las hojas están completamente desarrolladas 10 ó 15 días después de que emergen. Hay una gran variabilidad dentro de los cultivares en cuanto al número de hojas, la forma, el tamaño y la distribución. El número de hojas formadas en el punto de crecimiento puede ser inicialmente de 4 a 6 por semana pero disminuye rápidamente con el tiempo.

El índice de área foliar (IAF) es una característica varietal que depende de las condiciones ambientales. Williams (1974) reportó que el máximo IAF es alcanzado aproximadamente a los 140 días. En un estudio realizado en Madagascar por Cours (1951), se observó que el IAF aumentó durante los primeros 6 meses y luego disminuyó rápidamente, sin embargo, esta disminución en el IAF estaba asociada con la estación fría y seca del año. En estas condiciones el IAF aumentó otra vez cuando se iniciaron nuevamente las lluvias y aumentó la temperatura pero el segundo incremento en el IAF fue menor que el primero.

Durante los primeros 5 a 6 meses de crecimiento la mayoría de los carbohidratos producidos son utilizados para la producción de follaje nuevo (Enyi 1972), sin embargo, las raíces tienen la capacidad de almacenar almidones en estos estados iniciales (Tan 1977).

La tasa de acumulación de materia seca cambia considerablemente durante el ciclo de crecimiento y depende principalmente del aumento en el IAF y su mantenimiento. Cours (1951) reportó que la máxima tasa de acumulación de materia seca fue de 70-87.5m^{-2} sem^{-1} después de 6 - 8 meses de crecimiento; sin embargo, cuando las hojas que se caen son tenidas en cuenta, la máxima tasa de acumulación de materia seca alcanza hasta 110 g m^{-2} Sem^{-1} con un IAF de 4 (Cock 1977); por encima de este IAF se observa un decrecimiento en la tasa de crecimiento del cultivo lo cual puede ser debido a un corto periodo de vida útil de las hojas, cuyo resultado es una mayor proporción de hojas nuevas y pequeñas con baja capacidad fotosintética. (Tan y Cock, datos no publicados).

En las condiciones del CIAT y con 18 cultivares se encontró que el IAF tiende a aumentar hasta los 6 meses después de la siembra y luego baja; también se observaron diferencias varietales en el máximo de IAF pero en todos

los casos fueron menores que el máximo requerido para lograr la máxima tasa de crecimiento (Cock 1976).

Una característica importante en el desarrollo de la planta de yuca es el hábito de ramificación; existen dos tipos principales:

1. La ramificación reproductiva: En este caso cuando el ápice llega a ser reproductivo 2, 3, ó 4 brotes axilares se desarrollan directamente bajo el ápice y forman ramas que son casi de igual tamaño. La formación de flores ocurre en la base de la ramificación reproductiva; sin embargo, no todas las variedades producen flores y aquellas que las producen varían mucho en cuanto al período de floración; este carácter es muy afectado por las condiciones ambientales y se acelera cuando la planta sufre algún estress. Observaciones hechas en CIAT llevan a concluir que al menos a un nivel moderado, la floración y fructificación no tiene un efecto adverso en la producción de raíces.

2. Los chupones se desarrollan de las axilas de las hojas con entrenudos largos y poca producción de hojas.

Tanto el número de nudos producidos antes de la primera ramificación, el número de ramas formadas en cada punto de ramificación y el tiempo de ocurrencia de éstos son características varietales (Cock 1977, Hunt 1976) que dependen en cierta forma del ambiente en el cual se desarrolla el cultivo. Bajo condiciones de alta luminosidad y fertilidad del suelo se forma una mayor cantidad de ramificaciones.

Existe también cultivares que nunca ramifican, por ejemplo M Col 1120, mientras que M Col 72 ocasionalmente ramifica después de 10 a 11 meses; M Mex 11 empieza a ramificar después de 5 meses y CMC 9 ramifica antes de los 2 meses despues de la siembra y continúa ramificando 6 ó 7 veces antes de completar un año (Cock 1977).

El tamaño de las hojas, como ya se dijo tiende a disminuir después de los 6 meses tanto en plantas que ramifican como en las que no ramifican; sin embargo, los tipos más ramificados han mostrado un decrecimiento mayor en el tamaño de las hojas después de los 6 meses (Cock 1977).

La formación temprana de ramas conduce a una excesiva producción foliar y consecuencialmente a bajos rendimientos. Esto parece ser debido a que la tasa de crecimiento del cultivo aumenta, con un aumento en el IAF, pero a mayor IAF el crecimiento marginal disminuye y llega a ser menor que el material requerido para formar y mantener el exceso de área foliar. Sin embargo, a bajas poblaciones(10.000 pl/ha) se pueden obtener mayores rendimientos con variedades ramificadas (CIAT 1975).

Formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces.

Cuando las estacas son sembradas en condiciones de buena humedad, a los 5 días se pueden observar las primeras raíces que emergen de los nudos que están bajo tierra. En la base inferior de la estaca se forma una callosidad

de donde emergen también raíces (Hunt et al 1977). El número de raíces nodales y basales aumenta hasta los dos meses (Hunt et al 1977, Wholey 1974). Parece ser que el número de raíces basales es muy variable y depende principalmente del estado nutricional de la planta mientras que el número de raíces nodales es fijado por las condiciones de la estaca. Las raíces nodales y basales son anatómicamente idénticas y almacenan almidones en el parenquima del xilema (Indira y Sinha 1970).

El verdadero engrosamiento de las raíces se observa después de los tres meses (Wholey y Cock 1974) y está asociado con el crecimiento secundario de células parenquimatosas en el xilema (Indira y Sinha 1970). La iniciación del engrosamiento de las raíces puede ser modificado con aplicaciones de sucrosa o glucosa (Indira y Hanha 1972), lo cual sugiere que la diferenciación celular y el almacenamiento de almidones en las raíces puede estar regulada por la disponibilidad de carbohidratos solubles en la planta.

El número de raíces que engrosan es generalmente determinado en las fases iniciales del período de crecimiento y depende del genotipo, de las condiciones del material de siembra y de las condiciones ambientales en que se desarrolle la planta. Estudios hechos en el CIAT (Wholey y Cock 1974), determinaron que desde los 2 hasta los 7 meses, el número de raíces por planta en 12 cultivares permaneció relativamente constante ($\bar{X}$ = 9.6) lo que sugiere que el número de raíces que inician su engrosamiento durante el segundo mes son suficientes para almacenar el exceso de carbohidratos producidos por la planta. Sin embargo, la variedad M Col 137 continuó produciendo nuevas raíces hasta lo 7 meses y fue al final la de mayor producción. El engrosamiento de las raíces aparentemente empieza debido a una disminución en el crecimiento del resto de la planta lo que permite que un exceso de carbohidratos se transloque a las raíces. Durante este período, el tamaño de las hojas nuevas y la tasa de formación de hojas por ápice disminuye.

Experimentos conducidos en CIAT mostraron que, cuando el número de raíces por planta fue reducido a 8, tres meses después de la siembra en la variedad CMC 84 la reducción en peso de las raíces y en el total de la planta fue insignificante pero con una reducción de raíces hasta 4 el peso seco total de la planta y de las raíces se redujo considerablemente. Esto sugiere que cuando el número de raíces es mayor de 9 por planta (10.000 plantas por ha.) la capacidad de almacenamiento de las raíces no limita el crecimiento de las raíces ni la producción total de materia seca.

El número de raíces por planta puede ser afectado por la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y por la población de plantas por ha., lo cual, también sugiere que la disponibilidad de carbohidratos en los estados iniciales de crecimiento pueden influenciar el número de raíces que finalmente almacenan almidones.

La tasa de almacenamiento de materia seca en las raíces varía en los cultivares (Wholey y Cock 1974) y aunque algunos mantienen la misma tasa de almacenamiento desde los 3 hasta los 7 meses (M Col 137, MCol 1099) otros pueden aumentarla del 5 al 7 mes (M Col 35, 647, 676).

Algunos cultivares parecen ser fotosensitivos a períodos de luz mayores de 12 horas, en cuanto a la acumulación de materia seca en las raíces, Lowe et al (1976), concluyeron que fotoperíodos largos favorecían la formación de

follaje mientras que reducían el desarrollo de las raíces. Por lo tanto, la planta de yuca debe considerarse como una planta de día corto en cuanto a la producción de raíces.

La planta de yuca tiene la capacidad de acumular más del 70% de su producción final de materia seca en las raíces (Fig.2) lo cual es excepcionalmente alta comparada con otros cultivos.

RESUMEN

Una descripción muy exacta del crecimiento y desarrollo de la planta de yuca se dificulta por el hecho de que esta es una planta perenne y con muchos ideotipos que varían en su desarrollo de acuerdo a las condiciones climáticas existentes. Sin embargo, se pude dividir el desarrollo de la planta en tres estados. Durante el primero, "germinación", la planta inicia su desarrollo y depende principalmente de las reservas que provee el material de siembra. Durante el segundo, "crecimiento temprano y formación del follaje", el proceso fotosintético empieza positivamente a proveer carbohidratos a la planta los cuales en su mayoría son utilizados en la formación del follaje. Sin embargo, las raíces tienen la capacidad de iniciar su engrosamiento durante este estado inicial. Durante este estado puede ocurrir la ramificación y la floración. Durante el tercer estado "formación simultánea de follaje y engrosamiento de las raíces" la planta continúa desarrollando ramas y hojas pero las raíces aceleran su engrosamiento aparentemente debido a una disminución de la tasa de crecimiento del resto de la planta lo cual permite que el exceso de carbohidratos se transloque a las raíces.

Fig. 1 Relación entre las reservas de carbohidratos en las estacas y el crecimiento de los brotes 6 meses después de la siembra.(Tomado de Trop.Agr. 52 c2): 188-1975.

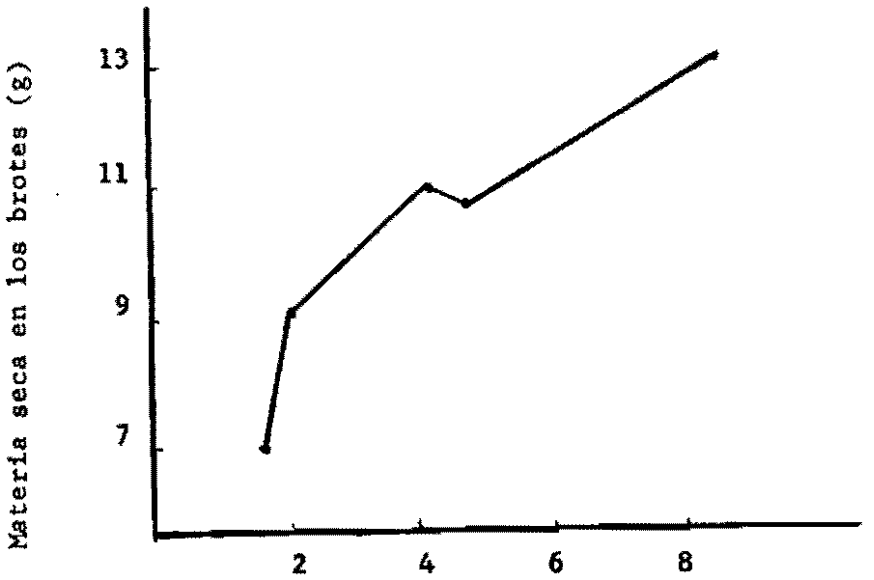
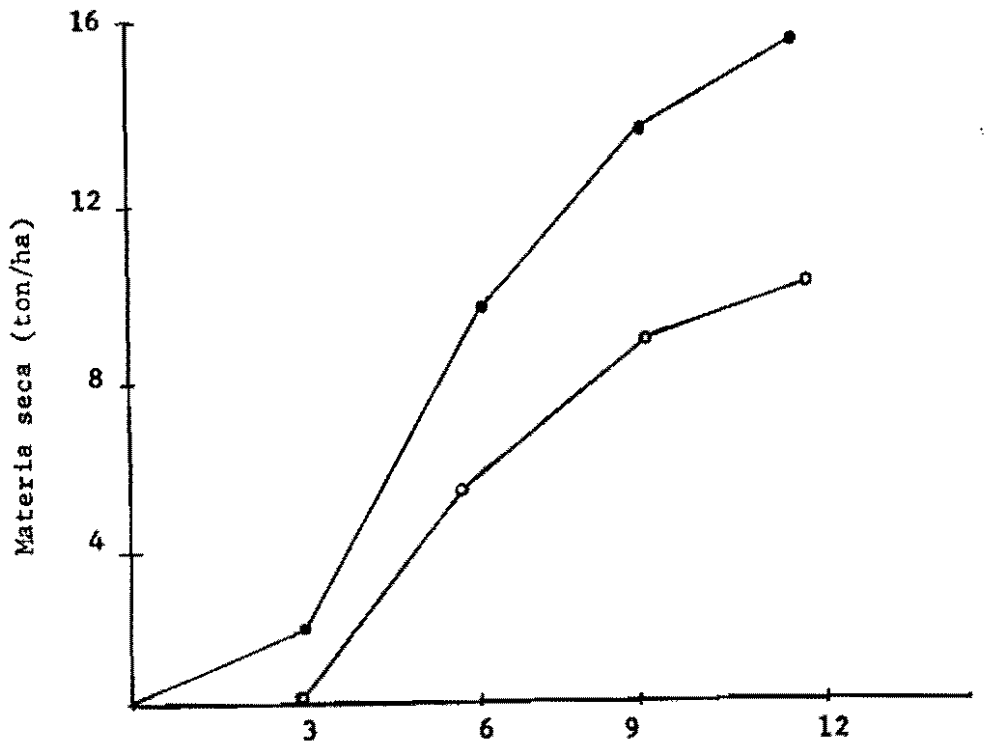


Fig. 2 Cambios en la acumulación de materia seca total (o) y en las raíces (o) durante el ciclo vegetativo de la variedad M Col 22.(Tomado de J. Cock, "The ideal cassava plant", 1977).



EL TIPO IDEAL DE YUCA PARA RENDIMIENTO MAXIMO

James H. Cock*

En 1972 empezó el Programa de Yuca en el CIAT. El objetivo de este programa es la generación de una tecnología para altos rendimientos de yuca con pocos insumos. Una parte esencial en el desarrollo de esta tecnología es un tipo de planta que por sí misma sea muy eficiente en la conversión de luz, agua, y bióxido de carbono a almidones. El Sub-programa de Fisiología de Yuca ha tratado en los últimos años de definir que tipo de planta tendrá producción alta de almidones/ha/día. Antes de empezar con la investigación en fisiología en el CIAT, había muy pocos datos sobre la fisiología de la yuca; en una revisión de literatura, Hunt, Wholey & Cock 1977, resumieron todos los conocimientos en este campo antes de la iniciación de las investigaciones. Básicamente el factor más importante para el rendimiento parecía ser un "índice de área foliar" alto. Sin embargo, en ensayos preliminares en el CIAT cuando se aumentó el índice de área foliar (IAF) por medio de niveles altos de nitrógeno o poblaciones altas de plantas, se encontró que el rendimiento subía hasta cierto punto y después bajaba. En estos mismos ensayos también fue notable que el punto en que empezó a bajar la producción con alta población de plantas fue también el punto en que empezó a bajar el índice de cosecha. Además se observó que había una correlación estrecha entre el rendimiento y el índice de cosecha de 18 variedades diferentes. Con esta información como base empezamos a hacer una descripción profunda del desarrollo de la yuca.

La estructura de la planta

La planta tiene como constituyentes básicos, unidades nodales que constan de hojas y peciolos, el entrenudo y raíces gruesas que se forman en la base cortada de la estaca que se utiliza como semilla. Los entrenudos sin peciolos y hojas, tienen un peso promedio de 0.5 hasta 2.5 grs. por entrenudo en una planta madura, y las hojas más los peciolos tienen 135 cm^2 g^{-1} de peso seco. Generalmente, la planta muestra dominancia aplical fuerte y por lo tanto, no es común que produzca hojas en las yemas axilares. Cuando el ápice central se vuelve reproductivo, las yemas axilares directamente abajo del ápice central se desarrollan y forman ramas de un tamaño bastante parejo.

PRODUCCION DE MATERIA SECA Y SU DISTRIBUCION

Indice de área foliar y crecimiento

En casi todos los cultivos la tasa de crecimiento aumenta con el IAF hasta un cierto nivel. Encima de este nivel la tasa de crecimiento es constante o decrece un poco. Se sembró M Col 113 en un diseño sistemático (Bleasdale 1952) y se midió la tasa de crecimiento durante un período de seis semanas. Las hojas caídas fueron recolectadas para obtener la producción de materia seca total durante el período. La ta

* Fisiólogo, Coordinador del Programa Yuca, CIAT.

sa de crecimiento en este ensayo alcanzó a un nivel de aproximadamente 110 g m^{-2} $semana^{-1}$ con un índice de área foliar de 4 (Fig. 1). El decremento en la tasa de crecimiento con IAF de más de 4 es probablemente debido a una vida corta de la hoja con índices de área foliar altos que causan una proporción muy alta de hojas tiernas las que tienen tasas de fotosíntesis muy bajas (Tan & Cock, sin publicar). El nivel máximo de la tasa de crecimiento y la forma de la curva es similar a datos de otros ensayos en CIAT (Fig. 1, CIAT 1972).

En el mismo ensayo con M Col 113, se estudió la relación entre el crecimiento de las raíces y el IAF (Fig. 2). La tasa de crecimiento de las raíces mostró un nivel óptimo muy marcado entre 3 y 3.5. En otro ensayo con tres variedades se notó la misma tendencia a un IAF óptimo con tasa de crecimiento de más o menos 2.5 a 3 (Fig. 3). Se formuló una hipótesis para explicar este IAF óptimo tan marcado que se muestra en la fig. 4. La tasa de crecimiento aumenta con el IAF pero a niveles más altos de este índice, el aumento marginal de la tasa de crecimiento con aumento del IAF es pequeño y es menor que la cantidad de la materia seca que la planta requiere para formar el IAF adicional. Por lo tanto, cuando el IAF aumenta a un nivel más alto que el óptimo, hay menos material para el crecimiento de las raíces.

Las variedades M Col 1148 y M Col 12 con ángulos de hojas al mediodía de 40°y 12°sobre la horizontal, respectivamente, fueron sembradas a un espacio de 1 x 1 m. El IAF fue modificado por medio de poda de las hojas y se midió la tasa de crecimiento durante un período de 2 meses. Todas las hojas caídas fueron recolectadas y secadas para determinar el total de la producción de materia seca nueva. La tasa de crecimiento aumentó hasta valores de 110 g. x m^{-2}/semana al aumentar el IAF hasta 4, (Fig. 5). Las diferencias entre las variedades siempre fueron pequeñas, M Col 1148 siempre tuvo una tasa de crecimiento 10% más alta que la M Col 12 a un IAF dado. Duncan et al , 1967, utilizaron un modelo para predecir la tasa de crecimiento de maíz y sugirieron que con un IAF de menos de 2, las hojas horizontales son ventajosas y encima de 3, las hojas verticales dan mayor tasa de crecimiento. Por lo tanto, es probable que las diferencias entre las dos variedades encontradas en este ensayo no fueron debidas a diferencias en ángulo de hoja, pero sí a otros factores aún desconocidos. Además, las diferencias debidas a ángulo de la hoja son sin duda menores en comparación con las diferencias debidas al IAF, y son demasiado pequeñas para ser importantes en un cultivo de yuca en estado de desarrollo.

De los datos presentados anteriormente, es obvio que el IAF es el factor más importante en la determinación de la tasa de crecimiento. Hasta el momento, solo hemos encontrado diferencias pequeñas entre las variedades y empleando los datos de M Col 1148 (Fig. 5), utilizamos una relación matemática para determinar la tasa de crecimiento en función del IAF.

La tasa de crecimiento de las raíces y su relación con el crecimiento de las hojas y los tallos.

Para entender el crecimiento de la yuca es necesario saber si la capacidad de las raíces para aceptar carbohidratos limita el engrosamiento de las raíces o aún el crecimiento total de la planta, y también se debe saber si la capacidad de las raíces para atraer carbohidratos tiene efectos sobre el desarrollo de la parte aérea de la planta.

Se redujo el número de raíces gruesas de M Col 22 tres meses después de la siembra por medio de poda de dichas raíces. No se observó ningún efecto de este tratamiento sobre la parte aérea de la planta (fig. 6). Cuando el número de raíces por planta se redujo de 12.5 a 9.1, el peso por raíz aumentó en tal forma que no hubo ningún efecto sobre la tasa de crecimiento de la parte aérea (Fig. 7). Sin embargo, cuando el número de raíces fue reducido drásticamente de 10.2 hasta 3,9 por planta, tanto el peso de raíces secas como el peso total de la planta fueron reducidos. No obstante, cuando el número de raíces fue reducido hasta 8.1, la reducción en ambos, peso seco de las raíces y peso seco total de la planta, fue pequeña (Fig. 7).

El descortezamiento de la planta corta el floema y por lo tanto, previene el transporte de carbohidratos de la parte aérea de la planta hacia las raíces. Se puede utilizar este método para aislar la fuente de carbohidratos, la hoja del receptor, la raíz. Se hizo descortezamiento en M Col 22 y CMC 84 en la base del tallo para eliminar el efecto de receptor sobre la parte aérea. No se observó ningún efecto significativo de interacción entre variedades y tratamientos y por lo tanto, solo se presentan los promedios de los tratamientos. No hubo ningún efecto significativo de tratamiento sobre área por hoja o por planta. El aumento de peso seco del tallo fue mayor en las plantas tratadas pero el aumento de peso del tallo más las raíces fue similar en las plantas tratadas y las sin tratamiento (Cuadro I). En otro ensayo con descortezamiento, el tratamiento no tuvo ningún efecto sobre la tasa de producción de hojas por ápice ni sobre el tamaño de la hoja (Cuadro II).

Durante la época de engrosamiento de las raíces se puso M Col 22 bajo la sombra. No hubo ningún efecto grande sobre el crecimiento de parte aérea de la planta pero el aumento de peso de las raíces fue reducido a un 35% (Cuadro III). El tamaño de la hoja no fue afectado pero la producción de hojas fué reducida entre 5 y 15%.

Estos datos sugieren que el crecimiento de las hojas y los tallos tiene preferencia sobre el crecimiento de las raíces; es decir, que las raíces aceptan el carbohidrato producido en exceso del potencial de crecimiento de la parte aérea. Cuando el número de raíces es mayor que 9 por planta en una población de 10.000/ha. la capacidad de las raíces como receptores no limita el crecimiento de las raíces en términos de peso seco ni el crecimiento total de la planta. Si el número de raíces es muy limitado, la capacidad de recibir carbohidratos puede limitar la producción total de materia seca o el tallo puede aceptar más

carbohidratos en los entrenudos. Sin embargo, el carbohidrato disponible en exceso no cambia la forma de desarrollo del área foliar.

DESARROLLO DEL INDICE DEL AREA FOLIAR (IAF)

En las secciones anteriores hemos enfatizado la importancia del IAF y la falta de una limitación de la capacidad receptora de las raíces como un factor que determina el rendimiento, por lo tanto una descripción de desarrollo del IAF es esencial para definir el proceso de formación del rendimiento de la yuca.

Tamaño de la hoja

El IAF es una función de: 1) el tamaño de cada hoja; 2) la tasa de formación de hojas por ápice; 3) el número de ápices por unidad de área y 4) la longevidad de la hoja. Se sembró CMC 84 en diferentes épocas y se cosecharon todas las parcelas al mismo tiempo. Se anotó una tendencia a aumentar el tamaño de la hoja hasta los cuatro meses después de la siembra y luego se notó una disminución (Fig, 8). Se observó la misma tendencia en otras variedades, algunas con ramificación profusa, M Col 1607 y otras sin ramas, M Col 72 y M Col 1120, lo que sugiere que la misma tendencia ocurre en ambos tipos, los que tienen mucha ramificación y los que no tienen ninguna ramificación (Fig. 9). Las plantas con más ramificación en este ensayo mostraron una disminución un poco más grande en el tamaño de la hoja después de los seis meses y se necesitan más ensayos para definir la interacción entre la disminución del tamaño de la hoja y la forma de ramificación. Sin embargo, cuando el número de ramificaciones fue reducido artificialmente en un 75% en la M Col 113 cinco meses después de la siembra, el tamaño de hoja solo se aumentó en un 10% en la cosecha final 10 meses después de la siembra.

Para obtener una función general de la relación entre el tamaño de la hoja y el tiempo después de la siembra, utilizamos datos de CMC 84, un tipo de planta de ramificación mediana (Fig. 8).

Vida de la hoja

Cuando las hojas de yuca se encuentran en la oscuridad, se caen durante un período de 10 días (Rosas, Cock y Sandoval 1976). Para ver los efectos de sombra parcial algunos tratamientos fueron impuestos sobre hojas 10 y 30 días después de su formación. No había ninguna tendencia a la caída más rápida de las hojas hasta un nivel de sombra de 75% y aún a este nivel los efectos fueron pequeños. Con sombra de 85% la vida de la hoja fue muy reducida; sin embargo, la reducción no fue tan grande como para que las hojas se cayeran al cabo de 10 días después de la aplicación del tratamiento como sucede en el caso de sombra completa (Fig. 10). El modo exacto en que la sombra reduce la longevidad foliar no es completamente claro; sin embargo, los datos nos conducen a la siguiente hipótesis: 1) bajo sombra completa las hojas se caen después de 10 días de haber ocurrido la sombra completa y 2) los niveles de sombra hasta un 75% tienen poco efecto so-

bre la longevidad de vida de la hoja. Estos datos nos han dejado hacer una descripción de los efectos de la sombra sobre la caida de hojas y es que la vida de la hoja es reducida por la sombra cuando esta alcanza un cierto nivel y encima de este nivel las hojas se caen durante 10 dias. A falta de información más precisa, hemos adoptado 95% como el nivel crítico, y cuando se hace una comparación entre los datos actuales y la hipótesis hay una relación bastante estrecha. (fig. 10).

La intercepción de la luz por un cultivo de yuca durante un día nublado da una constante K de aproximadamente 0.8 utilizando la función $I/I_o = e^{-kl}$, en donde I_o es radiación total y I es radiación abajo de un índice de area foliar L. La longevidad foliar de M Col 113 fue mucho más corta con valores de IAF de más de 3 lo que es equivalente a I/I_o de 91% que sugiere también que los efectos de la sombra sobre la longevidad foliar son razonables. (Fig. 11).

Cinco líneas de yuca fueron sembradas como plantas separadas y durante su ciclo vegetativo se midió la longevidad foliar. La CMC 9 tuvo una longevidad foliar mucho mayor que las demás variedades (Fig. 12). No es probable que las diferencias sean debidas a diferentes efectos de sombra siendo que la CMC 84 tiene más o menos el mismo vigor que la CMC 9 pero tiene una longevidad foliar mucho más corta. Además, no hubo ninguna tendencia de longevidad foliar a cambiar con el tiempo como se esperaría si hubieran efectos grandes de sombra debido a un IAF alto. En datos obtenidos más recientemente, la M Col 72 ha tenido una longevidad foliar de hasta 125 dias. En otros ensayos se observó que el descortezamiento en la base de la planta para prevenir efectos de atracción de carbohidratos y minerales por las raíces no ha tenido ningún efecto sobre la longevidad foliar (Rosas, Cock y Sandoval 1976). Por lo tanto, se puede decir que la longevidad foliar es un factor independiente del engrosamiento de las raíces pero depende de la variedad y del nivel de sombra.

TASA DE FORMACION DE HOJAS

La tasa de formación de hojas por unidad de área de suelo depende de: 1) la tasa de formación de hojas por ápice; 2) el número de ápices por planta y 3) el número de plantas por unidad de área.

Hojas por ápice

La tasa de formación de hojas por ápice, de dos variedades de M Col 113 y M Col 22 mostró una tendencia a disminuír con el tiempo (figs. 13 y 14) y las diferencias entre las dos variedades fueron muy pequeñas. En otro ensayo con cinco variedades sembradas como plantas separadas (Fig. 15), se observó la misma tendencia y poca diferencia varietal. Además, las tasas obtenidas en los dos ensayos sembrados en diferentes épocas fueron muy similares en plantas de la misma edad. Se hizo un ajuste para obtener una función de número total de hojas producido por ápice (Fig. 13) y la derivada de esta función da la formación de hojas por cada rama.

Población de plantas

El número de plantas por unidad de área depende de la densidad de la población y de la germinación. En general la germinación es alrededor de 100% y por lo tanto el número de plantas/ha es casi igual a la población de plantas.

Forma de ramificación, ápices por planta

El número de ápices por planta está determinado por la forma de ramificación. Primero los brotes axilares de la base del tallo se desarrollan y forman tallos nuevos o chupones. Estos chupones crecen a la sombra de las hojas formadas en los ápices más arriba y normalmente son etiolados con hojas pequeñas. En ensayos cuando se quitan estos chupones con poblaciones altas, los rendimientos aumentan mostrando que el tipo de planta ideal para rendimiento máximo no tendrá estos chupones. El segundo tipo de ramificación ocurre cuando el ápice central pasa a la etapa reproductiva. Los brotes axilares directamente abajo del ápice central se desarrollan y forman dos, tres, o cuatro ramas que son aproximadamente iguales en tamaño. El número de ramas formadas en cada punto de la ramificación depende de la variedad; por ejemplo, la variedad M Col 113 produce normalmente cuatro y ocasionalmente tres ramas en cada punto, mientras que la M Col 22 produce tres o en algunas ocasiones dos ramificaciones en cada punto. El tipo de ramificación más común es con tres ramas en cada punto de ramificación.

El tiempo en que esta ramificación ocurre es una característica varietal, por ejemplo la variedad M Col 1120 nunca forma ramificaciones la M Col 72 produce ramas ocasionalmente después de 10 o 12 meses, la M Mex 11 empieza a ramificar después de cinco meses, mientras la CMC 9 frecuentemente empezará a ramificar antes de dos meses, y cuando la planta tiene un año, tendrá seis o siete diferentes niveles de ramificación.

MODELO DE CRECIMIENTO DE LA YUCA

Se puede describir la tasa de crecimiento como una función del IAF y este último puede ser descrito por la tasa de formación de hojas por ápice, número de ápices por metro^2, tamaño de la hoja y longevidad foliar. De las secciones anteriores se puede ver que todos estos factores están descritos en una forma biológica. La distribución de la tasa de crecimiento es tal que primero las "necesidades" de la parte aérea deben ser satisfechas y después el exceso llena las raíces. Las "necesidades" de la parte aérea son definidas como la materia seca requerida para formar hojas y nudos, en la forma descrita en las secciones anteriores.

De las funciones de la tasa de formación de hojas por ápices, número de ápices por metro^2, y tamaño de hojas con el tiempo y asumiendo que la longevidad foliar es una constante se puede calcular el IAF durante cualquier período en el crecimiento de la yuca. Al mismo tiempo, a partir de estas variables se pueden calcular las "necesidades" de las partes aéreas en una forma cuantitativa.

Una vez que se han calculado el IAF se puede determinar la tasa de crecimiento; en el caso de este modelo este proceso se lleva a cabo en el período de una semana. Cuando el modelo está en esta forma, este describe el desarrollo del área foliar y la tasa de crecimiento de la planta. Se puede determinar el peso del tallo multiplicando el peso del nudo más el peso de la hoja por la tasa de formación de hojas y siendo que la tasa de crecimiento de raíces debe ser la diferencia entre la tasa de crecimiento total y la tasa de crecimiento del tallo también se puede determinar la tasa de crecimiento de las raíces.

Al principio cuando utilizamos el modelo en esta forma notamos un problema grave que consiste en que en el caso extremo de ramificación muy temprana con hojas muy grandes durante las primeras etapas de crecimiento, el crecimiento del tallo fué mayor que la tasa de crecimiento de las plantas lo que nos dió una tasa de crecimiento de las raíces negativo y hasta un peso total de las raíces negativo. Esta situación obviamente es absurda y por lo tanto supusimos que el crecimiento del tallo debe ser igual o menor que la tasa de crecimiento de la planta. Pusimos un "loop" en el programa para ajustar la tasa de formación de hojas en tal forma que el crecimiento de los tallos es igual a la tasa de crecimiento de la planta en tales casos. Cada planta tiene reservas de 1 g. para empezar el crecimiento lo que es equivalente a las reservas de carbohidratos en la estaca sembrada en el campo.

El modelo en este estado de desarrollo supuso que la longevidad foliar fuera una constante, pero de los datos anteriores hemos visto que esto depende de la sombra. Se estableció un sub-rutina en el programa para que todas las hojas que habían sido puestas bajo sombra de más de 95% (K = 0.8) por una semana cayeran al fin de esta.

DISCUSION

El modelo descrito es muy sencillo y hay ciertas aproximaciones que obviamente no son realistas; por ejemplo el tamaño de la hoja es determinado en el momento en que la hoja aparece, mientras que es obvio que la hoja tiene un período de expansión antes de alcanzar a su tamaño máximo. Igualmente los nudos se forman con su peso final, mientras que datos recientes (Tan & Cock, sin publicar), muestran que los nudos aumentan su peso durante todo el ciclo de crecimiento de la planta. Además supusimos que la tasa de crecimiento es una función de IAF y es una constante que es aproximadamente real para las condiciones de CIAT en donde la radiación solar es relativamente constante y la lluvia es suficiente para prevenir efectos fuertes de sequía durante el año. Además la tasa de formación de hojas por ápice está bastante afectada por diferencias en la temperatura (Cock y Rosas, 1974, Irikura com.pers). Aunque existan estas limitaciones, creemos que el modelo puede ser útil para definir las características de una planta de alto potencial de rendimiento bajo condiciones casi óptimas. Después cuando obtengamos más datos sobre los efectos de diferentes niveles de radiación solar, temperatura, sequía y nutrición de la planta sobre los parámetros del modelo, podremos construir un modelo nuevo para definir el tipo de planta ideal para condiciones sub-óptimas.

En el campo hay datos de tasa de crecimiento con relación al IAF y también hay datos simulados del modelo. En la Fig. 16 se puede ver que los resultados del modelo son bastante parecidos a los datos obtenidos en el campo y por lo tanto creemos que el modelo hace una descripción bastante precisa del crecimiento de la planta.

Se hicieron simulaciones de diferentes tipos de planta para determinar qué características influyen el rendimiento en una forma cualitativa, pero también en una forma cuantitativa. De todas las variables utilizadas en el estudio sabemos que la forma de ramificación, el tamaño de la hoja, la longevidad foliar y el peso por nudo pueden ser cambiados por medios genéticos. En la Fig. 17 se muestran: 1) el efecto de variar solo una de estas características en una planta con tres ramas a las 30 semanas, 2) la longevidad de hoja de 10 semanas, 3) el tamaño máximo de la hoja de 500 cms^2 y 4) el peso por nudo de 1.g. sembrado a 20.000 plantas por hectáreas y cosechadas 11 meses después de la siembra.

Es obvio que la ramificación temprana es desastrosa, pero cualquier tipo de planta que ramifica entre las 20 y las 30 semanas rinde bien. En el campo con una variedad muy vigorosa, M Col 113, hicimos poda de ápices para reducir el número de ramas y el rendimiento aumentó notablemente (Cuadro IV). Además los mejores rendimientos obtenidos en el CIAT de 60 y 54 ton/ha/año, fueron de tipos de plantas que tuvieron el primer punto de ramificación más o menos 30 semanas después de la siembra (Kawano, com. pers.).

El rendimiento también fué incrementado con un aumento del tamaño máximo de la hoja pero el aumento fué pequeño cuando el tamaño de la hoja fue superior a 500 cms^2, sugiriendo que hay poca ventaja en tener hojas sumamente grandes pero hojas pequeñas son definitivamente desventajosas. La longevidad de las hojas tiene un efecto bien marcado sobre el rendimiento y un aumento del rendimiento muy grande puede ser esperado si podemos obtener plantas con longevidades foliares de 15 a 20 semanas.

Cuando se cambió el peso por nudo de 0,5 hasta 1,5 g/nudo, un cambio bastante drástico, los cambios de rendimiento fueron relativamente pequeños y por lo tanto, aunque es obvio que nudos más livianos son ventajosos, es improbable que podamos obtener aumentos grandes de rendimiento por medio de selección de nudos más pequeños. Además todavía no se sabe si es posible obtener nudos livianos y al mismo tiempo hojas grandes.

De estos resultados de simulación podemos sugerir que la combinación de ramificación a las 20 semanas con un tamaño máximo de la hoja de 500 cms^2, y con una densidad de siembra de 20.000 plantas/ha. bajo las condiciones del CIAT y con un buen control de insectos, enfermedades y plagas, se pueden esperar rendimientos de 30 ton de raíces secas/ha. en un año. El uso de este modelo nos ha permitido definir las características asociadas con rendimientos altos y definir en un modo cuantitativo cuanto más rendimiento podemos obtener si cambiamos una sola característica de la planta. Además, la construcción del modelo puede mostrarnos con rapidez qué factores debemos estudiar.

Por ejemplo, cuando empezamos con la construcción del modelo, no tuvimos ni la más mínima idea que la longevidad de la hoja fuera un factor tan importante en la determinación del rendimiento pero el conocimiento de este parámetro es necesario para la construcción del modelo. Después se encontró la importancia de este parámetro que ha recibido muy poca atención de los fisiólogos en general y ya pensamos que los aumentos en la longevidad foliar son muy importantes para aumentar el rendimiento en la yuca y probablemente en otros cultivos con ciclos vegetativos bastante largos.

CUADRO I. EFECTO DE UN CORTE ANULAR EN LA BASE DEL TALLO, SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA YUCA - (PROMEDIO DE VARIEDADES).

	Aumento en el rendimiento de raíces (g/m^2) de materia seca	Aumento en el peso del tallo (g/m^2) de materia seca	Aumento total en el peso seco sin incluir las hojas (g/m^2) de materia seca
Testigo	456	162	618
Tratada	60	580	640

CUADRO II. EFECTOS DEL DESCORTEZAMIENTO SOBRE LA PRODUCCION DE HOJAS POR APICE Y EL TAMAÑO DE HOJA.

	Hojas formadas	Tamaño de hoja (cm^2)
Testigo	11	72
Descortezamiento	12	68

CUADRO III. EFECTOS DE LA SOMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO DE M COL 22 DURANTE LA EPOCA DE ENGROSAMIENTO DE RAICES.

	Aumento de peso seco de raíces (gm^{-2})	Aumento de peso seco de tallos (gm^{-2})	Nudos formados por planta	Nudos formados por ápice	Tamaño de hoja (cm^2)
Testigo	304	77	30	19	130
Sombra	197	70	28	16	146
% cambio debido a sombra	35	8	6	15	-12

CUADRO IV. EFECTO DE LA REDUCCION DEL NUMERO DE APICES SOBRE EL CRECIMIENTO DE LA VARIEDAD DE YUCA M COL 113.

Reducción del número de ápices (%)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Rendimiento de raíces secas (ton/ha)	Peso seco de tallos (ton/ha)	Indice de Cosecha (%)	IAF Final
0	33.6	11.3	12.5	44	4.86
25	38.5	13.3	12.7	47	4.44
50	39.7	13.6	12.0	49	4.28
75	40.3	14.0	11.8	49	4.92
Diferencias significativas	**	**	NS	**	NS

** Diferencia significativa al nivel de 0.01

Fig. 1 Tasa de crecimiento de M Col 113 (o) y M Col 1148 (o) como función de índice de área foliar. Dos diferentes ensayos

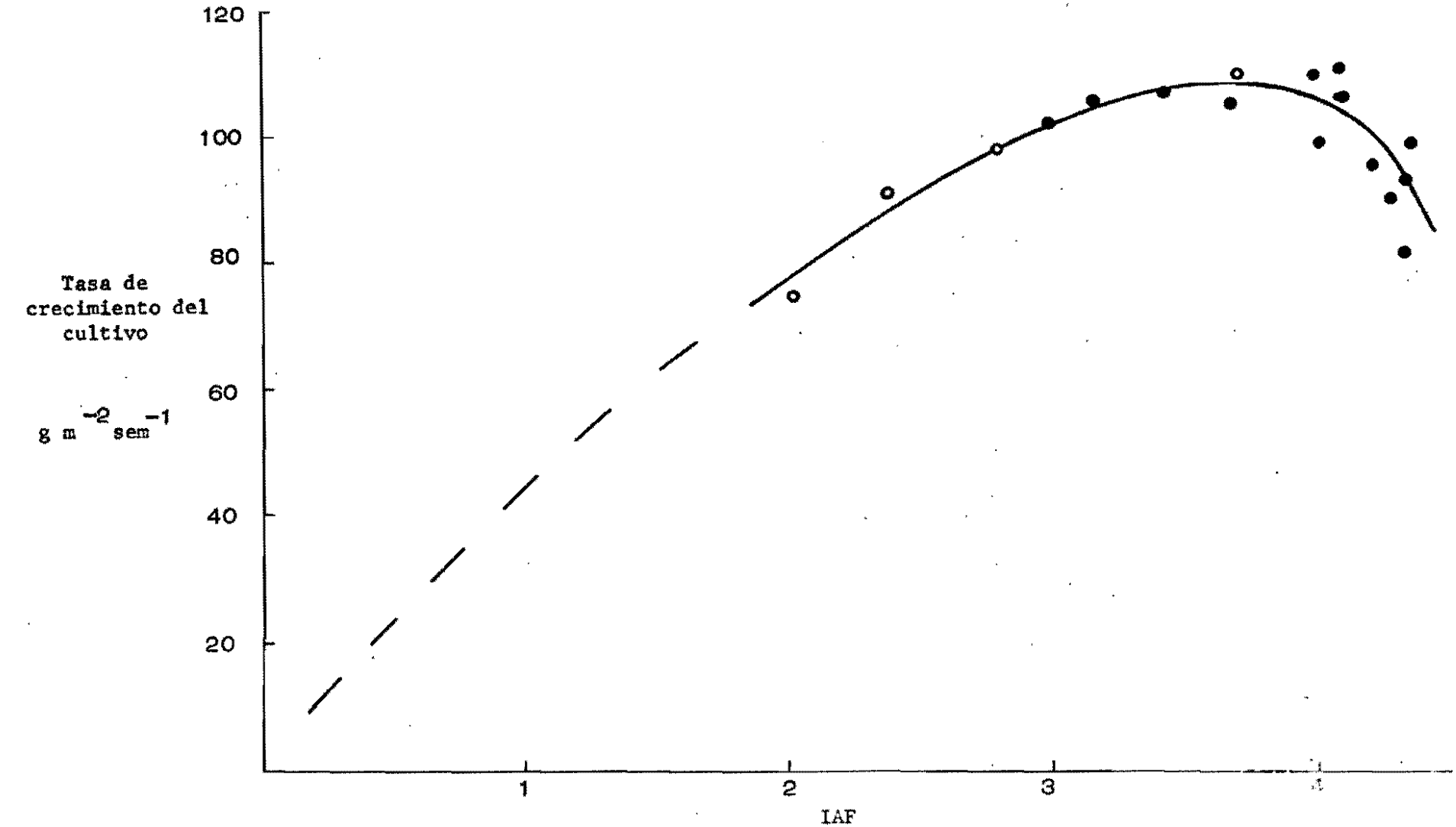


Fig. 2 Cambios de peso seco de raíces como una función del IAF en la variedad M Col 113

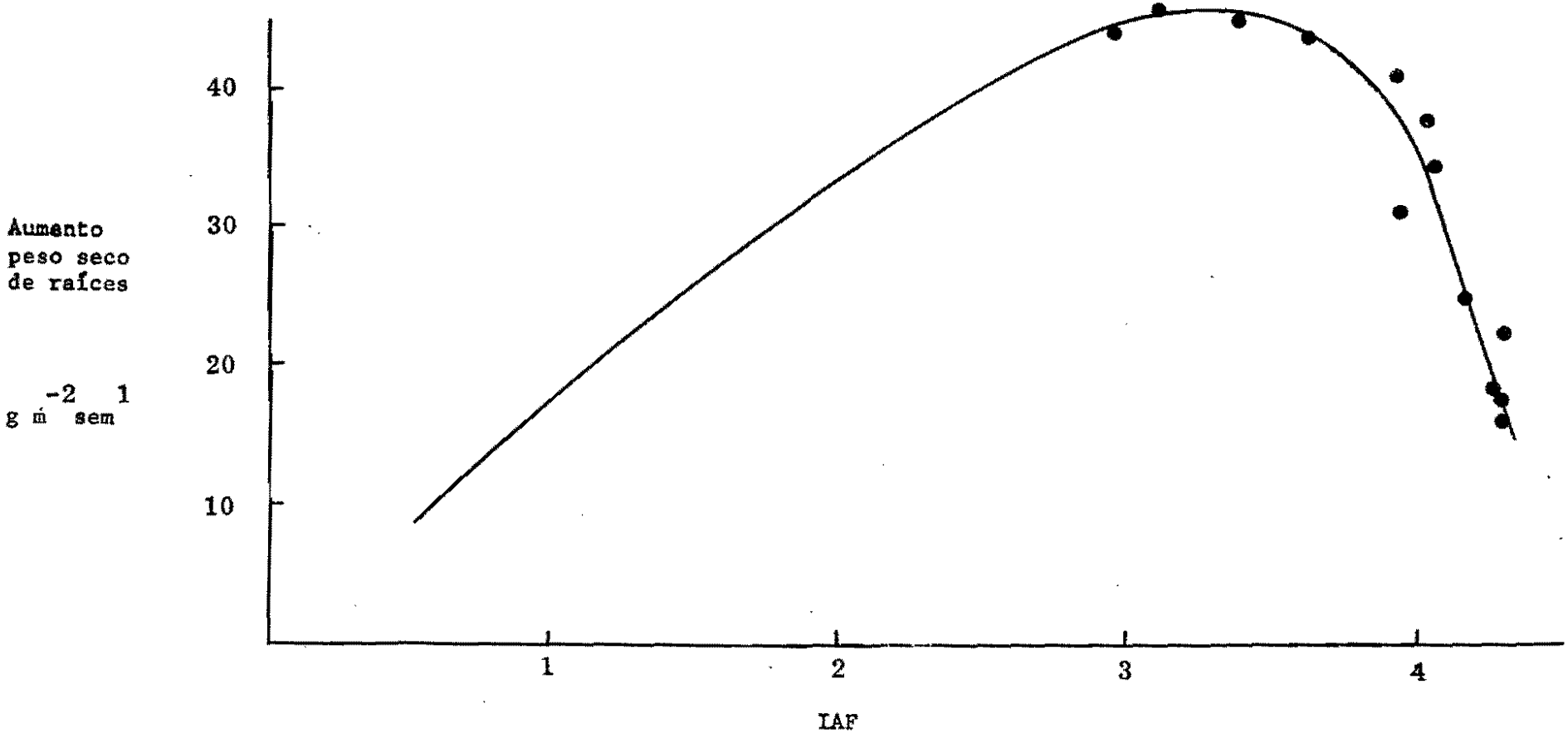


Fig. 3 Cambios en peso seco de raíces en relación con el Indice de Area Foliar 4-6 y 6-9 meses después de la siembra

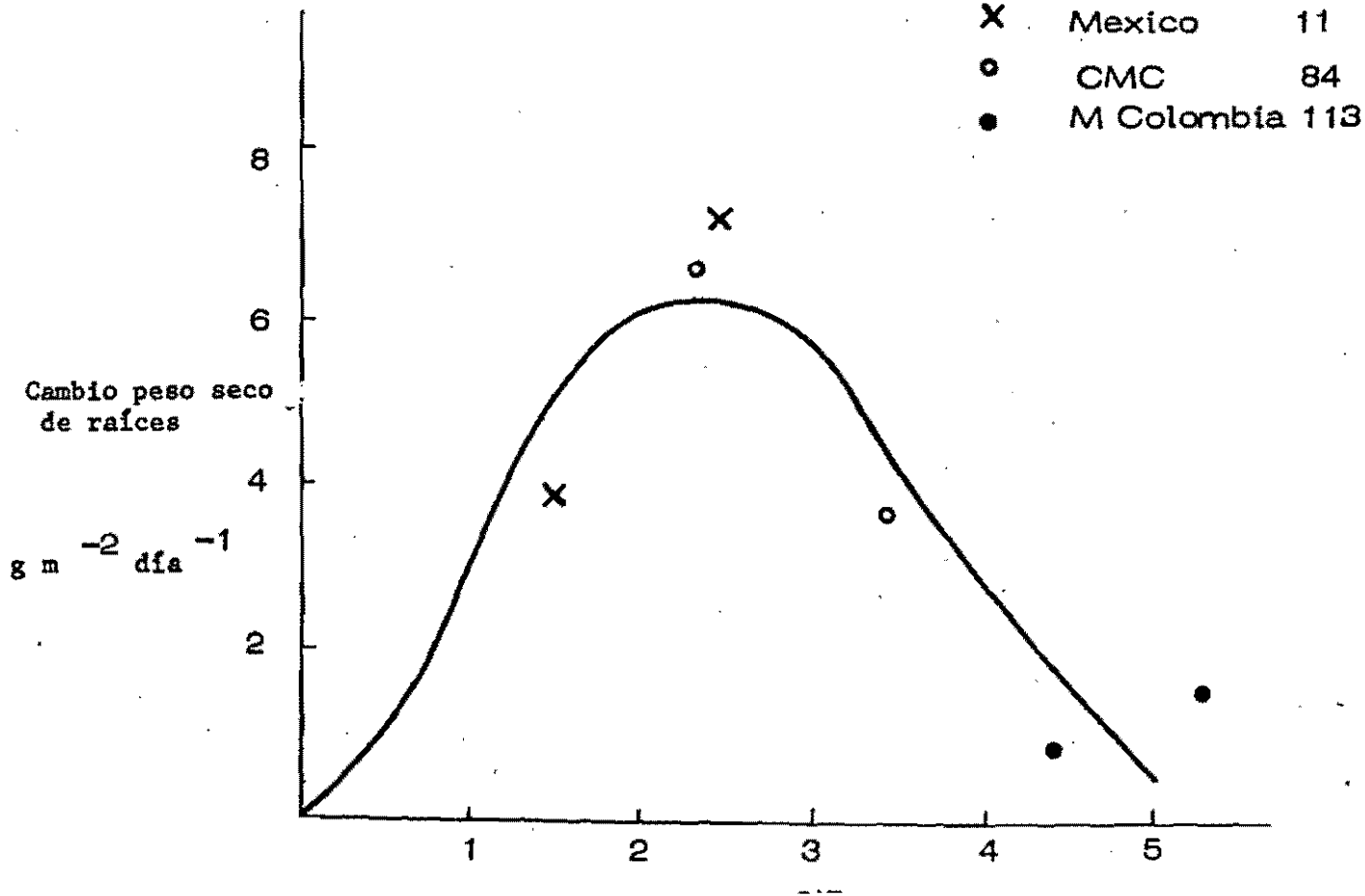


Fig. 4 Representación esquemática de la relación entre el índice de área foliar la tasa de crecimiento, la materia seca utilizada en la formación del área de la hoja y el crecimiento de las raíces

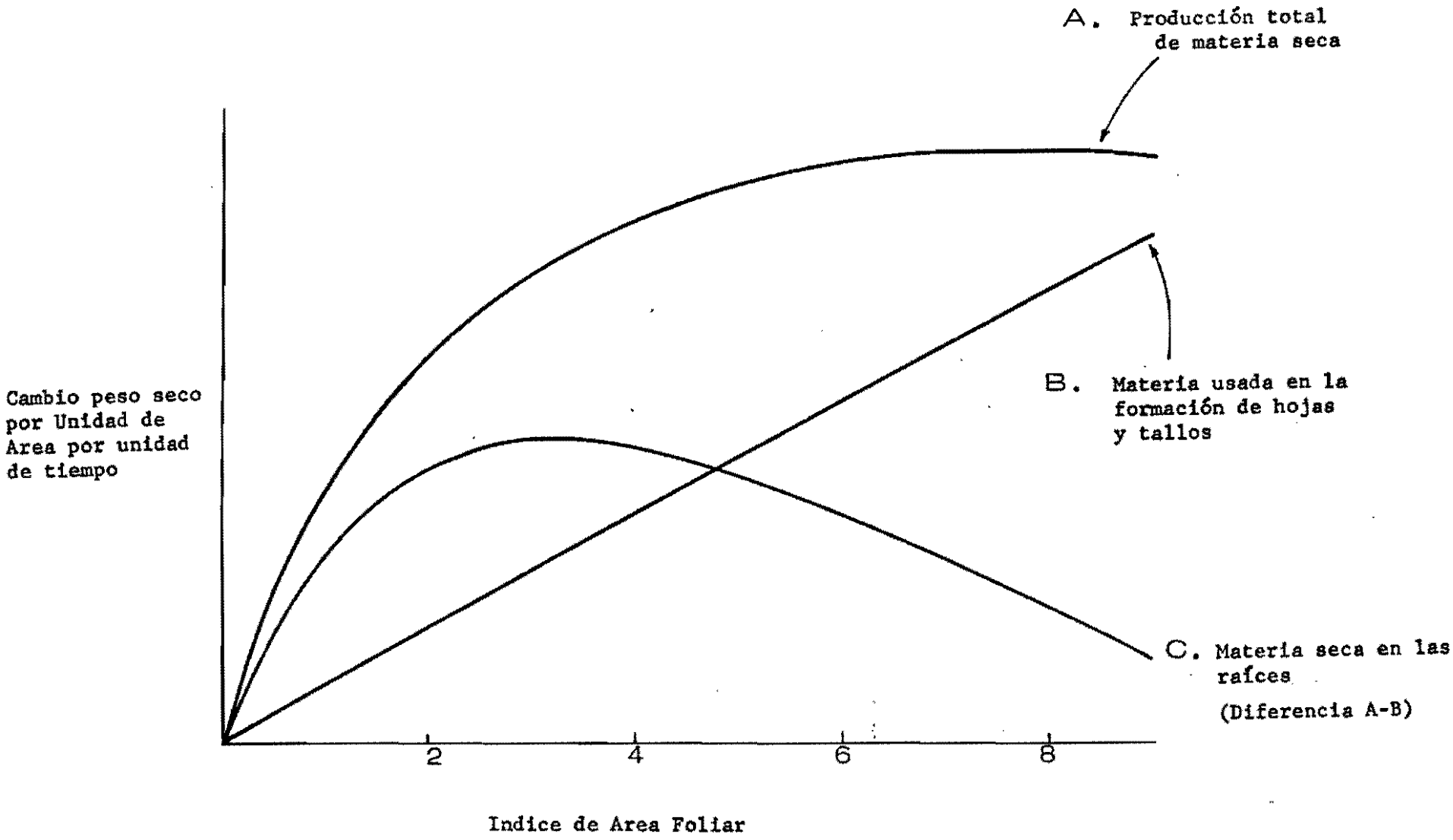


Fig., 5 Tasa de crecimiento como una función del IAF
M Col 1148 (o) y M Col 12 (o)

$$1/y = 0.00413 + 0.0178x$$

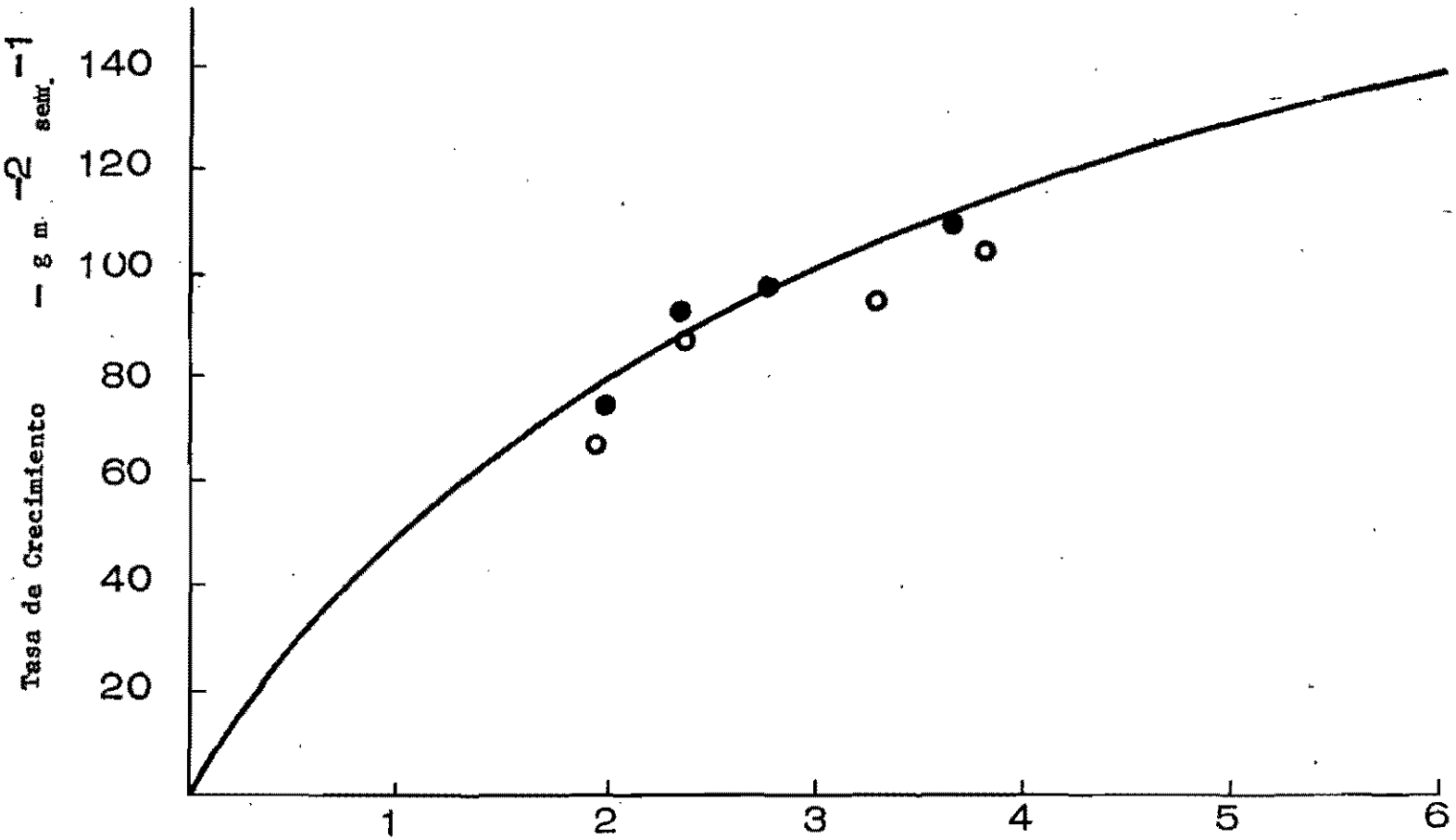
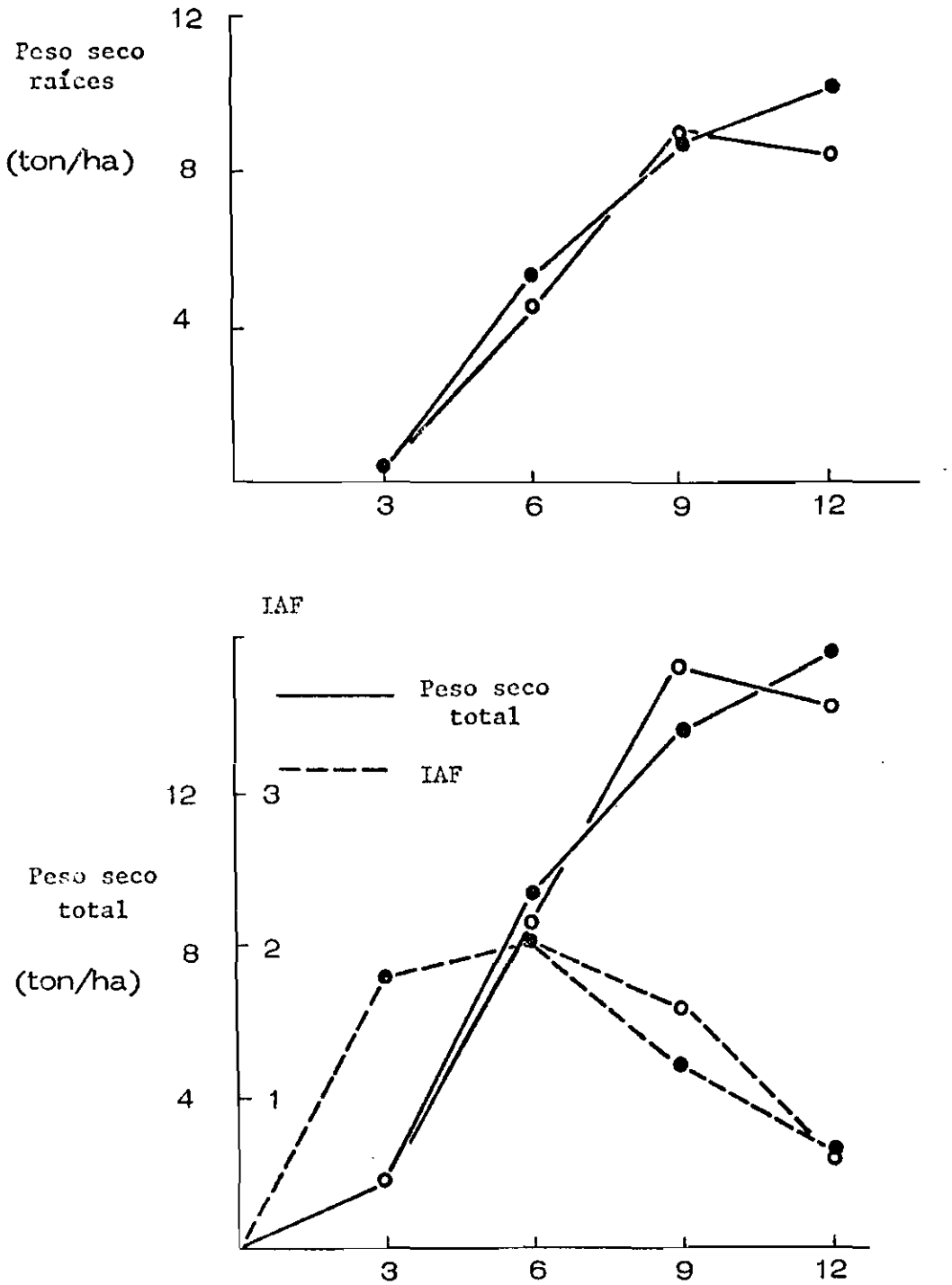


Fig. 6 Cambios en rendimiento de raíces IAF y peso seco total de M Col 22 con Normal (o) y número reducido (o) de raíces



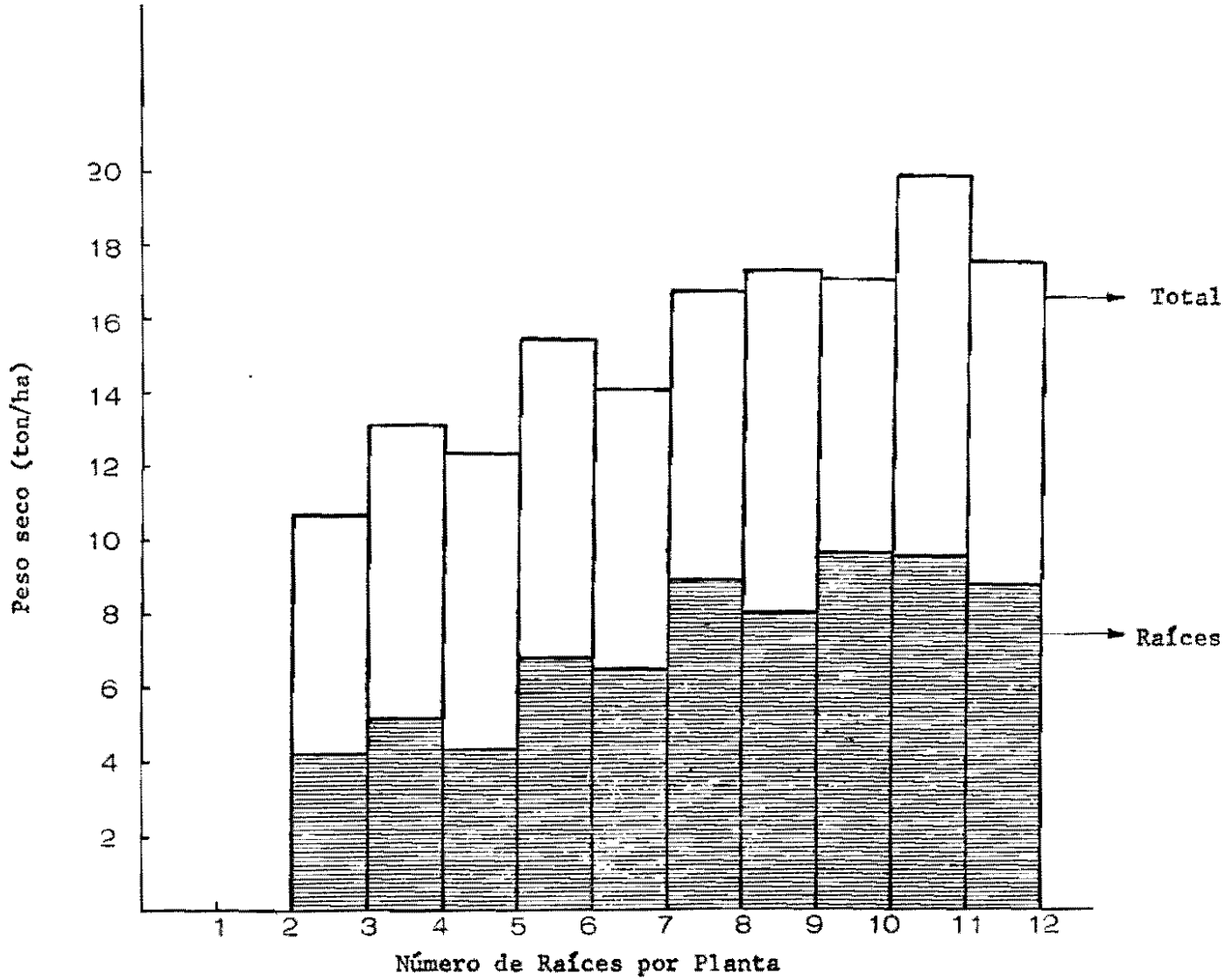


Fig. 7. Efecto del número de raíces por planta sobre el rendimiento

Fig. 8. Tamaño de la hoja de CMC 84

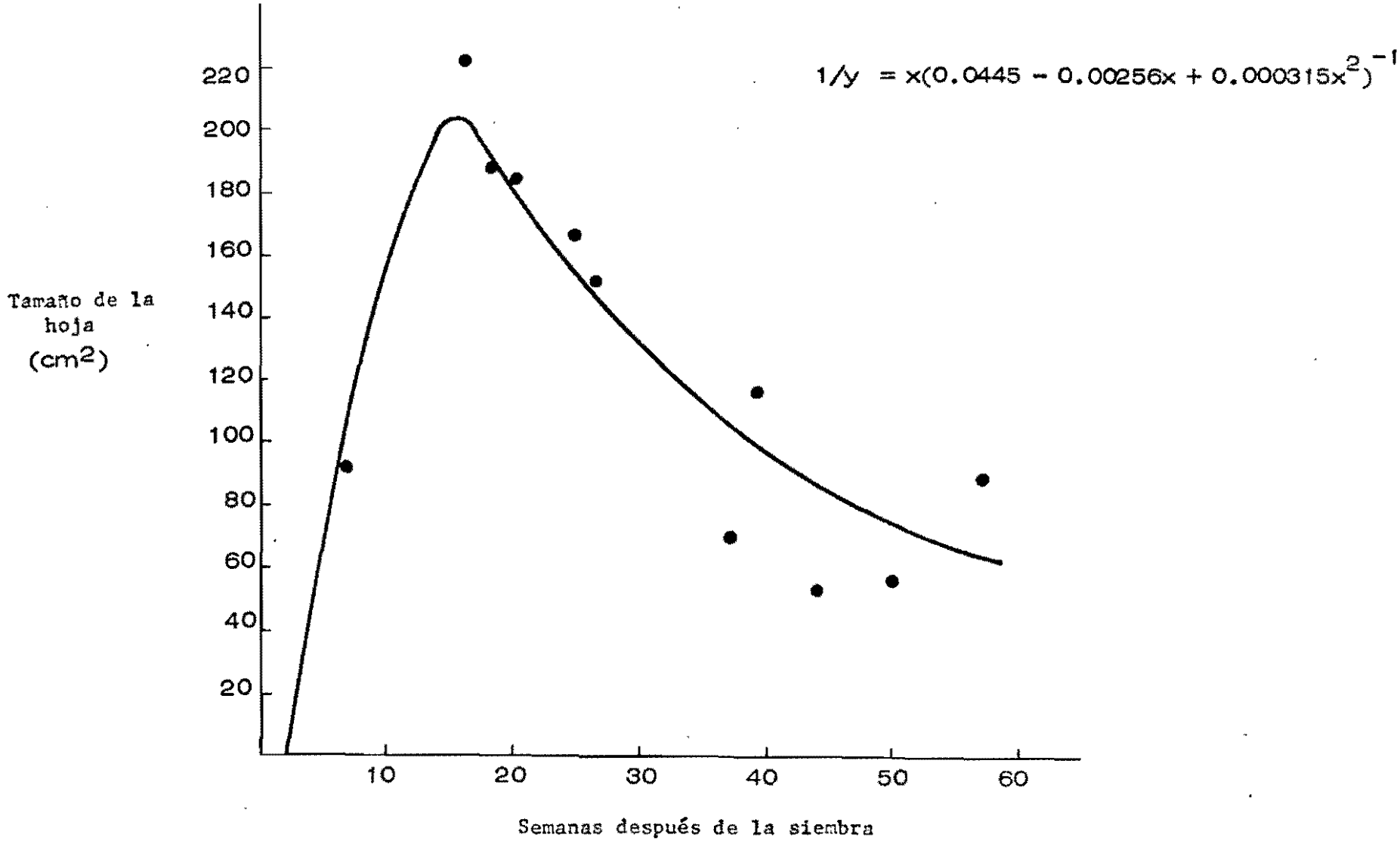


Fig. 9. Tamaño de la hoja de tres variedades

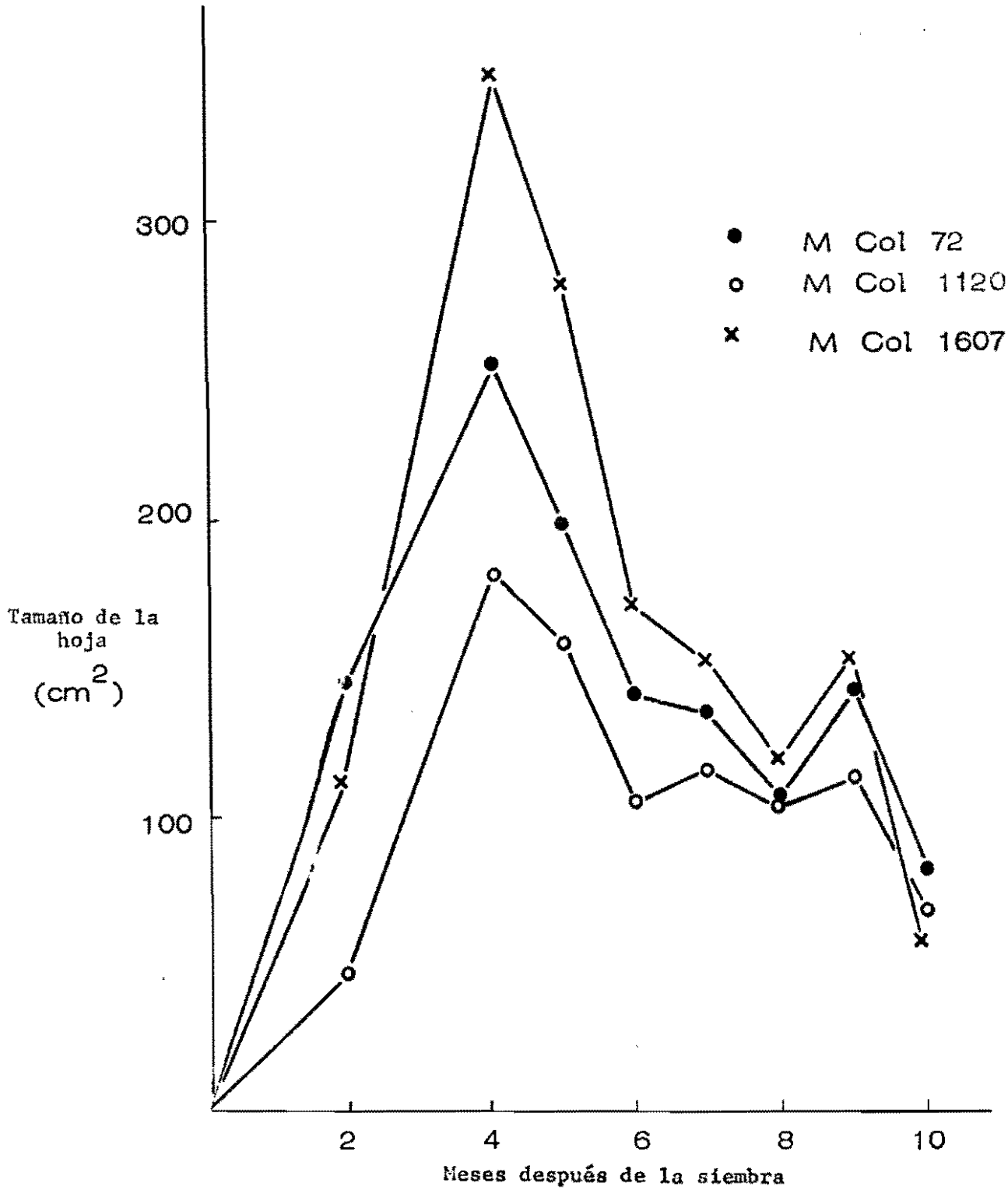


Fig. 10. Comparación de datos de campo e hipótesis de los efectos de sombra sobre la longevidad foliar

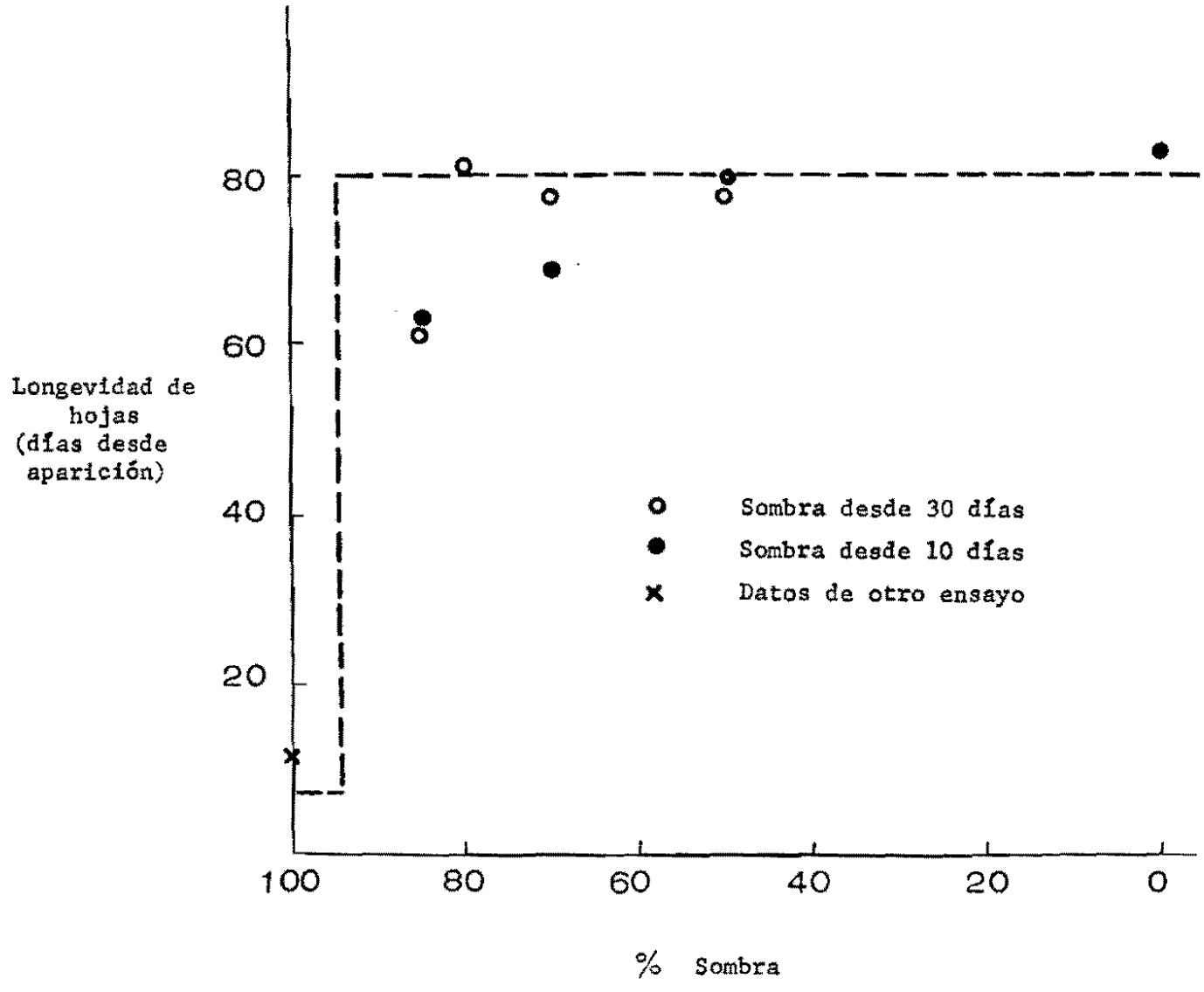


Fig. 11. Longevidad de las hojas como una fución del Indice de Area Foliar

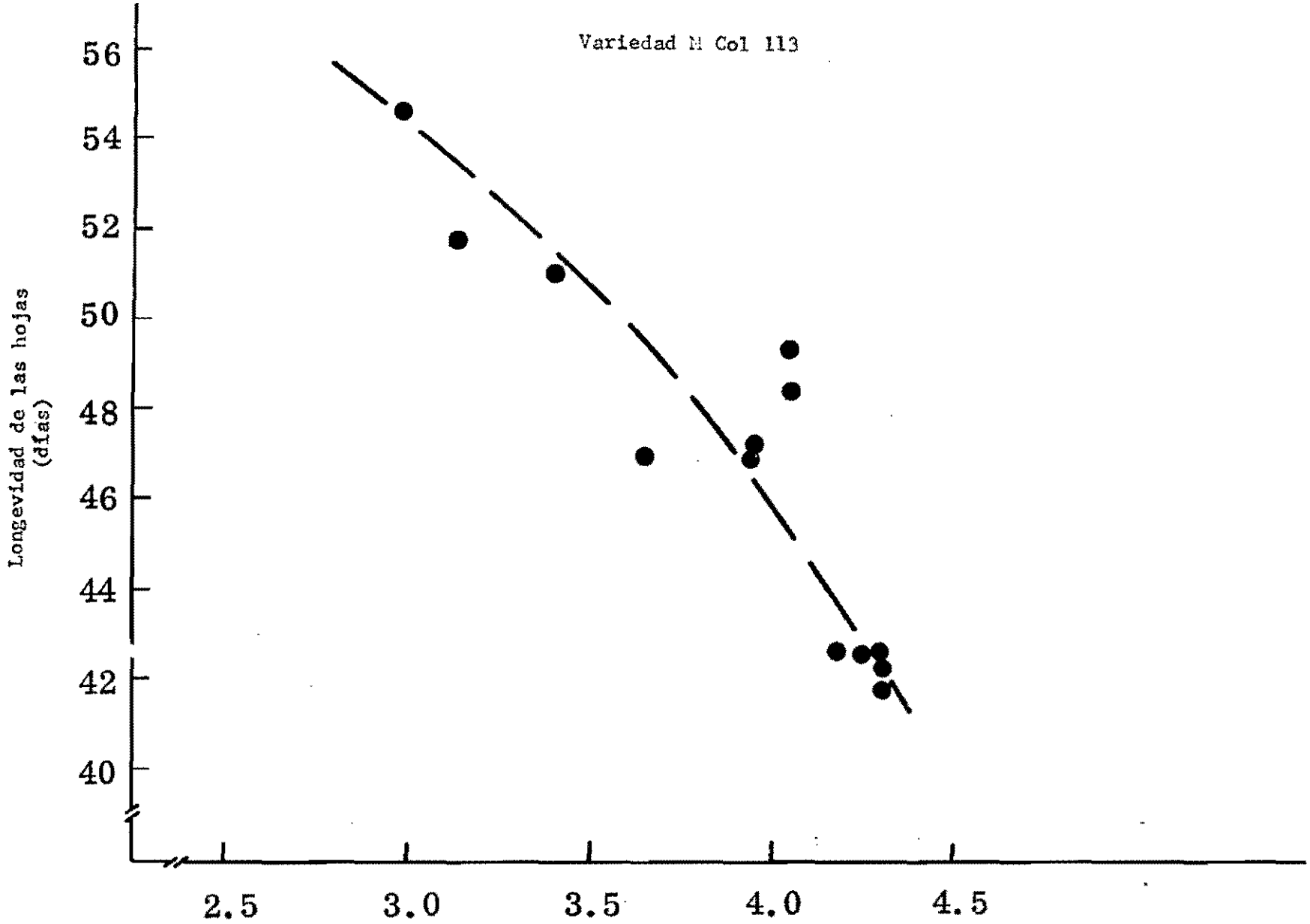
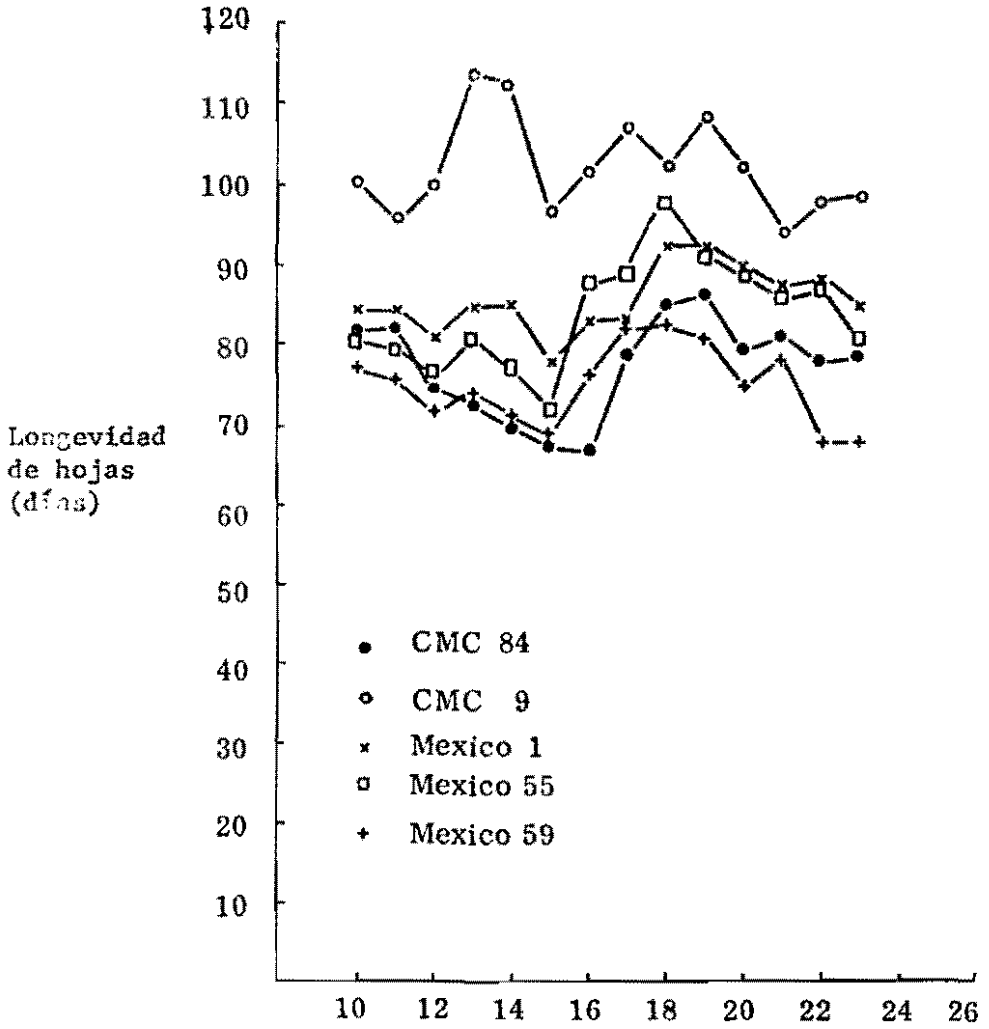
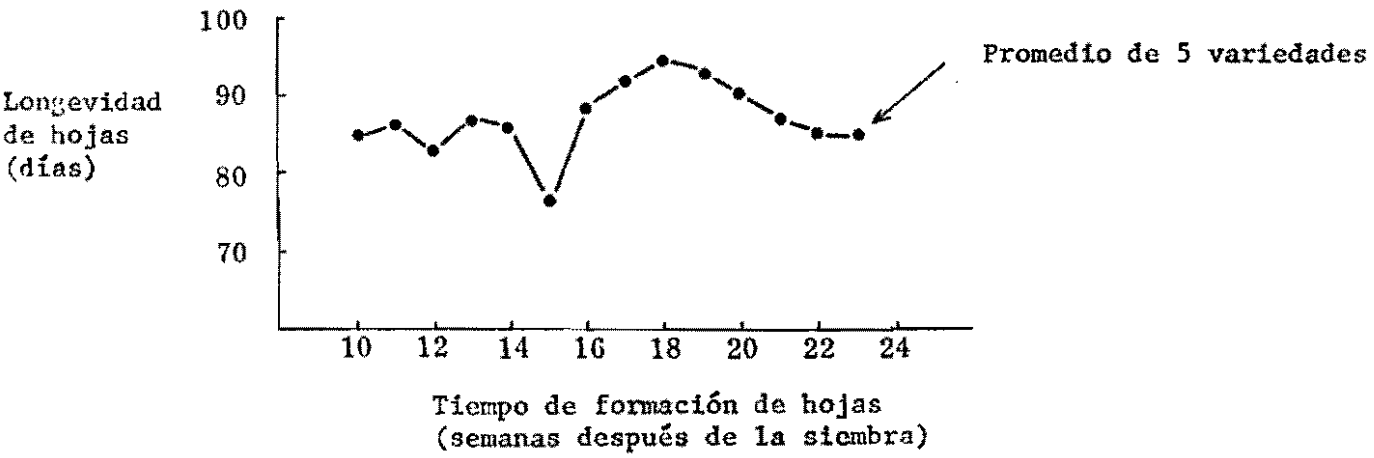


Fig. 12 LONGEVIDAD DE LAS HOJAS EN PLANTAS SEPARADAS





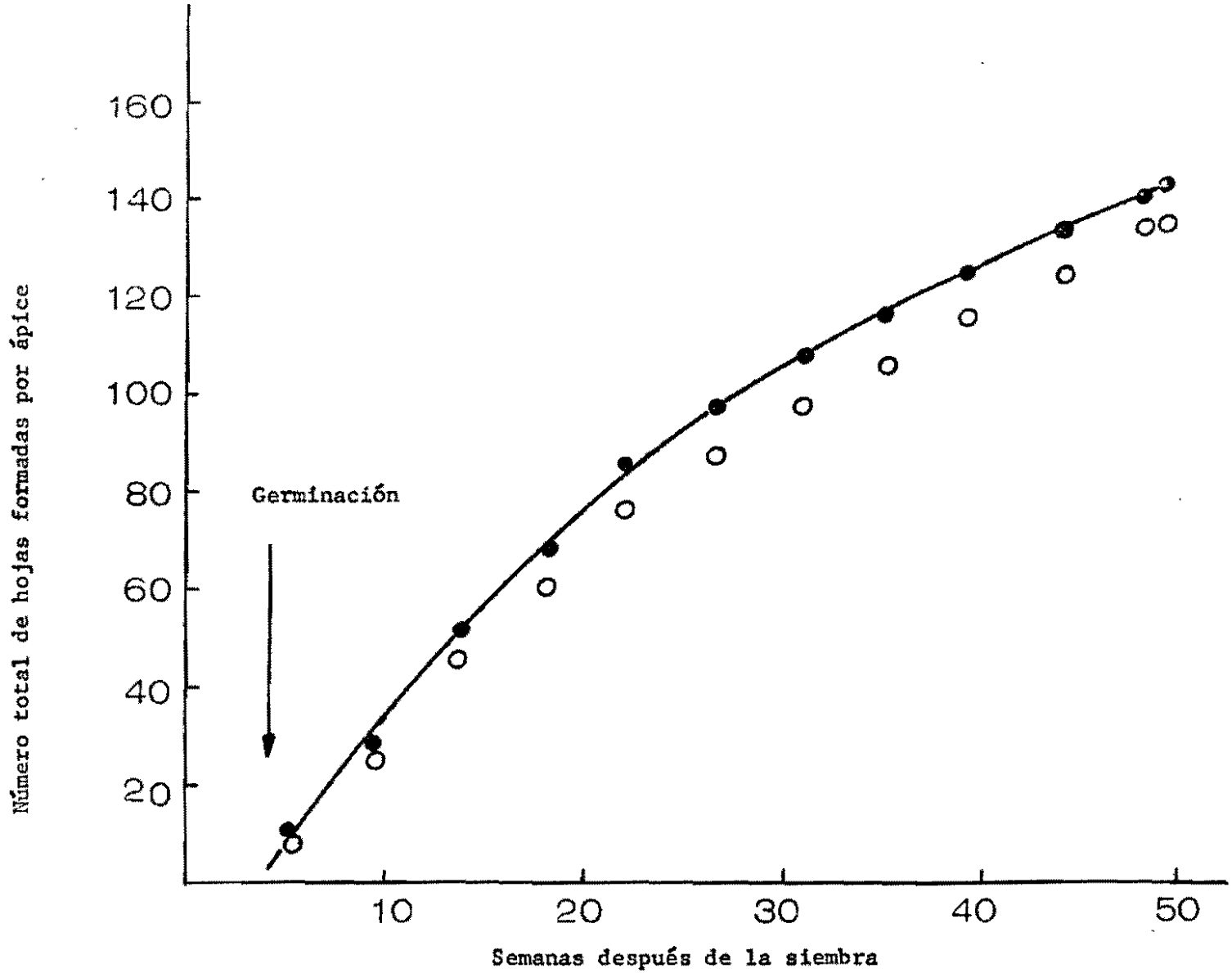


Fig. 13. Número total de hojas formadas por ápice
M Col 113 (o) M Col 22 (o)

Fig. 14 Tasa estimada de formación de hoja por ápice

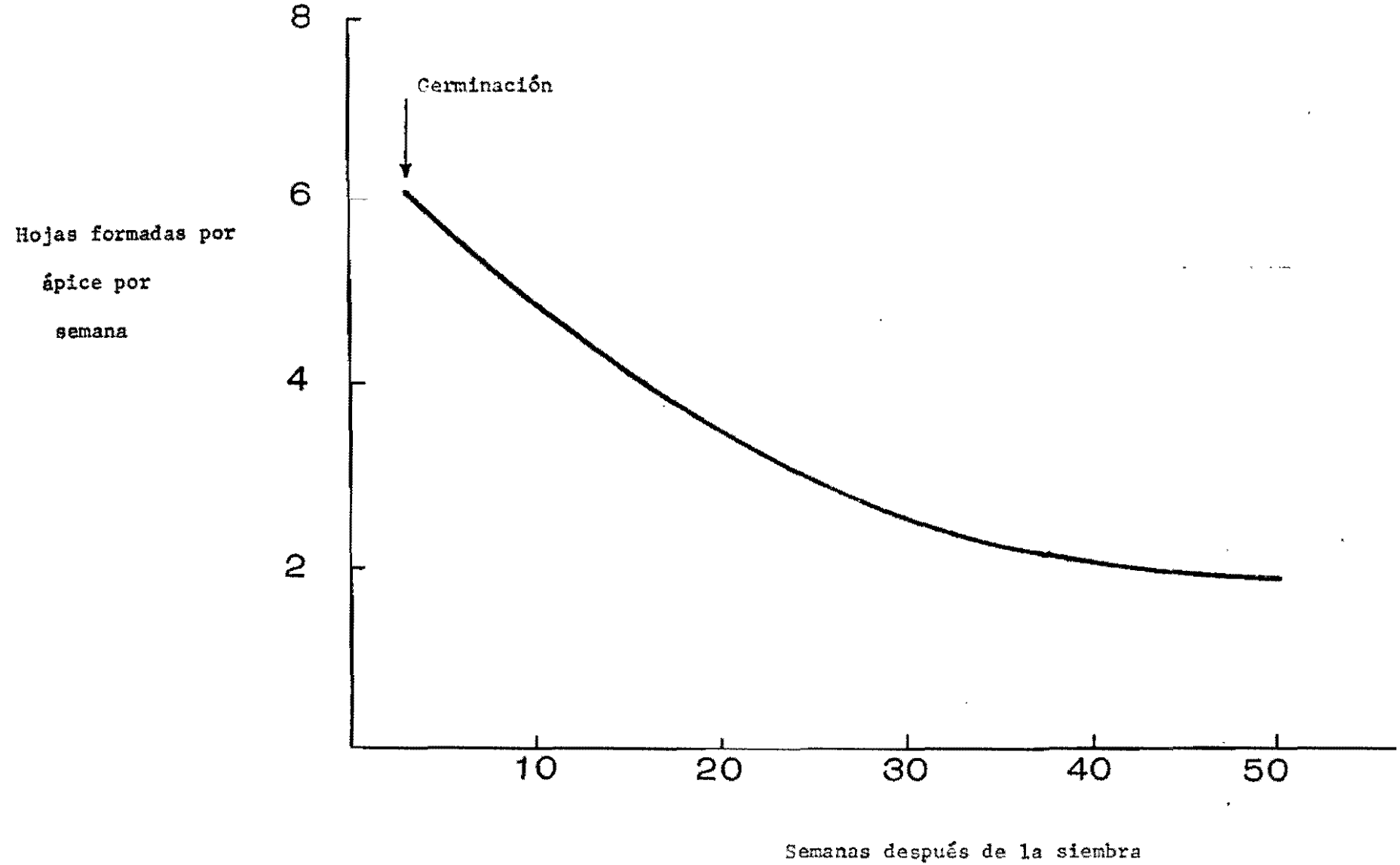
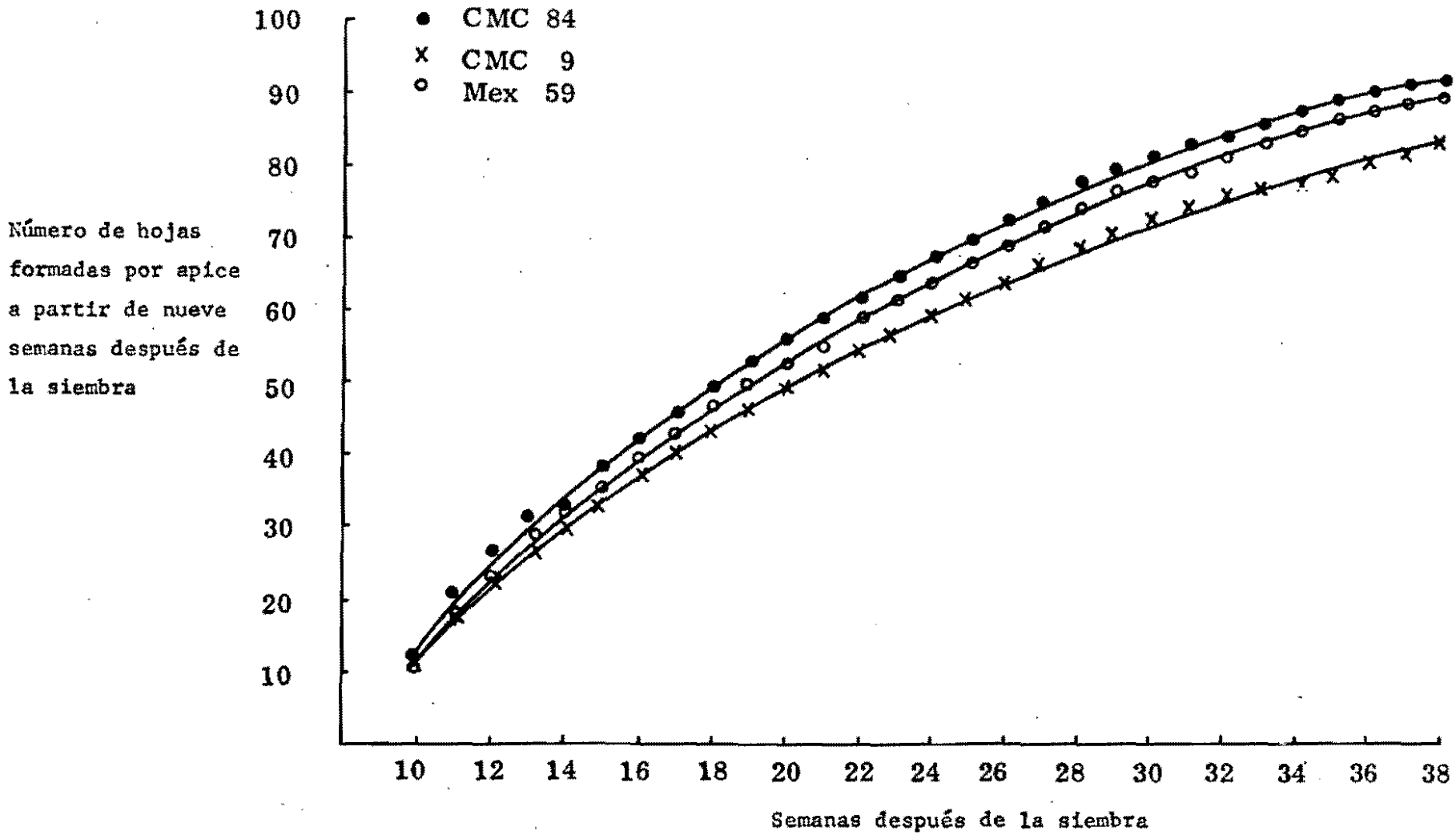


Fig. 15 NUMERO DE HOJAS FORMADAS POR APICE A PARTIR DE 9 SEMANAS DESPUES DE LA SIEMBRA PLANTAS SEPARADAS



REFERENCIAS

Bleasdale, J.K.A. (1967). Systematic design for spacing experiments Expl. Agric. 3: 73:85.

Duncan, W.G., Loomis R.S., Williams W.A., & Hannan R. (1967) Hilgardia 38:181.

CIAT (1973) Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

CIAT (1974) Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

CIAT (1975) Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

CIAT (1976) Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Cock, J.H. & Carlos Rosas (1975). Ecohpysiology of Cassava. In Ecophysiology of tropical crops. Communications division of CEPLAC. Km. 22 Rodovia I lheus Itabuna, Bahia, Brazil.

Cock, J.H. (1976). Characteristics of high yielding cassava varieties. Expl. Agric. 12:135-143.

Cock, J.H. (1973). Some physiological aspects of yield in Cassava. In Proceedings of the third symposium of the International Tropical Root and Tubers Crop Society, IITA, Ibadan, Nigeria. (In press).

Cock, J.H. D.W. Wholey & O. Gutiérrez de las Casas (In press). Effects of spacing on cassava. Expl. Agric.

Cours, G. 1951. De Manioca Madagascar. Memoires de L'Insitut Scientifique de Madagascar 3B, e203-400.

Enyi, B.A.C. 1972. Effect of shoot number and time of planting on growth development and yield of cassava, Manihot esculenta Crantz. Jurnal of Horticulture Sc. 47:157-166.

Hunt, L.A.; Wholey, D.W. and Cock, J.H. 1977. Growth physiology of cassava. (Manihot esculenta Crantz). Field crop Abs.30 (2): 77-91.

Indira, P. and Sinha, S.K. 1970. Studies on the initiation and development of tubers in Manihot esculenta Crantz. Indian J. of plantphy. 13:24-29.

Lozano, J.C.; Toro, J.C.; Castro , A; Bellotti, A. 1977. Problemas relacionados con la "semilla de la yuca. Seminario Interno CIAT. Serie S.E. 03-77.

Lowe, S.B.; Mahon, J.D. and Hunt, L.T. 1976. The effect of daylength on shoot growth and formation of root tubers in young plants of cassava (Manihot esculenta Crantz) Plant Sc. Ltters 6(1):57-62.

Nestel B.L. & Cock J.H. (1976). Cassava the Development of an International Research Network IDRC 059e.

Rosas, C., J.H. Cock & G. Sandoval (1976). Leaf fall in Cassava. Expl. Agric. 12:395-400.

Viegas, A.P. (1976) Estudos sobre a Mandioca Instituto Agronomico do Estado de Sao Paulo. Brasil Brascan- Nordeste. Socie - dade civil de Desenvolvimiento e Pesquisas, 214 p.

Vries C.A. de, Ferweda J.D. & Flach M. (1967). Choice of food crops in relation to actual and potential production in tropics. Netherlands J. Agric. Sci. 15: 241.

Wholey D.W. & J.H. Cock (1974). Onset and rate of root bulking in cassava. Expl. Agric. 10:193-198.

Wholey, D. and Cock, J.H. 1975. Rooted shoots for physiological experiments with cassava. Trop. Agric. Trinidad.52(2):187-189.

Williams, C.N. 1974. Growth and productivity tapioca. (Manihot utilissima) IV. crop ratio, spacing and yield. Expl. Agric. 10:9-16.

AGRONOMIA

Nueva Tecnología Para la Producción de Yuca
A. Castro M.
1385
C - 1 -30

Selección y Preparación de Estacas de Yuca Para Siembra
J. C. Lozano, J.C. Toro, A. Castro, A. Bellotti.
1432
C -31 -54

Respuesta Agronómica de la Yuca a Duración y Modalidad del Almacenamiento de Estacas
D. Leihner, A. S. Andrade
1425
C -55 -64

Manejo del Material de Siembra de Yuca
A. Castro M, J. Holquín V.
1384
C -65 -94

Propagación Rápida de la Yuca
J.H. Cock, D. Wholey, J.C. Lozano, J.C. Toro
1395
C -95 -102

NUEVA TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE YUCA

Abelardo Castro Merino *

Resumen

La yuca es un cultivo de baja prioridad en las políticas desarrollo agrícola en la mayoría de los países de latinoamérica, dificultando el desarrollo de actividades de investigación, extensión y políticas de acción referente a este cultivo. Sin embargo, el Programa de Investigación de Yuca del CIAT ha producido una tecnología de bajo costo que puede aumentar los rendimientos en la mayoría de los países de América Tropical.

Este paquete tecnológico consiste en una selección visual del material de siembra, tratamiento químico (fungicida + insecticidas + micronutrimentos) de las estacas seleccionadas, manejo adecuado de las estacas, corte rectangular de 20 cm de largo, con 5 a 7 nudos, siembra vertical a 10 cm de profundidad y minimización del período de almacenamiento. Asi mismo recomienda el uso de variedades de rendimiento estable adaptadas al medio.

La siembra debe ser en caballones si los suelos son de textura pesada y la precipitación es mayor de 1.200 mm al año. Cuando se siembra yuca en suelos ácidos e infértiles, Oxisoles y Ultisoles, se debe fertilizar con media ton/ha de cal dolomítica, una ton/ha de un fertilizante completo como 10-20-20+20 S + 10 Zn u otro similar. En otros suelos, fertilizar para reemplazar los nutrimentos extraídos en el producto final. Se recomienda un control de malezas adecuado y oportuno . El control de plagas y enfermedades debe hacerse mediante el uso de variedades resistentes a los problemas existentes, con la aplicación de prácticas culturales adecuadas, evitando al máximo el uso de productos químicos. Se recomienda planear la siembra para escapar al ataque de enfermedades severas. La rotación o barbecho se recomienda para romper los ciclos de las plagas existentes. Existen implementos mecánicos sencillos para ayudar en la cosecha. El almacenamiento de raíces frescas es posible, las técnicas desarrolladas están siendo mejoradas y probadas.

Introducción

La yuca se considera un cultivo de poca prioridad en las políticas de desarrollo agrícola en la mayoría de los países de América Latina Tropical, dificultando el desarrollo de actividades de investigación, extensión y políticas de acción en esos países. El establecimiento de programas de investigación de yuca en CIAT, ha producido una tecnología de bajo costo que puede aumentar substancialmente los rendimientos en la mayoría de estos países.

La aplicación de una nueva tecnología debe prometer un aumento substancial en el rendimiento o una reducción en los costos, para que sea aceptable a la mayoría de los agricultores. Solamente la promesa de utilidades adicionales bastante grandes podría superar el conservatismo sa-

* Agronómo. Prácticas Culturales y colaboración internacional, CIAT, 1980,

bio y tradicional de los campesinos ante el riesgo e inseguridad en el rendimiento.

Prácticas actuales para la producción de yuca en Colombia y América Latina

Díaz y Pinstrup-A (1977) hicieron un estudio en cinco áreas de cultivo de yuca en Colombia. Las prácticas agronómicas encontradas fueron la falta de selección de estacas y tratamiento químico, ningún uso de herbicidas, alto porcentaje de resiembra, muy pocos agricultores sembraban en caballones, rendimientos bajos con rangos amplios de rendimiento por región y solamente la Región II mostró un potencial alto de rendimiento de más de 50 ton/ha. Respecto a la textura del suelo, la mayoría de la yuca (60%) crece en suelos de textura media.

Agrupando los agricultores en operadores pequeños, medios y grandes en cada región, se puede ver que los rendimientos son parecidos para todos los tamaños de agricultores, excepto en la Región II donde el rendimiento de yuca de los agricultores pequeños en un 50% del rendimiento de los agricultores medianos y grandes. Las características del material de siembra son similares para los agricultores de todos los tamaños. La densidad de siembra es similar en todos los niveles y regiones, excepto en la Región V la cual utiliza una densidad de siembra más baja (Cuadro 1). Respecto al tipo de suelo para cultivar yuca, no hay diferencia entre cultivadores de yuca pequeños, medianos o grandes (Cuadro 2). Comunicación personal con 37 agrónomos de Latinoamérica (Enero, 1979) a cargo de investigación y extensión en producción de yuca representando 11 países, sugiere que el promedio actual de cerca de 12 ton/ha que ellos reportan puede ser aumentado substancialmente mediante el uso de prácticas culturales mejoradas y nuevas variedades. Las características agro-climáticas y prácticas agronómicas reportadas se resumen en el Cuadro 3. Se observa un amplio rango de rendimiento, precipitación y elevación por encima del nivel del mar en las zonas yuqueras. La siembra en plano, es una práctica sobresaliente; la densidad de siembra es extremadamente variable y más baja para la yuca en asociación que para la yuca en monocultivo. Según se reportó, la fertilidad del suelo donde se cultiva la yuca, es más bien media y baja que alta. Muy pocos agricultores usan fertilizantes, productos químicos o maquinaria.

Nueva tecnología para la producción de yuca

El aumento de la producción depende de técnicas o métodos de cultivo puestos en práctica en las fincas. La tecnología de cultivo quiere decir el modo como se hace. Las fuentes de una nueva tecnología puede ser la investigación, otros agricultores y otras regiones. La investigación es una búsqueda cuidadosa y diligente de los métodos más productivos usados ahora por agricultores individuales. La investigación es también el desarrollo de un experimento que tiene como fin desarrollar materiales y prácticas realmente nuevas que puedan hacer la agricultura más productiva (Mosher, 1966).

Suelos y requerimientos nutricionales para la producción de yuca

El agricultor no puede cambiar el suelo que tiene disponible. Lo mejor que puede hacer es manejarlo adecuadamente para lograr un máximo rendimiento económico. La habilidad de la yuca para producir buenos rendimientos en los suelos ácidos, de bajo contenido de fósforo e infértiles (Oxisoles y Ultisoles) de Latinoamérica, así como su respuesta a la fertilización, se encuentra bien documentada (Fig. 1, Fig. 2, CIAT 1976, 1977, 1978; Howeler, 1978; Howeler y Cock, 1978). El bajo contenido de fósforos de estos suelos parece ser el principal factor limitante para la producción de yuca. También, la yuca extrae cerca de 100 kg de K_2O por cada 25 toneladas de raíces. El suelo puede llegar a presentar escasez de potasio si se cultiva yuca continuamente sin la fertilización adecuada (Howeler, 1978).

En resumen se recomienda la siguiente fertilización para yuca:

a) Para suelos ácidos, infértiles y sub-utilizados aplicar:

   - 500 kg/ha de cal dolomítica

   - 1000 kg/ha de un fertilizante completo como 10-20-20 + 20 S + 10 Zn o uno similar. Se espera un efecto residual del fertilizante aplicado en el segundo y posiblemente en el tercer año.

b) Para otra clase de suelos, fertilizar de acuerdo a los nutrimentos que se extraigan en el producto final (Cuadro 4), no para aumentar el rendimiento sino para mantener la fertilidad del suelo y la productividad.

Como una práctica de manejo de suelos, se recomienda la rotación con otros cultivos para mantener la fertilidad del suelo y para romper los ciclos biológicos de plagas y enfermedades.

La yuca no se debe sembrar en suelos arcillosos y húmedos. Si los suelos son de textura pesada y la precipitación es mayor de 1200 mm por año o si existen condiciones de anegamiento superficial en cualquier período durante el ciclo de crecimiento, la siembra se debe efectuar en caballones y se deben establecer canales de drenaje superficial. La aplicación de estas prácticas en el área de Caicedonia, Colombia, redujo la pudrición de las raíces desde un 80% a prácticamente un nivel de cero (Oliveros et al, 1975)..

Efecto de los residuos de cosecha de yuca sobre el rendimiento de la yuca

Los residuos de yuca después de dos ciclos continuos de cultivo pueden reducir la germinación de las estacas en más de un 20%, en comparación con los lotes libres de residuos. También, la incidencia más alta de pudrición de raíces en los lotes con residuos puede disminuir el rendimiento hasta un 30% menos en comparación con los lotes libres de residuos. (Cuadro 5).

Para evitar estas pérdidas de rendimiento se recomienda:

a) Eliminar del lote los resiudos de la planta de yuca.

b) La rotación de cultivos con gramíneas.

Selección de variedades

La variedad es el factor más importante de la nueva tecnología de yuca. Las variedades con potencial bajo tienen un rendimiento bajo (Fig. 3). Los nuevos cultivares deben ser probados continuamente para identificar aquellos que tengan rendimiento alto y estable, buena calidad y que sean aceptados por la comunidad. Para asegurar la estabilidad en el rendimiento, las variedades introducidas deben ser puestas a prueba por tres años antes de ser recomendadas a los agricultores.

Manejo del material de siembra

a. Selección y tratamiento de estacas.

Es necesario sembrar buena semilla de yuca para obtener altos rendimientos. Para obtener una buena semilla, se debe tener en cuenta los factores descritos por Lozano et al, 1977; Cock et al, 1978; CIAT, 1978. Básicamente las estacas deben provenir de plantas sanas y vigorosas (Cuadro 6) deben estar libres de síntomas de enfermedades y plagas. Las estacas, una vez cortadas para la siembra, o si se van a almacenar en varas para una siembra posterior, deben ser tratadas con una mezcla de fungicidas, insecticidas y micronutrimentos (Cuadro 7) para proteger las estacas y asegurar unammejor germinación y rendimiento.

b. Profundidades de siembra

Las estacas deben sembrarse verticalmente. El enterrarlas a 10, 20 o 30 cm de profundidad, no afecta el rendimiento o índice de cosecha (Cock et al, 1978). Debido a la facilidad de siembra y cosecha, las estacas se deben sembrar verticalmente y enterrarse a 10 cm de profundidad.

c. Longitud de las estacas

Las estacas de 20 cm de longitud, cuando son seleccionadas y tratadas cuidadosamente dan rendimientos más altos que estacas de 40 o 60 cm de longitud (Cuadro 8).

d. Angulo de corte de las estacas

El corte rectangular o biselado de las estacas no afecta el rendimiento, sin embargo, las raíces se distribuyen más uniformemente con el corte de estacas rectangular, siendo este sistema más recomendable (CIAT, 1978).

e. Posición de siembra

Se sembraron estacas de 10 variedades en posición vertical, inclinada y horizontal, en diferentes fechas. La germinación de las estacas sembradas verticalmente fue siempre la más alta, siendo mucho más favorable la germinación de las estacas en esta posición cuando la precipitación en los primeros 30 días fue mínima (Cuadro 9). En un ensayo llevado hasta el rendimiento final, la mayor germinación se obtuvo en siembras verticales aumentando notablemente el rendimiento (Cuadro 10). El volcamiento es también menor en la siembra vertical. Por lo tanto, se recomienda esta modalidad de siembra. La tasa de germinación y emergencia de retoños fue mucho mayor en siembra vertical e inclinada que en horizontal (Fig.4). Según los resultados presentados, se recomienda que estacas bien seleccionadas y tratadas químicamente, cortadas rectangularmente, de 20 cm de longitud, con 5 a 7 nudos, provenientes de la parte superior (más joven) y media de plantas vigorosas de un año de edad, sean sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad. Siguiendo estas prácticas se pueden obtener rendimientos máximos.

Almacenamiento del material de siembra

Las estacas deben usarse frescas evitándose el almacenamiento. Sin embargo, el almacenamiento de estacas en una práctica normal entre los cultivadores de yuca. Bajo estas condiciones, grandes pérdidas ocurren debido a una baja germinación y enraízamiento pobre y a un bajo vigor inicial de la planta debido a:

a. Deshidratación de la estaca
b. Ataque de microbios o insectos
c. Germinación durante el almacenamiento con lo cual se desperdician los nutrimentos disponibles.

Si el material de siembra debe ser almacenado, se recomienda un tratamiento de sumersión en Malathion, Ortocide y Bavistin (Cuadro 7b). Cuando el período de almacenamiento es de una semana o menos, las estacas pueden ser tratadas con la fórmula que se muestra en el cuadro 7a, que tiene un costo más bajo y protege la estaca en forma adecuada.

Densidad de siembra

Cultivares diferentes tienen hábitos de crecimiento diferentes. Este también es afectado por las condiciones agro-climáticas prevalentes. El crecimiento afecta el rendimiento total y el rendimiento comercial de raíces (Fig.5). De acuerdo al uso final de las raíces, la densidad de siembra óptima debe ser determinada para cada región. En términos generales esta es de 10 a 15,000 plantas por hectárea.

Arreglo espacial

El rendimiento de las raíces no se afecta por arreglos de siembra en cuadro (1 x 1m) o rectangulares (2 x 0.5 m), si la densidad de siembra se mantiene constante. La densidad de siembra óptima y la elección de un cultivar adaptado al ecosistema son los factores más importantes para asegurar un alto rendimiento (Fig. 6). Este aspecto de arreglo espacial es importante para el uso de la maquinaria disponible. El usar un espacio más amplio entre hileras puede facilitar aún más el control de malezas, permite una más facil cosecha de cultivos intercalados y permite dejar franjas de tierra sin cultivar entre hileras disminuyendo el peligro de erosión.

Control de malezas

El lento crecimiento inicial de la yuca favorece el desarrollo de las malezas, lo cual puede reducir el rendimiento de raíces hasta en un 80% en casos de competencia severa (Doll y Piedrahíta, 1976). Se recomienda un control de malezas oportuno y adecuado. El control de malezas químico efectuado inmediatamente después de la siembra, complementado con un control de malezas manual posterior o un control químico adicional, es una alternativa donde la mano de obra sea escasa (Cuadro 11). El cuadro 12 muestra una serie de herbicidas recomendables para el control de malezas en yuca.

Manejo de las plagas

La yuca siendo un cultivo de ciclo largo (7 a 18 meses), presenta todas las posibilidades para ser atacada por las plagas. Por esta razón, cualquier control químico tiene que ser repetido una y otra vez para ser efectivo. Pero la yuca tiene una habilidad tremenda pra reducir la tasa de crecimiento bajo condiciones adversas, recuperarse y formar nuevas hojas y con el tiempo, producir un rendimiento bueno. Por estas razones, no se recomienda la aplicación de productos químicos para controlar las plagas. El manejo de las plagas se debe efectuar de la siguiente manera:

a. Uso de cultivares resistentes o tolerantes, adaptados al ecosistema.

b. Uso de material de siembra limpio, seleccionado y tratado químicamente

c. Erradicación y quema de plantas enfermas o lotes afectados si es necesario.

d. Sembrar al final del período de lluvias, para escapar al ataque de las enfermedades.
Ciertos insectos como el gusano cachón (Erinnys ello) no pueden ser controlados mediante el uso de variedades resistentes. Por lo tanto, se recomienda el uso de control biológico instalando nidos de avispas Polistes sp., liberando Thricogramma sp., o aplicando Dipel el cual es la bacteria Bacillus thuringiensis, que ataca el gusano

sin afectar la fauna benéfica. El uso integrado de éstas formas de control, además de las prácticas agronómicas expuestas, son la forma lógica del control y manejo de plagas.

Cosecha

La cosecha es una operación agobiadora en la producción de yuca. Sin embargo, implementos mecánicos han sido desarrollados para ayudar en este trabajo. Dos de éstos han sido evaluados en CIAT con resultados promisorios. Los resultados indican que se aumenta la eficiencia de cosecha de t/hombre/día en un 20% (Cuadro 13). Sin embargo, el beneficio social y físico es más importante que la mayor eficiencia lograda en la cosecha.

Almacenaje de la raíz de yuca

La yuca una vez cosechada, es altamente perecible. A las 48 horas después de la cosecha, generalmente ocurre deterioración fisiológica, microbial o ambas. Se puede prolongar el período de almacenamiento de las raíces y mantener su buena calidad hasta 20 días o más mediante la aplicación de las siguientes prácticas:

a. Dejando las raíces cosechadas ligadas al tallo. De este modo, se deteriorarán más lentamente que aquellas que han sido separadas de éste.

b. Poda. La deterioración de la raíz se reduce de casi el 100% a menos del 20% dependiendo de la variedad (Fig. 7), cuando las plantas se podan a 25 cm por encima de la superficie del suelo y las raíces se dejan enterradas en el suelo por 20 días antes de efectuar la cosecha.

c. La poda de las plantas más la inmersión de las raíces en una mezcla fungicida (Fig. 8), previene la pudrición de las raíces hasta por 20 días de almacenamiento.

d. Almacenamiento en bolsas. Las raíces frescas pueden ser preservadas hasta por 20 días si se sumergen en una solución fungicida y se almacenan en bolsas de papel forradas con polietileno (Fig. 8).

La tecnología de almacenamiento de raíces en este momento presenta problemas de calidad culinaria, necesitándose también una evaluación de toxicidad debido al tratamiento químico usado. Se están estudiando estos factores.

Conclusiones

Los rendimientos de yuca pueden duplicarse mediante el uso de nuevas variedades, prácticas culturales simples e insumos de bajo costo, tales como:

1. Selección visual del material de siembra.

2. Tratamiento químico (fungicida + insecticidas + micronutrimentos) de las estacas seleccionadas.

3. Manejo cuidadoso de las estacas, haciendo un corte rectangular, usando estacas de 20 cm de largo con 5 a 7 nudos, siembra vertical a 10 cm de profundidad y reducción al mínimo del período de almacenamiento de la estaca.

4. Sembrando en caballones cuando el suelo es de textura pesada y la precipitación es mayor de 1200 mm por año.

5. Control de malezas oportuno y eficiente.

6. Uso de variedades de alto rendimiento, tolerantes a las plagas y enfermedades y adaptadas al ecosistema.

7. Si se siembra en suelos infértiles y ácidos (Ultisoles y Oxisoles), fertilizar con media tonelada por hectárea de cal dolomítica y una tonelada por hectárea de un fertilizante completo como 10-20-20 + 10 Zn + 20 S u otro similar. En otra clase de suelos fertilizar para reponer los nutrimentos extraídos en el producto final.

8. Efectuar la siembra escapando a la incidencia de plagas

9. Evitar el uso de productos químicos en el control de plagas y enfermedades.

10. La mecanización de la cosecha disminuye el esfuerzo físico del hombre en la misma.

11. Las técnicas que están siendo desarrolladas para el almacenamiento de raíces frescas aumentarán la durabilidad de las raíces en forma significativa.

REFERENCIAS

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1977. Annual Report 1976, p B57-B66.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1978. Annual Report 1977, p C53-C61.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1979. Annual Report 1978, (in press).

Cock, J.H., Castro, M.A., and Toro, J.C. 1978. Agronomic implications of mechanical harvesting. In Cassava harvesting an Processing. Proceedings, CIAT, Cali, Colombia. p 60-65.

Díaz, R.O., and Pinstrup-Anderson, Per. 1977. Descripción Agroeconómica del Proceso de Producción de Yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Apartado Aéreo 67-13, Colombia.

Doll, J.D. and Piedrahita, W.C. 1976. Métodos de Control de Malezas en Yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Serie ES-21, 12 p.

Howeler, R.H. 1978. The Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava. In: Cassava Production Course, Book I, Preliminary draft, CIAT, Cali, Colombia. p. 267-312.

Howeler, R.H., and Cock, J.H. 1978. The Ability of Cassava to Grow on Poor Soils. In; Crop Tolerance to Suboptimal Land Conditions. American Society of Agronomy, Special Publication.

Lozano, J.C., Cock, J.H., and Castaño, J. 1978. Nuevos Avances en el Almacenamiento de Yuca. Fitopatología Colombiana, Vol. 7 (1): 2-14.

Lozano, J.C., Toro, J.C., Castro, A., and Bellotti, A.C. 1977. Production of Cassava Planting Material. CIAT, Series GE-17. 28 p

Mosher, A.T. 1966. Getting Agriculture Moving. F.A. Praeger, Publishers. p. 191.

Oliveros, B., Lozano, J.C. and Booth, R.H. 1975. A Phytophthora Root Rot of Cassava in Colombia. Plant Disease Reported 58 (8): 703-705.

CUADRO 1. RENDIMIENTO, CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE SIEMBRA Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN CINCO AREAS DE CULTIVO DE YUCA EN COLOMBIA (Díaz y Pinstrup-A., 1977)

Región	Tamaño Agricultor	Rendimiento ton/ha	Características* material de siembra		Plantas/ha sembradas
I	Pequeño	4.5	Edad (días)**	18	11.600
	Mediano	4.0	Longitud (cm)	17	12.800
	Grande	5.7	Yemas (No.)	10	10.000
II	Pequeño	7.9	Edad (días)	14	11.500
	Mediano	12.8	Longitud (cm)	18	9.300
	Grande	14.2	Yemas (No.)	10	9.400
III	Pequeño	2.8	Edad (días)	12	13.300
	Mediano	2.7	Longitud (cm)	18	11.900
	Grande	3.5	Yemas (No.)	10	11.900
IV	Pequeño	5.9	Edad (días)	14	12.100
	Mediano	7.4	Longitud (cm)	19	12.900
	Grande	5.7	Yemas (No.)	10	11.600
V	Pequeño	3.0	Edad (días)	17	6.900
	Mediano	4.2	Longitud (cm)	26	8.100
	Grande	4.8	Yemas (No.)	14	7.400
Promedio	Pequeño	4.8	Edad (días)	15	11.080
	Mediano	6.2	Longitud (cm)	19	11.000
	Grande	6.7	Yemas (Nos)	11	10.000

* Para todos los tamaños de agricultores
** Desde la cosecha (corte) hasta la siembra

CUADRO 2. TIPO DE SUELO CULTIVADO EN YUCA POR AGRICULTORES PEQUEÑOS, MEDIANOS Y GRANDES EN COLOMBIA (Díaz y Pinstrup-A.)

Textura del suelo	Tamaño del Agricultor			TOTAL
	0.1 - 1.99 ha	2 - 9.99 ha	10 ha o más	
		%		%
Arcilloso	16	16	15	16
Franco	46	50	37	44
Limoso	18	20	22	20
Arenoso	20	14	26	20

CUADRO 3. PRACTICAS CULTURALES EN PRODUCCION DE YUCA EN PAISES LATINOAMERICANOS - PROMEDIO DE 37 REPORTES (Castro, 1979, Comunicación Personal)

	V A R I A B L E	PROMEDIO	R A N G O
1.	a) Rendimiento del área representada- t/ha	12	4.0 - 18
	b) Rendimiento promedio del país - t/ha	11	7.0 - 21
2.	Precipitación - mm/año	1.629	540 - 4.475
3.	Altura sobre el nivel del mar	340	10 - 1.600
4.	Siembra en plano - %	69	-
5.	Siembra en caballones - %	19	-
6.	Almacenamiento de estacas - días	34	7 - 150
7.	Germinación de estacas - %	81	60 - 95
8.	Plantas/ha (monocultivo)	11.330	3.000 - 25.000
9.	Plantas/ha (cultivos asociados)	8.880	4.000 - 18.000
10.	Control de maleza manual - número	2.6	1 - 5
11.	Posición de siembra	Horizontal = 54%	Inclinado = 40% Vertical= 5%

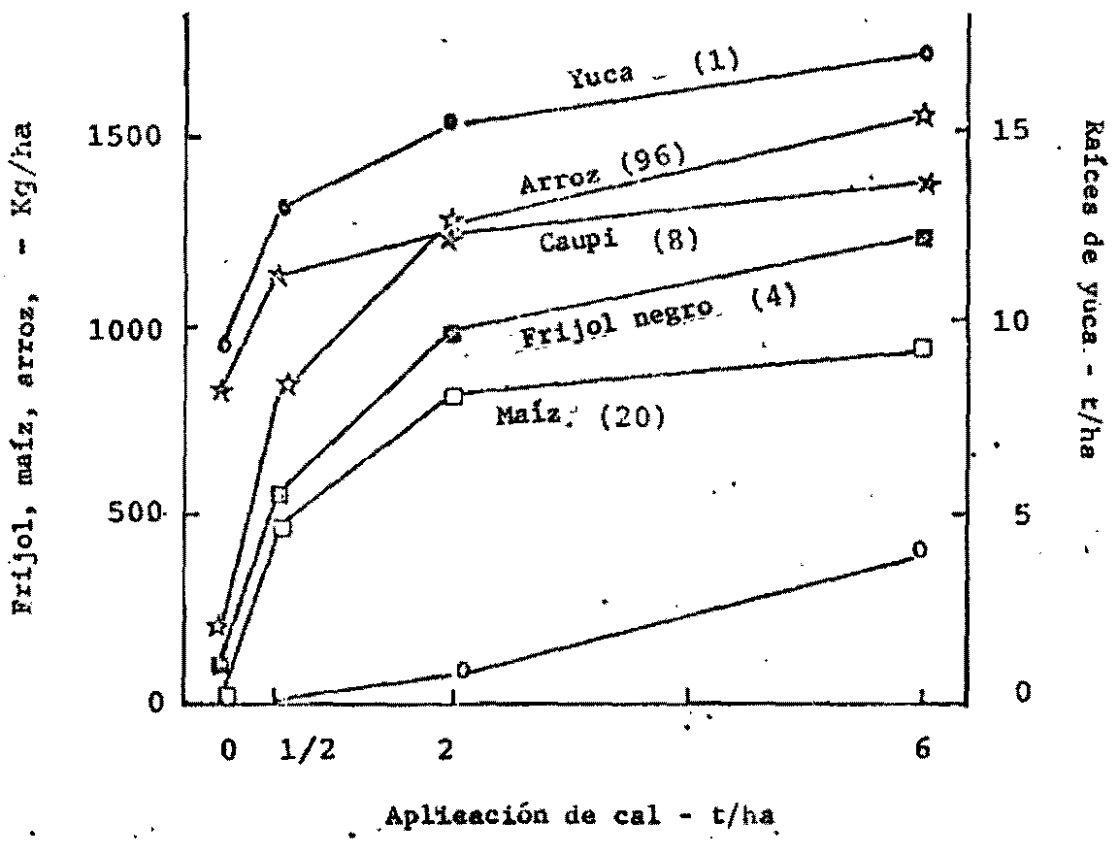


Figura 1. Respuesta de seis cultivos alimenticios a la aplicación de cal en Carimagua. Los números en paréntesis indican el número de cultivares que han sido probados.

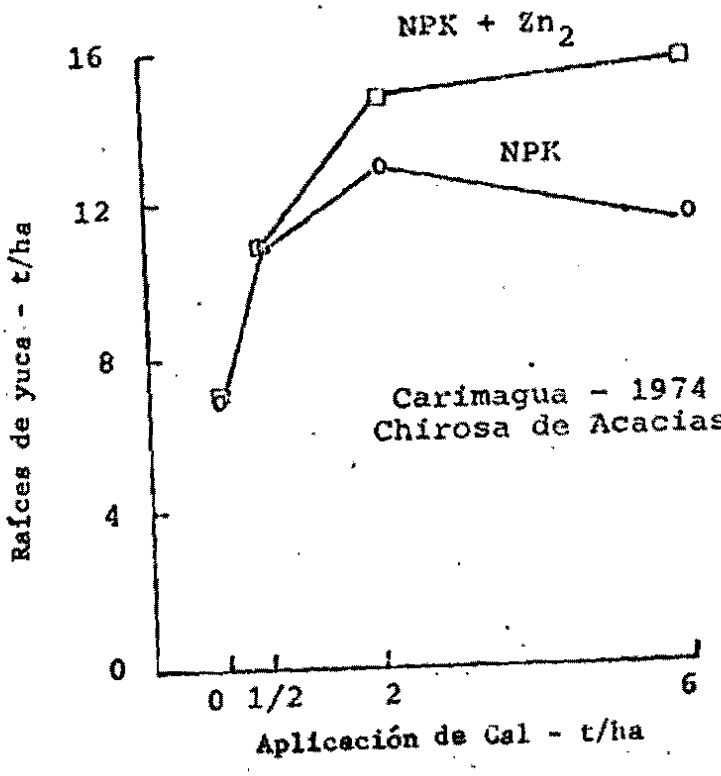


Figura 2. Respuesta de la yuca a la aplicación de cal, con y sin aplicación de 20 kg Zn/ha en Carimagua.

CUADRO 4. CANTIDAD DE NUTRIMENTOS EXTRAIDOS POR TONELADA DE YUCA COSECHADA (Howeler, 1978).

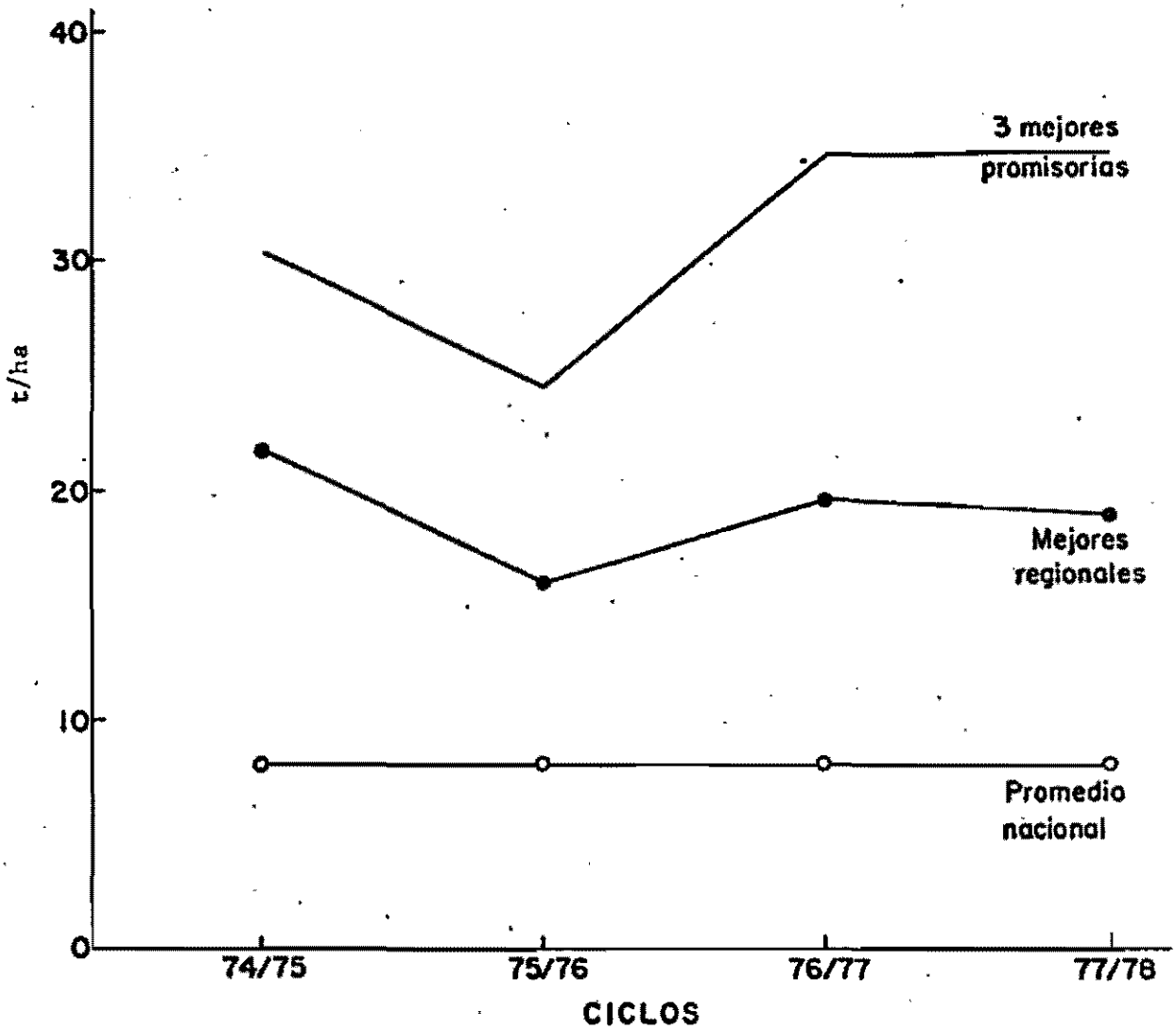
Parte de la Planta	N	P	K	Ca	Mg
			kg/t		
RAICES					
Promedio	2.14	0.46	3.50	0.69	0.39
Rango	0.7 - 6.85	0.19 - 0.77	1.60 - 5.08	0.36 - 1.00	0.05 - 1.08
PLANTA TOTAL					
Promedio	6.95	1.26	6.67	2.87	0.99
Rango	1.93 - 20.10	0.56 - 2.40	4.69 - 9.04	0.84 - 9.90	0.46 - 2.20

CUADRO 5. EFECTO DE LOS RESIDUOS DE COSECHA DESPUES DE UN CICLO DE CULTIVO SOBRE LA GERMINACION, PUDRICION DE RAICES Y RENDIMIENTO BAJO LAS CONDICIONES DEL CIAT (Lozano, CIAT 1978).

Variedad	Condiciones de los lotes	Germinación %	Pudrición de Raíces %	Rendimiento t/ha	Reducción de Rendimiento %
M Col 22	libre de residuos *	84.4	2.1	27.5	17.0
	con residuos	73.4	3.5	22.8	
CMC 84	sin residuos	70.3	4.4	28.8	32.0
	con residuos	50.0	6.1	19.4	

* Un lote libre de residuos es aquel en el cual los desechos de la cosecha de yuca han sido eliminados

Figura 3.- Resultados de 4 años (4 ciclos) de pruebas regionales en 8 lugares de Colombia por debajo de 1.300 metros de altura.



CUADRO 6. EFECTO DE LA MADUREZ DEL TALLO EN EL RENDIMIENTO, INDICE DE COSECHA Y GERMINACION DE YUCA (CIAT, 1978).

Origen de Estaca	Raíces frescas Total	Comercial	Indice de Cosecha	Germinación
	t/ha			%
a) Variedad M MEX 52 *, 1977				
Tercio superior	18.5 a**	12.8 a	0.34 a	93.0
Tercio medio	18.1 a	13.1 a	0.30 a	91.1
Tercio inferior	16.8 a	10.2 a	0.29 a	74.5
b) Variedad M MEX 59, 1978				
Tercio superior	17.4 a	12.0 a	0.35 a	93.6 b
Tercio medio	11.8 b	6.2 b	0.26 b	96.9 a
Tercio inferior	12.5 b	6.4 b	0.26 b	98.5 a
c) Variedad CMC 40, 1978				
Tercio superior	28.8 a	26.3 a	0.49 a	100 a
Tercio medio	31.5 a	27.9 a	0.50 a	100 a
Tercio inferior	26.4 b	22.5 b	0.44 a	100 a

* M MEX 52 y M MEX 59 son variedades de tipo muy vigoroso.CMC-40 es de vigor medio.
** Valores promedios seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes a P .0≤05.

CUADRO 7. COSTO DEL TRATAMIENTO QUIMICO DE LAS ESTACAS DE YUCA

A. PARA UN PERIODO DE ALMACENAMIENTO CORTO

Producto	Precio/kg* US$	g/ha	Costo/ha* US$	Costo agregado/ha
Dithane M-45	2.50	333.0	0.83	0.83
Manzate 80	2.50	187.5	0.47	1.30
Vitigran	1.85	300.0	0.56	1.86
Malathion E.C.	2.65	750.0	2.00	3.86
Sulfato de Zinc**	0.65	2.000.0	1.30	5.16

B. PARA UN PERIODO DE ALMACENAMIENTO LARGO

Orthocide 50	3.65	300	1.10	1.10
Bavistin 50	28.75	300	8.65	9.75
Malathion E.C.***	2.65	750	2.00	11.75

* Incluyendo medio jornal de trabajo

** Usese únicamente cuando haya una deficiencia de zinc

*** Debe ser mezclado con agua antes de agregar los fungicidas

CUADRO 8. EFECTO DE LA LONGITUD DE LAS ESTACAS EN EL RENDIMIENTO Y EL INDICE DE COSECHA DE LA YUCA. CIAT, 1978

Longitud de la estaca	Rendimiento Raíz		Germinación	Indice de cosecha
	Total	Comercial		
cm	t/ha		%	
20	30.8 a	27.6 a	77.9 a	0.38 a
40	27.4 b	24.0 b	78.4 a	0.36 ab
60	27.5 b	23.9 b	77.0 a	0.34 b

CUADRO 9. EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA SOBRE LA GERMINACION DE LAS ESTACAS DE YUCA. (PROMEDIO DE 10 VARIEDADES). CIAT,1978

Fecha de Siembra	Precipitación en los primeros 30 días	Posición de Siembra		
		Vertical	Inclinada	Horizontal
		% de Germinación		
Marzo 29	215 mm	97.5	98.5	98.0
Mayo 30	5 mm	100.0	100.0	91.5
Julio 29	25 mm	91.5	88.0	54.0
Septiembre 30	116 mm	99.0	96.0	95.0
	$\bar{X}$	97.0	95.6	84.6

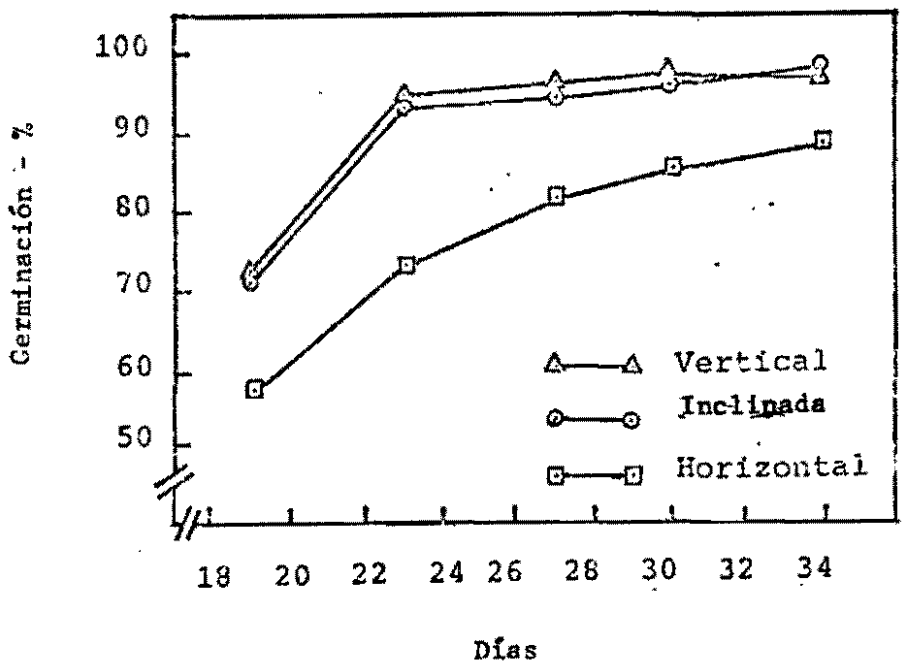
$\bar{X}$ Germinación promedio:

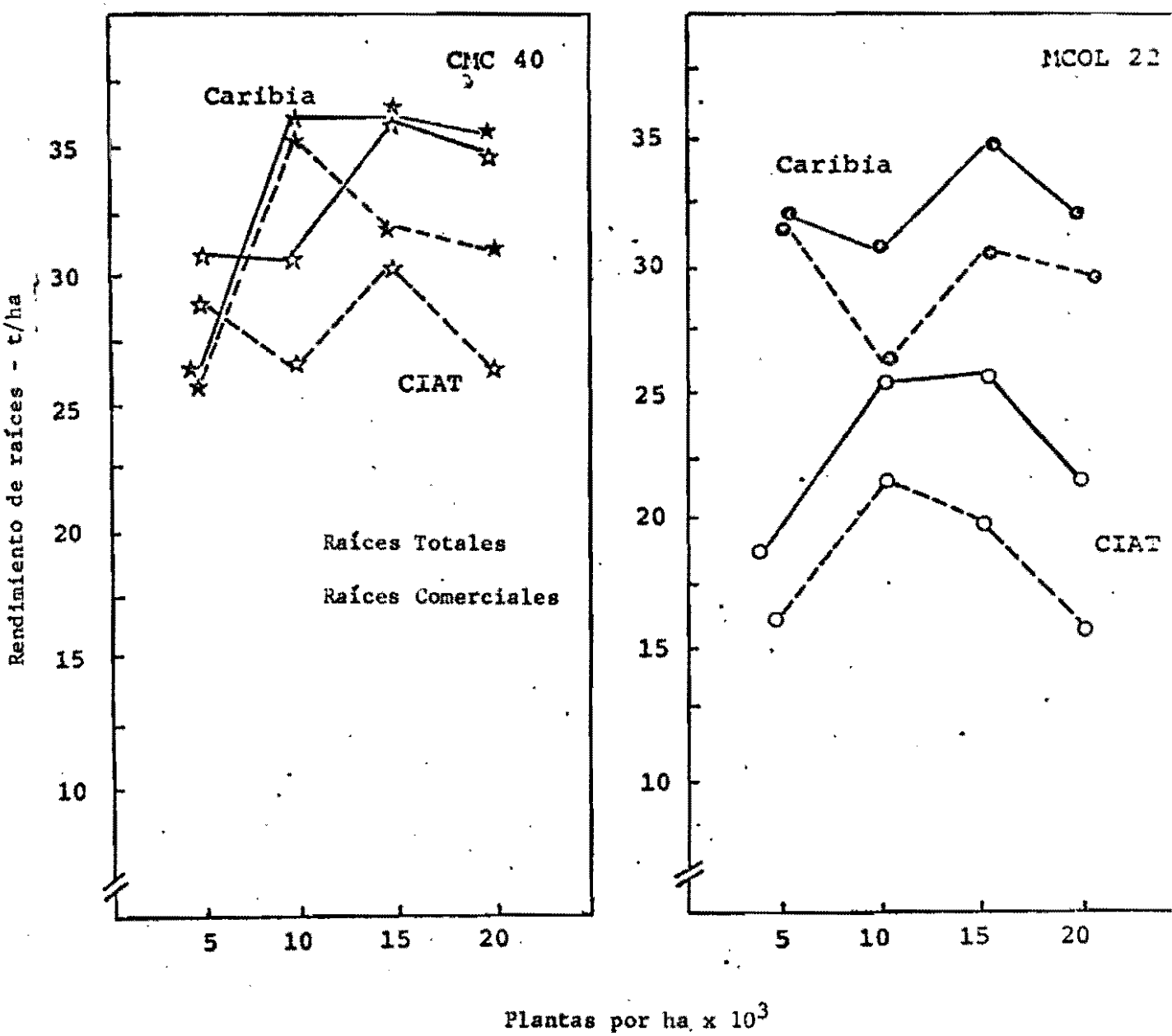
CUADRO 10. EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL INDICE DE COSECHA DE LA YUCA (PROMEDIO DE DOS VARIEDADES), CIAT, 1978.

Posición de siembra	Rendimiento de Raíces		% Germinación	Indice de cosecha
	Total	Comercial		
	t/ha			
Vertical	31.1 a*	27.4 a	89.2 a	0.36 a
Inclinada	27.6 b	24.2 b	85.6 a	0.36 a
Horizontal	27.0 b	23.9 b	58.6 b	0.35 a

* Valores promedios dentro de una columna seguidos de la misma letra no presentan una diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

FIGURA 4. EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA SOBRE LA TASA DE GERMINACION DE YUCA. PROMEDIO DE 10 VARIEDADES Y CUATRO EPOCAS DE SIEMBRA. CIAT, 1978.





Lugar	Temperatura	Precipitación anual
Caribia	28°C	1.500 mm
CIAT	24°C	1.000 mm

Figura 5. Efecto de la densidad de siembra y las condiciones agroclimáticas sobre el rendimiento de raíces.

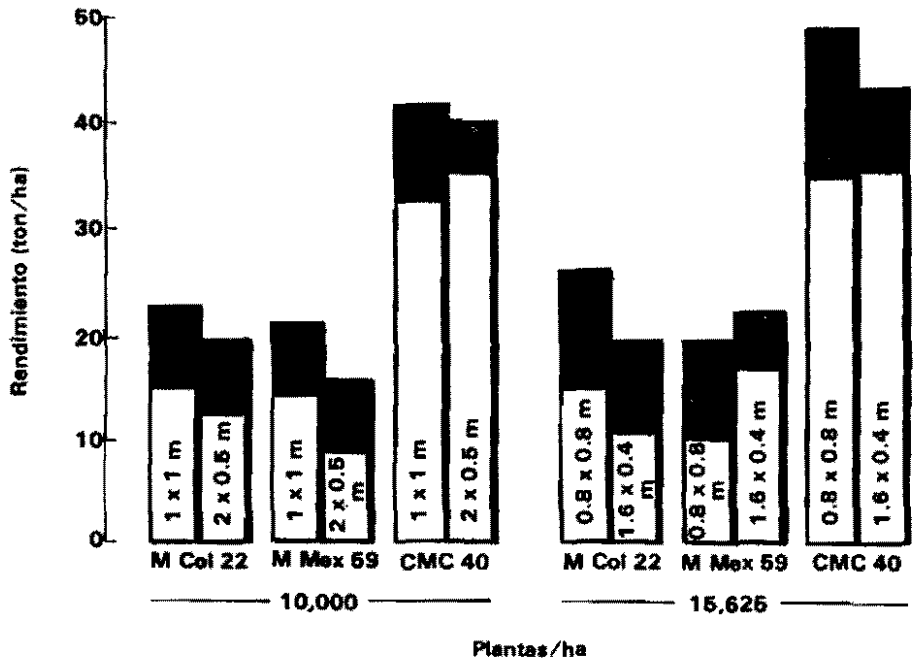


Figura 6. Efecto de arreglos de siembra en cuadro y rectangular sobre el rendimiento de raíces de tres variedades de yuca, sembradas en dos densidades. CIAT, 1978.

CUADRO 11 EFECTO DEL CONTROL DE MALEZAS QUIMICO Y MANUAL EN EL RENDIMIENTO DE RAICES DE YUCA (Doll and Piedrahita, 1976).

Frecuencia de desyerbe (días)	No. de desyerbes manuales	Rendimiento Ton/ha	% Rendimiento máximo
Control Químico	0	21.1	100
Lote Testigo	0	1.4	7
15, 45	2	15.4	73
30, 60, 120	3	16.0	76

CUADRO 12. RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA YUCA.

Herbicida[1]	Dosis (Prod.com./ha)[2]	Epoca de aplicación	Observaciones
Fluometuron (Cotoran)	4-5 kg	PRE[3]	La mayoría de las malezas anuales
Diuron (Karmex)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
Alaclor (Lazo)	4-6 lts	PRE	Excelente para gramíneas
Linuron (Afalon o Lorox)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
Fluometuron + Alaclor	2 kg + 2.5 lts	PRE	Mezcla de tanque
Diuron + Alaclor	1 kg + 2.5 lts	PRE	Mezcla de tanque
Trifluralina (Treflan)	2.5-3.5 lts	PSI[4]	Excelente para gramíneas
Butilate (Sutan)	5-6 lts	PSI	Para controlar coquito y gramíneas
Dalapon (Dowpon o Basfapon)	8 kg	POS[5]	Aplicación dirigida
Paraquat (Gramoxone) + Diuron	2 lts + 2 kg	POS	Mezcla de tanque; aplicación dirigida con pantalla

1 El nombre comercial del producto se da en paréntesis

2 La dosis más baja es para suelos livianos y la alta para suelos pesados

3 PRE = Preemergencia, antes de la emergencia del cultivo y de las malezas

4 PSI = Presiembra incorporada; la formación de caballones después de la incorporación puede reducir el control de malezas

5 POS = Posemergencia; se debe agregar un surfactante

CUADRO 13 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA OPERACIONES INDIVIDUALES EN COSECHA DE YUCA, CON Y SIN AYUDA DE IMPLEMENTOS MECANICOS. VARIEDAD "CHIROZA" COSECHADA A LOS 11 MESES DE EDAD CON UN RENDIMIENTO DE 31 TON/HA DE RAICES FRESCAS.

Sistema	Corte de tallos h/ha/hombre	Levantamiento de raíces h/ha/hombre	Separación de raíces del tallo-Clasificación* y empaque h/ha/hombre	Tiempo de cosecha total h/ha/hombre	Cantidad cosechada t/hombre/día**	%
Manual	25	44	204	273	0.90	100
Mecánico	25	-	204	229	1.08	120

* Clasificación en raíces comerciales y no-comerciales

** Día de 8 horas

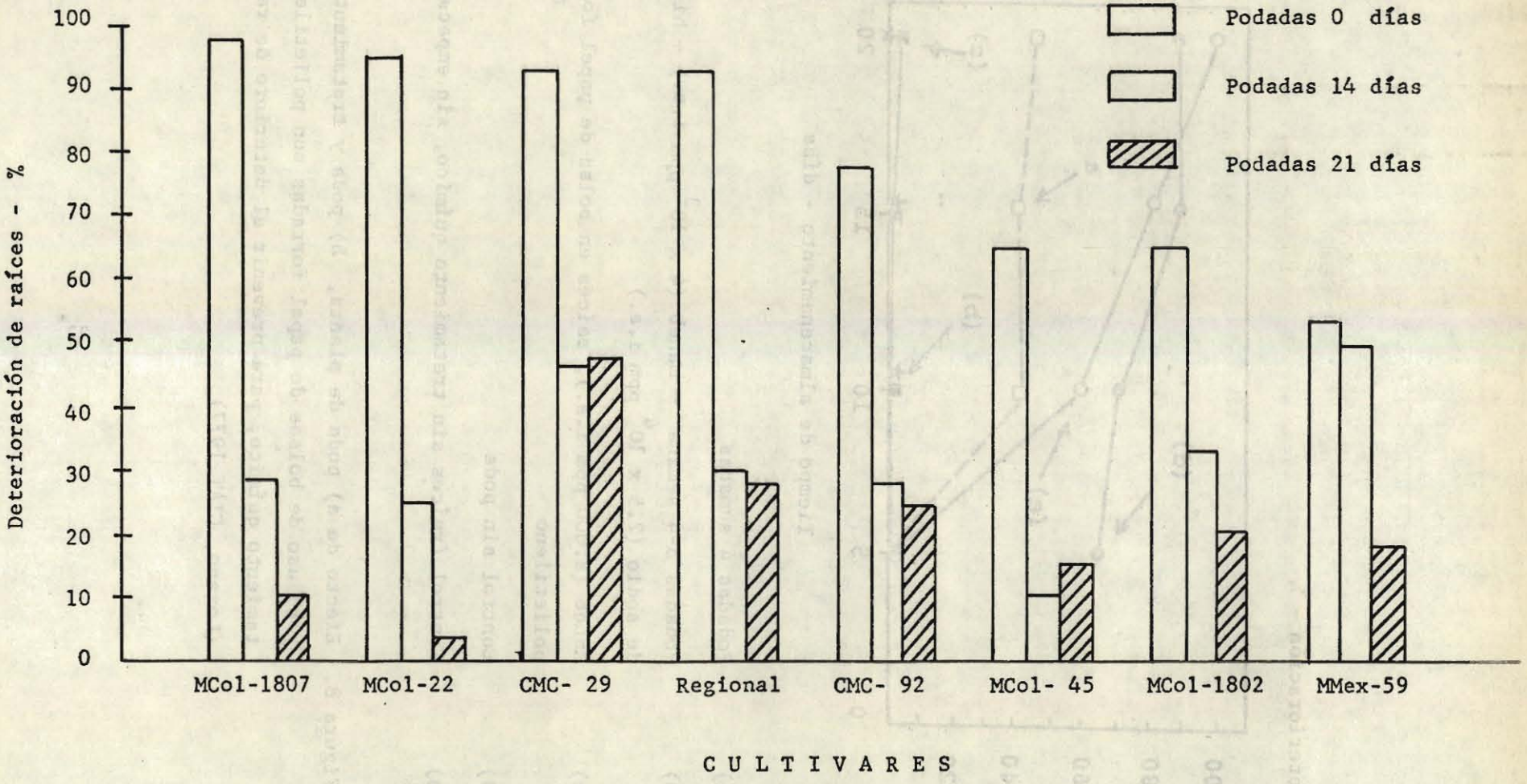
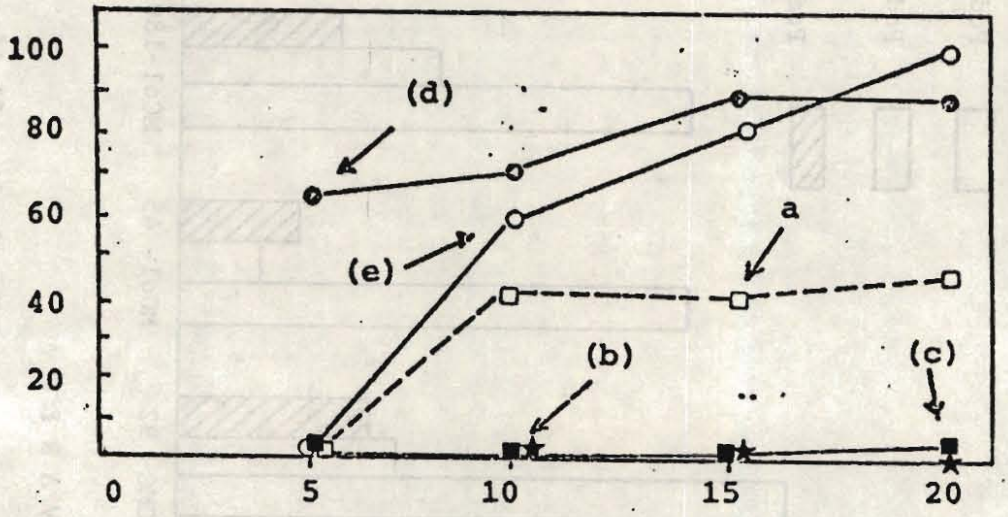


Figura 7. Deterioración de raíces de 8 variedades de yuca podadas 0, 14 y 21 días antes de la cosecha y almacenadas durante 20 días (Lozano, CIAT, 1977).

Deterioración - %



Tiempo de almacenamiento - días

a) Podadas 4 semanas

b) Podadas 3-4 semana + maneb (4×10^3 ppm i.a.) + hipoclorito de sodio (2.5×10^4 ppm i.a.)

c) Maneb (8.000 ppm i.a.), raíces en bolsa de papel forradas con polietileno

d) Control sin poda

e) Control (raíces sin tratamiento químico, sin empacar)

Figura 8. Efecto de a) poda de planta, b) poda y tratamiento químico y c) uso de bolsas de papel forradas con polietileno y tratamiento químico, para prevenir el deterioro de raíces (Lozano, CIAT 1977)

SELECCION Y PREPARACION DE ESTACAS

DE YUCA PARA SIEMBRA

J. Carlos Lozano
Julio César Toro
Abelardo Castro
Anthony C. Belloti

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz) es una planta tropical, perenne y leñosa, cultivada tradicionalmente en suelos de baja fertilidad y con poco uso de insumos. Como la yuca se propaga vegetativamente, la buena calidad de las estacas destinadas para la siembra es de suma importancia.

En un cultivo de yuca es frecuente observar:

1. Que al momento de la cosecha existe un número inferior de plantas en relación con el número de estacas sembradas.

2. Desigualdad de vigor entre plantas pertenecientes a una misma variedad.

3. Diferencias en producción por planta.

4. Que, a la cosecha, es frecuente la presencia de pudriciones radicales.

Las causas de estos problemas, además de ciertos factores climáticos y edáficos, se relacionan con la calidad de las estacas, la cual depende básicamente de las condiciones sanitarias y de ciertas características agronómicas de las plantas de las cuales provengan las estacas.

Antiguamente la yuca era considerada como un cultivo resistente a plagas y enfermedades. En la actualidad se sabe que tanto las unas como las otras no sólo pueden disminuir los rendimientos por unidad de superficie al no permitir el normal desarrollo de las plantas, sino que también disminuyen la producción de material de siembra al atacar los tallos en el campo o durante el almacenamiento antes de la siembra.

Por lo tanto las condiciones sanitarias y agronómicas de las plantas de donde se obtiene el material de siembra, determinan la calidad de las estacas de yuca.

Aspectos Sanitarios Relacionados con la Propagación Vegetativa de la Yuca

Cuando se va a seleccionar material vegetativo de propagación se debe descartar como fuente de "semilla" toda plantación que esté o haya estado afectada de agentes patógenos que puedan diseminarse por medio de las estacas. También se deben descartar las plantas cuyos tallos hayan sido atacados por insectos y ácaros, los cuales pueden también diseminarse al emplear dichos tallos como material de siembra y ocasionar fallas en la germinación. En cuanto a la sanidad de la plantación se deben tener en cuenta dos aspectos importantes: los patológicos y los entomológicos.

Aspectos patológicos

El tallo de la planta de yuca es atacado por varios agentes patógenos que pueden inducir pudriciones internas o externas y chancros corticales o epidérmicos; otros, como los virus, micoplasmas y algunas especies de bacterias, invaden el tallo sistémicamente, sin que se presenten síntomas visibles. En base a lo anterior, los patógenos que atacan la planta de yuca se han clasificado en agentes patógenos sistémicos, localizados y del suelo.

Agentes patógenos sistémicos

Estos patógenos pueden ser vasculares o corticales. Entre los vasculares tenemos virus, bacterias y micoplasmas. Los virus son: el Mosaico Africano, el Mosaico del Estriado Marrón, el Mosaico Común Americano y el Mosaico de las Nervaduras. Las bacterias, Xanthomonas manihotis (añublo bacteriano); y entre los micoplasmas está el agente que causa el superbrotamiento.

El hongo (Sphaceloma manihoticola), agente causante del superalargamiento es un patógeno cortical y/o epidermal que, aunque no es propiamente sistémico, produce numerosos chancros a lo largo del tallo debido a lo cual su diseminación a través de las estacas es muy alta. Otro agente patógeno, aún sin identificar pero que pertenece a este grupo, es el causante de la enfermedad conocida como cuero de sapo. Todos estos patógenos invaden parcial o totalmente la planta de yuca sin que a veces aparezcan signos visibles de su presencia en la zona madura del tallo; por esta razón un alto porcentaje de estacas provenientes de plantas enfermas, están infectadas aunque aparentemente se vean sanas. Estas estacas son las que constituyen focos primarios de infección cuando se llevan de una región a otra.

En el caso de enfermedades tales como el Mosaico Africano, que parece no existir en el Asia (excepto en la India) ni en América, es indispensable evitar la introducción de material de propagación provenientes del Africa o de la India. En los lugares en donde se encuentra esta

enfermedad, se ha logrado disminuir su incidencia por la eliminación de las plantas enfermas y por la utilización de material de siembra procedente de plantas sanas de los cultivos afectados. Aunque existen variedades resistentes, sus estacas pueden ser portadoras del agente causal del Mosaico Africano y constituir una fuente de inóculo primario en regiones no afectadas donde se siembren variedades susceptibles.

Aunque se puden producir plantas aparentemente sanas mediante el cultivo de meristemas de plantas afectadas del Mosaico Africano, hasta la fecha de la publicación de esta guía, aún no existe un método que permita detectar en el huésped la presencia o ausencia del agente causal, con absoluta seguridad.

Los virus (el Mosaico Común Americano y el Mosaico de las Nervaduras) y los micoplasmas (superbrotamiento) registrados en América parecen transmitirse sólo mecánicamente y en porcentajes relativamente bajos; debido a esto es posible reducir significativamente el inóculo potencial y también erradicar estas enfermedades, eliminando las plantas que presenten sus síntomas característicos.

Toda estaca tomada de plantas con cuero de sapo produce plantas afectadas; igualmente, la enfermedad puede diseminarse por medio de machetes infestados, consecuentemente, para evitar su dispersión se deben tomar las estacas de plantas cuyas raíces no presentan síntomas de la enfermedad y desinfestarse el machete con agua-jabón entre corte de planta a planta. Sin embargo, la mejor recomendación es aquella que se refiere a evitar tomar material de siembra de regiones en donde la enfermedad es endémica.

Otro de los agentes patógenos sistémicos es la especie bacterial Xanthomonas manihotis que causa el añublo bacteriano de la yuca. Se ha demostrado que es posible obtener plantas sanas de plantas afectadas, enraizando en agua estéril retoños provenientes de estacas tomadas de plantas enfermas (Figura 1). Las plantas obtenidas por medio de este sistema constituyen la base para producir material de siembra libre de dicha bacteria. Este material puede ser multiplicado luego por medio del sistema de propagación rápida desarrollado por Cock et al. (1975). (Figura 2) o por medio de los sistemas tradicionales. El material sano puede usarse para ser sembrado en lotes donde no se haya sembrado yuca, o en donde haya sido erradicado el patógeno por medio de la rotación de cultivos. Este material de siembra puede ser enviado sin ningún riesgo a regiones donde no exista la enfermedad.

El agente causante del superalargamiento (Sphaceloma manihoticola) también se puede diseminar por medio de estacas tomadas de plantas enfermas. Para evitar la presencia de esta enfermedad, sólo se deben sembrar estacas provenientes de plantaciones sanas. Se ha encontrado que es posible erradicar el patógeno tratando las estacas afectadas con Difolatan 6.000 p.p.m, de i.a. como una medida preventiva se recomienda usar este fungicida para tratar las estacas sanas provenientes de áreas donde la enfermedad sea endémica.

Agentes patógenos localizados

Son patógenos no sistémicos (Colletotrichum sp. causante de la antracnosis; Agrobacterium tumefaciens, que causa la agalla bacteriana del tallo)los que sólo invaden una parte del tallo. La mayoría de estos patógenos dejan chancros o zonas necróticas de color marrón claro a negro en la epidermis del tallo; otros, como Erwinia carotovora pvr. carotovora, causante de la pudrición bacteriana del tallo, también invadé la región medular, la cual presenta una coloración amarillenta, rojiza o marrón oscuro.

Los patógenos localizados penetran al tallo por las heridas causadas por medios mecánicos o por insectos, o directamente o a través de los estomas; o invadiendo los pecíolos. La invasión de estos patógenos generalmente decrece a medida que el tallo lignifica.

Toda porción del tallo que esté sana y sin signo alguno de la presencia o ataque de agentes patógenos localizados se puede usar como material de siembra. Por consiguiente, al seleccionar las estacas se deben eliminar las porciones de tallo afectadas por estos agentes patógenos; estos son los trozos que tengan chancros, áreas epidérmicas negruzcas o medulares rojizas (Figura 3.) Se recomienda desinfestar las herramientas que se usen para cortar las estacas, utilizando formol comercial al 5% con el objeto de evitar la transmisión de agentes patógenos en esta forma.

Agentes patógenos del suelo

La yuca es atacada por patógenos que pueden encontrarse en el suelo tales como: Rigidoporus (Fomes) lignosus, Rosellinia necatrix y Armillariella mellea. Estos generalmente atacan árboles forestales y frutales perennes; Fusarium sp. y Rosellinia sp. atacan además otros cultivos perennes como café, banano y plátano; Rhizoctonia spp., Sclerotium rolfsii, Whetzelinia (Sclerotinia), Phytophthora spp. y Pythium spp. son patógenos que atacan tanto a la yuca como a cultivos herbáceos de ciclo corto, tales como algodón y fríjol.

Todos estos patógenos inician su ataque después de la siembra y su penetración ocurre hacia los extremos de la estaca, o directamente a través de heridas epidérmicas o hacia la base de los retoños o en las raicillas. El daño causado por estos patógenos se puede disminuir tratando las estacas durante 5 minutos con una mezcla que contiene Dithane M-22 (2.000 p.p.m. de i.a.) más Antracol (2.000 p.p.m. de i.a.) por cada litro, u Orthocide y Bavistin a una concentración de 3.000 p.p.m. de i.a. de cada fungicida.

Aspectos Entomológicos

Existen ácaros e insectos que atacan el tallo de la yuca reduciendo la producción y la calidad del material de propagación procedente de las plantas afectadas. También existen insectos que se encuentran

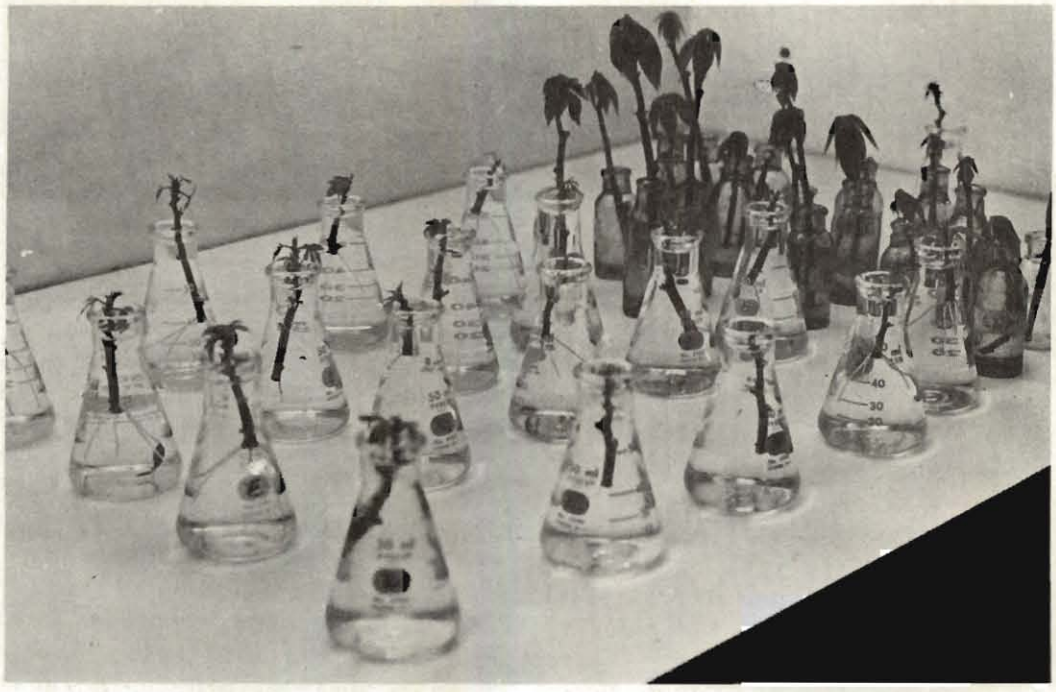


Figura 1. Enraizamiento de retoños proveniente de plantas atacadas de bacteriosis.



Figura 2. Cámara utilizada en el sistema de propagación rápida.

en el suelo y atacan las estacas después de la siembra, ocasionando heridas o perforaciones por las cuales pueden penetrar patógenes del suelo, o destruyen completamente la epidermis y yemas de las estacas. Otros insectos cortan las raíces y retoños recién emergidos impidiendo el normal desarrollo de la planta. Los ácaros e insectos que atacan las estacas de la yuca se clasifican de la siguiente manera:

Acaros e insectos en la superficie del tallo

Algunas especies de ácaros (Tetranychus urticae y Oligonychus peruvianus) atacan las hojas desarrolladas de la planta de yuca en tanto que otros como Mononychellus tanajoa ataca las hojas tiernas y los puntos de crecimiento. Al transportar material infestado se los puede llevar a otras regiones; fue así como posiblemente el ácaro Mononychellus tanajoa se introdujo en el Africa

Los insectos escamas (Aonidomytilus albus, Saissetia miranda, Hemiberlesia diffines), y el piojo blanco o harinoso (Phenacoccus gossypii) también se diseminan de este modo. Estos insectos, según el grado de infestación, pueden reducir la germinación de las estacas en un 70%. Los huevos y las larvas de otros insectos tales como trips (Frankliniella williamsi, Corynothrips stenopterus, Caliothrips masculinus), y chinches de encaje (Vatiga spp.) también pueden encontrarse adheridos a la superficie del tallo y son diseminados al transportar estacas atacadas.

Con el fin de evitar infestaciones de ácaros e insectos en las estacas se recomienda el uso de insecticidas tales como Malathion (1.000-3.000 p.p.m. de i.a.), Tamaron (2.000 p.p.m. de i.a.), o Basudin (2.000 p.p.m. de i.a.). Estos productos se aplican sumergiendo las estacas en la solución durante 5 minutos.

Insectos localizados dentro del tallo

Los insectos que se localizan dentro del tallo de la yuca son, en general, insectos barrenadores (varias especies de coleópteros, lepidópteros e hymenópteros). Larvas de éstos y otros insectos como la mosca de la fruta (Anastrepha spp.), mosca del cogollo (Silba pendula) y los trozadores superficiales o subterráneos del tallo (Agrotis ypsilon, Prodenia eridania) pueden diseminarse inadvertidamente a otros sitios al transportar estacas afectadas. Los túneles y galerías que ellos hacen en el tallo son sitios de fácil acceso para microorganismos que causan pudriciones secundarias en las estacas.

Para evitar la siembra de estacas infestadas o heridas por los insectos se debe hacer una selección visual cuidadosa de los tallos de donde se van a cortar las estacas. Todo trozo de tallo que muestre lesiones externas o internas causada por insectos (Figura 4), debe desecharse y quemarse. Con frecuencia la decoloración de la médula (Figura 5) es un indicio de daños internos.

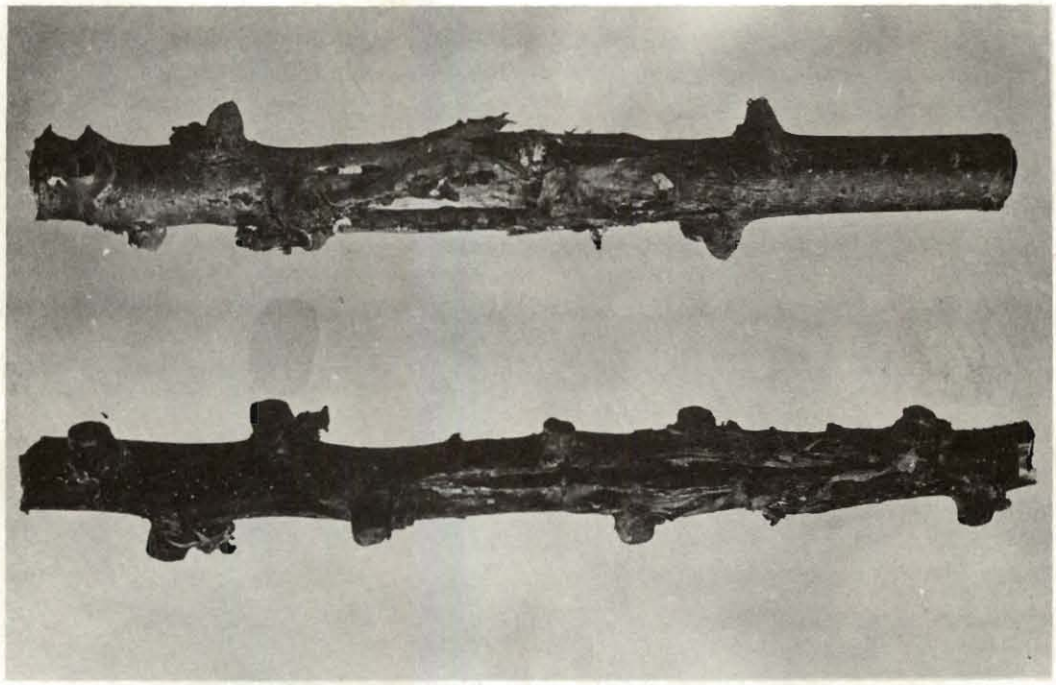


Figura 3. Estacas con chancros y áreas epidérmicas negruzcas

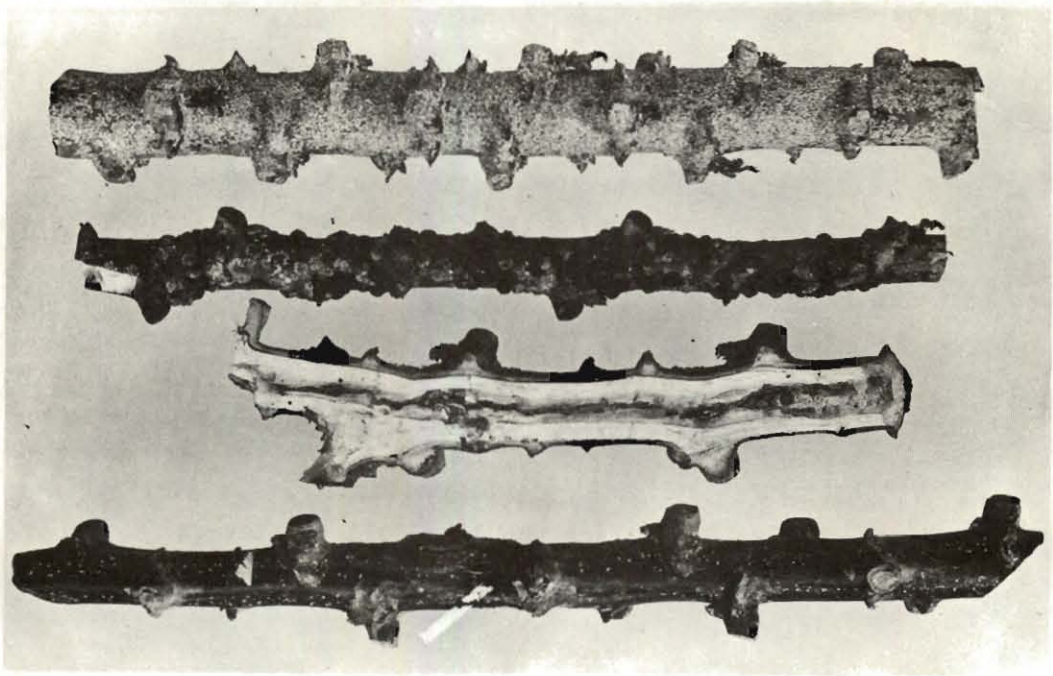


Figura 4. Estacas con lesiones internas y externas causadas por insectos

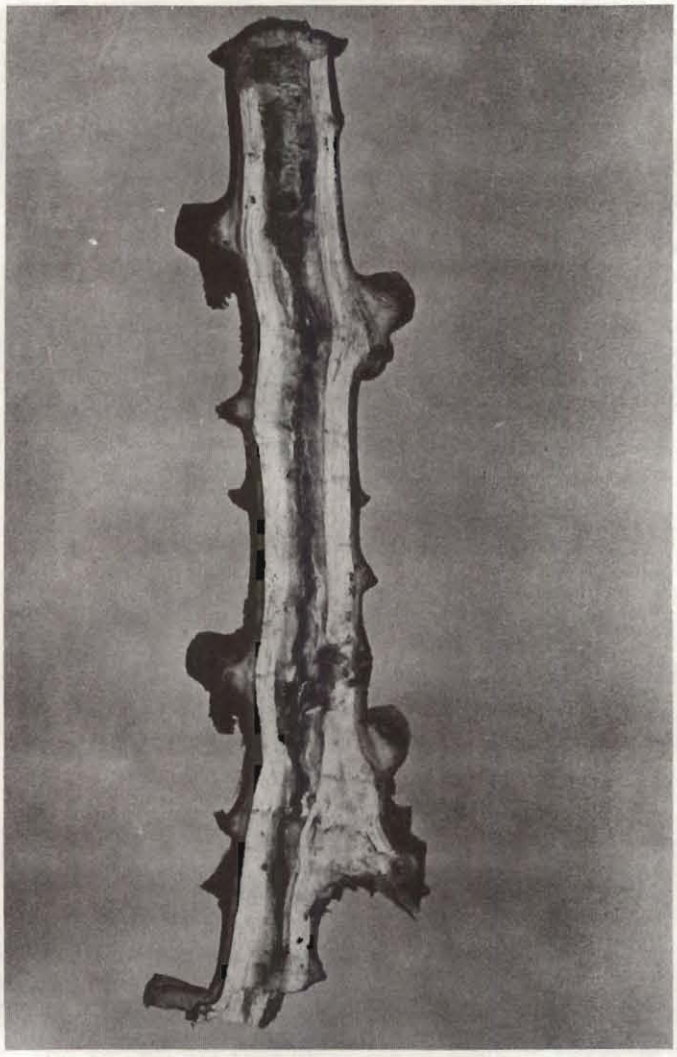


Figura 5. Estaca con la médula decolorada

Insectos localizados en el suelo

Algunos insectos que atacan las estacas de la yuca después de la siembra se encuentran en el suelo, y generalmente destruyen la corteza de éstas y hacen túneles que favorecen las pudriciones microbianas causando pérdidas en la germinación y muerte de las plántulas. Los insectos más comunes son: chizas (coleópteros pertenecientes a las familias Scarabaeidae y Cerambycidae), comejenes (Coptotermes spp.) y tierreros (Agrotis spp.). Para evitar su ataque se debe incorporar al suelo (Aldrín 1.5 kg/ha de i.a.) o Carbofuran granulado (0.09 g/planta de i.a.) inmediatamente debajo de la estaca. En el caso de los comejenes se recomienda usar insecticidas de efectos residual como Aldrín, Dieldrín o Clordano. Los cebos tóxicos (por ejemplo, 10 kg aserrín, 8-10 lt agua, 500 g de azúcar o melaza y 110 g de triclorfon, para 1/2 a 1 ha) dan excelentes resultados.

Aspectos agronómicos y de manejo relacionados con la calidad de las estacas de yuca

La calidad de la estaca de yuca para la siembra también está determinada por los siguientes aspectos agronómicos.

Variedad

Se han observado grandes diferencias entre las variedades de yuca en cuanto a la capacidad de enraizamiento de las estacas y germinación de las yemas, número de nudos por metro longitudinal de tallo y el vigor de las plantas que originan. La diferencia en la germinación de las yemas se debe posiblemente a que algunas variedades tienen las yemas más protegidas que otras. Las diferencias varietales se acentúan con el almacenamiento de las estacas, a medida que se aumenta el período de almacenamiento se incrementan las diferencias. Por consiguiente, se recomienda usar variedades con un alto poder de enraizamiento y germinación, el cual puede ser determinado fácilmente calculando el porcentaje de plantas por estacas sembradas por variedad después de un período corto de almacenamiento, por ejemplo de 15 días.

Edad de la planta

Para la obtención de buenas estacas deben seleccionarse plantas maduras, es decir, que tengan entre 8 y 18 meses de edad. Aunque las estacas obtenidas de plantas verdes, poco lignificadas germinan, éstas son sumamente susceptibles al ataque de agentes patógenos y de insectos . Además dichas estacas no se pueden almacenar por mucho tiempo porque se deshidratan rápidamente debido a su alto contenido de agua. Igualmente su suculencia facilita el que muchas especies de microorganismos (bacterias y hongos) las infecten y les causen pudriciones severas al poco tiempo de haber sido sembradas.

Cuando las plantas tienen más de 18 meses, los dos tercios inferiores de sus tallos se encuentran altamente lignificados, razón por la cual tienen una germinación tardía y producen brotes poco vigorosos. Además los tallos provenientes de plantas mayores de 18 meses pueden haber sufrido un mayor número de lesiones causadas por agentes patógenos localizados o por insectos (Figura 6), presentar yemas brotadas (Figura 7) o en proceso temprano de germinación de yemas. Estas yemas son altamente susceptibles al ataque de patógenos. Finalmente, cuando se emplean tallos viejos, se dificulta el corte de las estacas y se aumenta el costo del transporte.

En casos en que se utilicen tallos que han sido almacenados durante algún tiempo, se debe observar al hacer el corte la emisión de latex: si este demora en aparecer, el material debe ser descartado para siembra por haberse deshidratado. En general, se debe evitar el almacenar las estacas o tallos de yuca por los sistemas tradicionales.

Parte apropiada de la planta para la preparación de las estacas

Este factor está estrechamente relacionado con la edad de la planta. Con variedades vigorosas y en las condiciones del CIAT, se puede usar el tercio mediano de una planta de 8 meses (Figura 8). Sin embargo, a medida que la planta tiene más edad, el tallo acumula mayores reservas, lo cual permite tomar estacas de la parte superior de la planta. En este caso se puede usar el tercio superior de una planta de 18 meses y descartar la parte basal. Se debería hablar aquí más bien de la edad del tallo y no de la planta, puesto que la edad del tallo depende básicamente de la parte de la planta donde esté localizado.

Diámetro de la estaca

Este determinado por la edad de la planta y la parte de donde se corte la estaca. Para determinar el diámetro apropiado de la estaca se establece una relación entre el diámetro total y el diámetro de la médula; para ésto se hace un corte transversal a la estaca; si el diámetro medular es igual o menor al 50% del diámetro de la estaca, ésta tiene el diámetro adecuado para la siembra (Figura 9). Además, por regla general se recomienda que el diámetro total de las estacas seleccionadas no sea inferior a la mitad del diámetro de la porción más gruesa del tallo de la variedad que se esté usando.

Longitud de la estaca

Es posible obtener una planta de yuca a partir de una estaca muy corta que sólo tenga una yema, pero las posibilidades de que germine y enraice bajo condiciones de campo son muy escasas, especialmente cuando no hay suficiente humedad en el suelo. De otro lado, las estacas de 60 o más centímetros de largo, aunque tienen mayores probabilidades de enraizamiento y germinación, serían más costosas en cuanto al manejo y transporte y se producirá un menor número de estacas por plantas. Por lo tanto, se recomienda que la estaca de yuca tenga una longitud



Figura 6. Planta demasiado vieja atacada por insectos

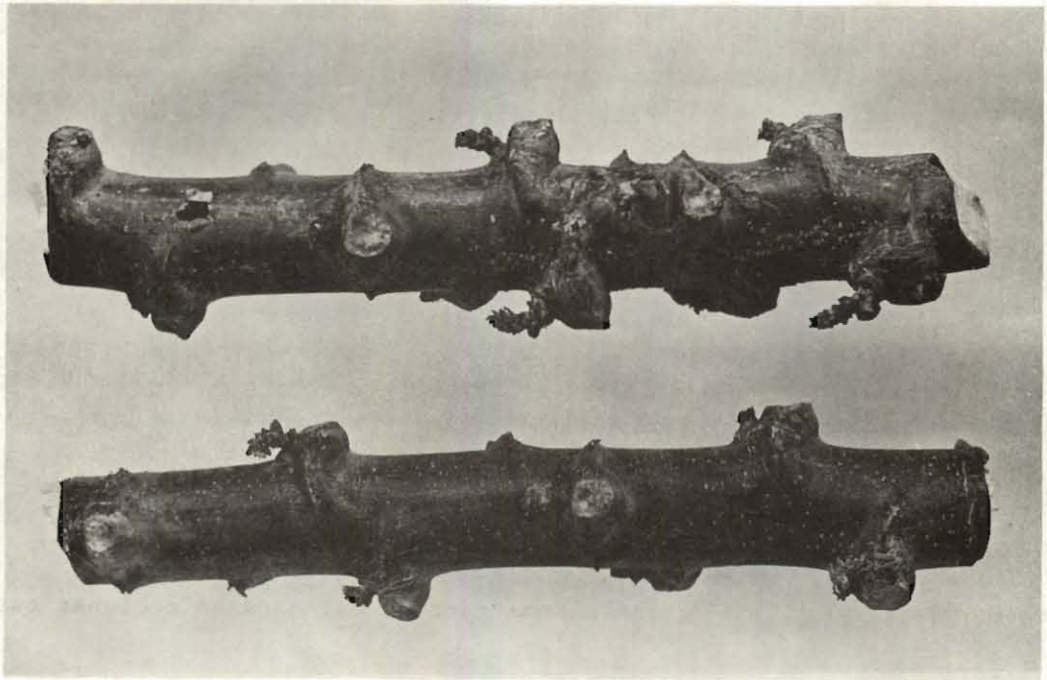


Figura 7. Estacas viejas con yemas brotadas

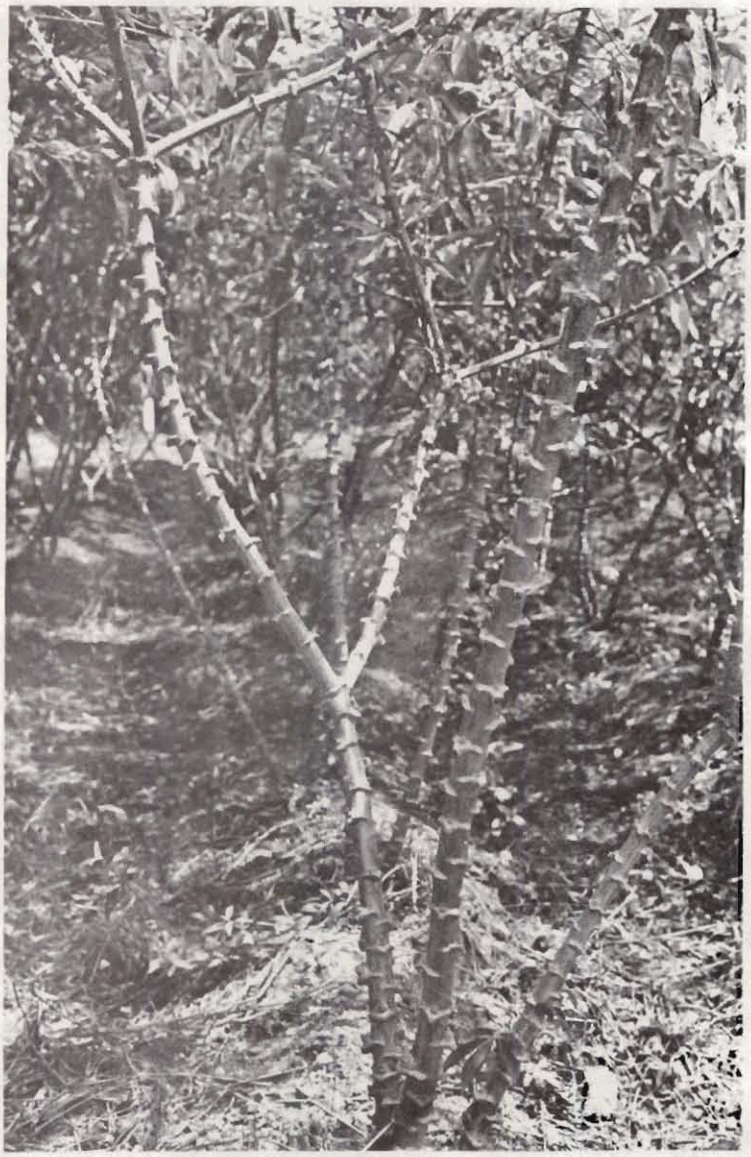


Figura 8. Tercio mediano de una planta parte ideal para seleccionar estacas

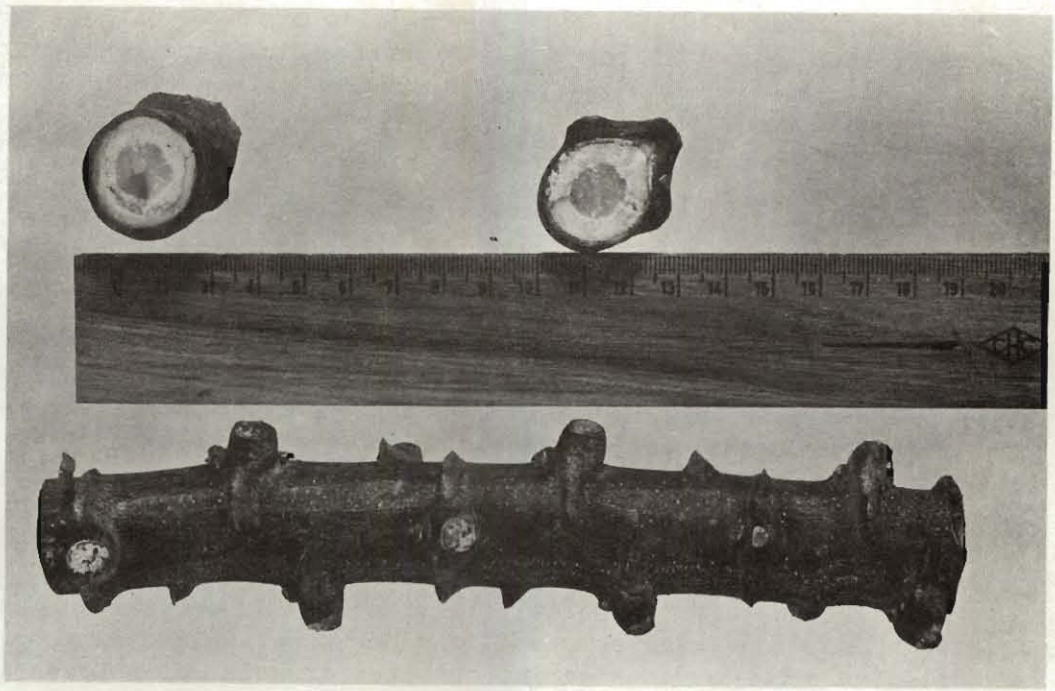


Figura 9. Diámetro adecuado de la estaca

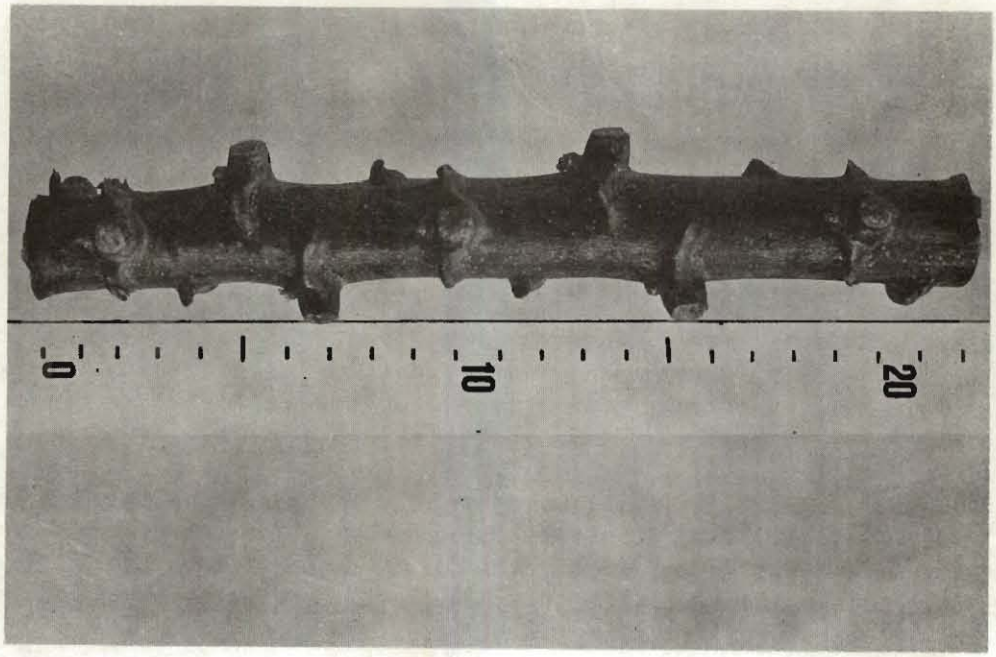


Figura 10. Longitud apropiada de la estaca

de 20 centímetros (Figura 10), siempre y cuando no hayan resultados de investigaciones locales que indiquen que se debe variar esta longitud.

Número de nudos por estaca

Este factor está muy relacionado con la variedad. Estacas de 20 centímetros, de tallos de igual edad y de la misma parte de la planta, pero provenientes de dos variedades distintas, pueden tener diferente número de nudos (Figura 11).

Cada nudo del tallo tiene una yema axilar que teóricamente puede producir una planta. Sin embargo, se ha encontrado que las estacas de uno a tres nudos enraizan poco y se obtiene menor germinación de las yemas en condiciones de campo. Estas estacas se deshidratan más rápido y los agentes patógenos pueden invadirlas totalmente en un período relativamente corto. Además, son mayores las probabilidades de que las estacas con pocas yemas pierdan la viabilidad de todas sus yemas durante la preparación, el transporte y la siembra; las estacas largas, con más de 10 nudos, conservan su viabilidad porque el número de yemas es mayor. Sin embargo, como se indicó anteriormente, al usar estacas largas se necesita más material de propagación por unidad de superficie, y es mayor la posibilidad de que este material se encuentre afectado por insectos y agentes patógenos localizados.

Se recomienda sembrar estacas de 5 o má nudos (Figura 12) las cuales, por tener más yemas, dan mayor garantía de poder obtener una planta; si se daña alguna de las yemas, las otras pueden germinar.

Corte de la estaca y ángulo del mismo

El corte debe hacerse con un machete bien afilado o con una sierra circular. Cuando se usa el machete el corte se debe hacer en el aire, lo más uniforme posible, evitando desgarrar la corteza o astillar el leño, para esto es conveniente sostener el tallo con una mano y hacerle un corte pequeño (Figura 13), girarlo 180 grados y con un segundo corte terminar de desprender la estaca (Figura 14). Cuando se utiliza una sierra, al cortar las estacas se deben sostener con las manos los tallos a lado y lado. Nunca se deben cortar las estacas apoyando los tallos en cualquier soporte ya que esto ocasiona el desgarramiento de los tejidos y se dañan las estacas (Figura 15).

Referente al corte de la estaca se ha visto que bajo condiciones de un buen manejo del cultivo tanto con el corte transversal como con el bicelado se han obtenido buenos rendimientos; sin embargo el corte transversal propicia un enraizamiento perimetral y uniforme lo que da una mejor distribución de las raíces.

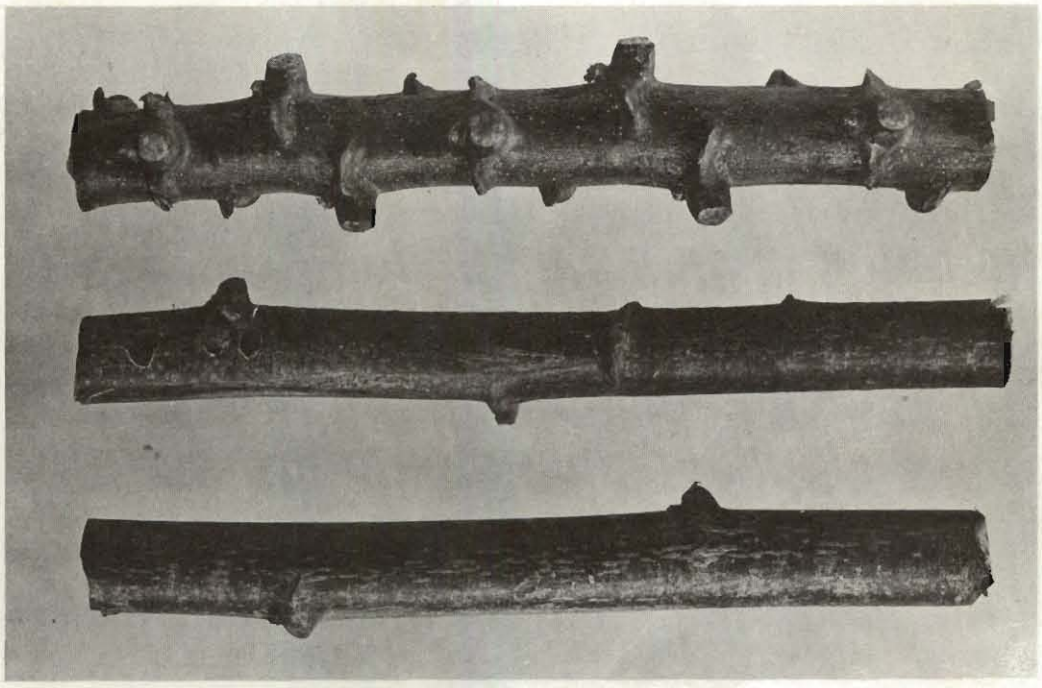


Figura 11. Estacas de diferentes variedades con distinto número de nudos

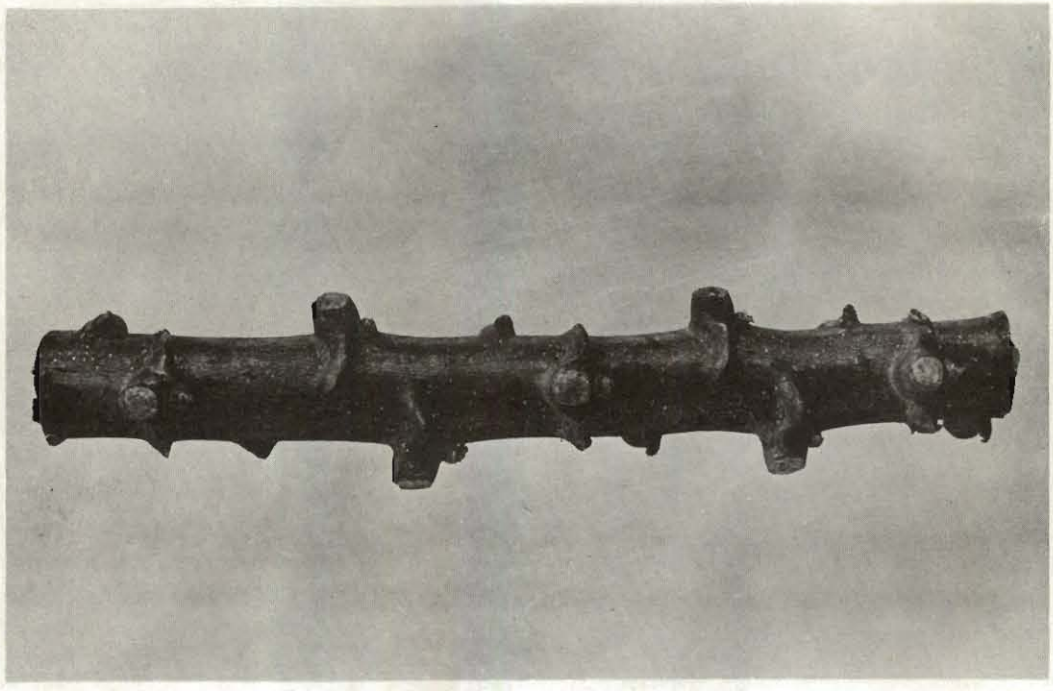


Figura 12. Estaca apropiada para la siembra con respecto al número de nudos

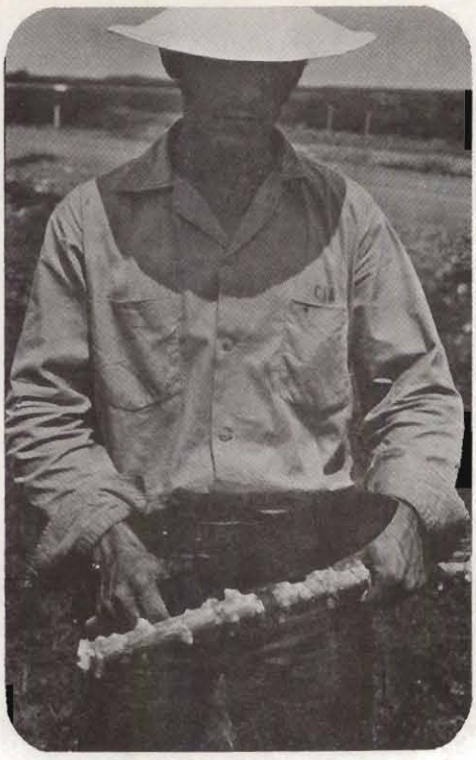


Figura 13. Corte inicial al tallo

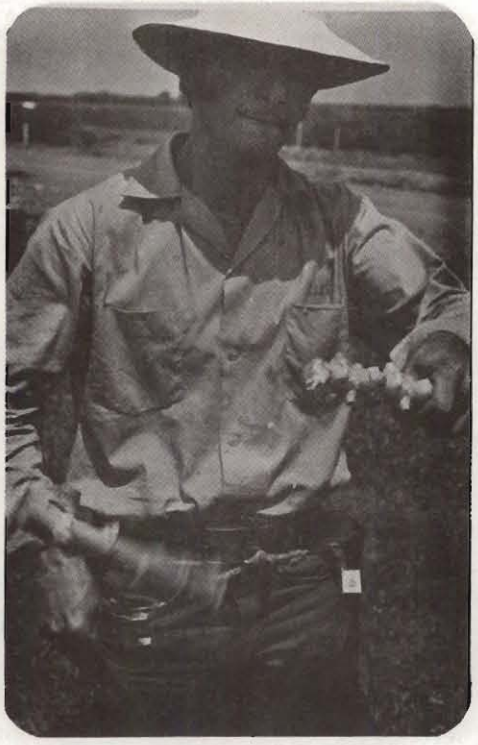


Figura 14. Corte final para desprender la estaca

Daños físicos causados a las estacas

Cualquier daño físico que sufra una estaca puede desmejorar su calidad. Los daños físicos, tanto de la epidermis como de las yemas, pueden ocurrir durante la preparación, transporte, almacenamiento y la siembra de las estacas, debido a golpes o a fricción (Figura 16). Cada herida es una nueva entrada para microorganismos que causan pudriciones en las estacas durante el almacenamiento o después de la siembra. Se deben evitar los golpes fuertes durante el corte y transporte de los tallos o ramas seleccionadas como material de propagación.

Almacenamiento de las estacas

Es necesario indicar que en cuanto sea posible debe evitarse el almacenamiento del material de siembra ya que en el transcurso del mismo las estacas están expuestas a una serie de ataques de insectos y patógenos que disminuirán su posterior enraizamiento y germinación.

Tratamiento de las estacas

En cuanto a este tópico es necesario resaltar que las estacas después de sembradas pueden ser atacadas por un grupo de agentes patógenos e insectos que viven en el suelo, los cuales por lo general, atacan inicialmente las yemas de la estaca y también pueden penetrar a través de heridas o por la base de los retoños o raicillas. Como es difícil desarrollar una variedad resistente a este complejo de patógenos e insectos del suelo es, por lo tanto, conveniente y necesario proteger las estacas durante su fase inicial de desarrollo garantizando un buen enraizamiento y germinación y posterior establecimiento del cultivo para lo cual se recomienda tratar el material de siembra con una mezcla de fungicidas e insecticidas cuyos nombres y dosis aparecen en el Cuadro 1.

Con la mezcla que aparece en el Cuadro 1 debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Si se emplea Dithane M-45, como este fungicida contiene Zinc y Manganeso, no sería necesario agregar a la mezcla Manzate 80, por lo tanto la dosis del fungicida podría ser:

Dithane M-45 3,0 g/litro

El Vitigran se debe usar solo cuando existe superalargamiento en la región.

Recientemente se han encontrado otros productos químicos cuyas mezclas se pueden utilizar cuando las estacas se van a sembrar inmediatamente o cuando se van a almacenar; en este último caso se ha logrado un 100% de enraizamiento y germinación con estacas tratadas y almacenadas durante 60 días.

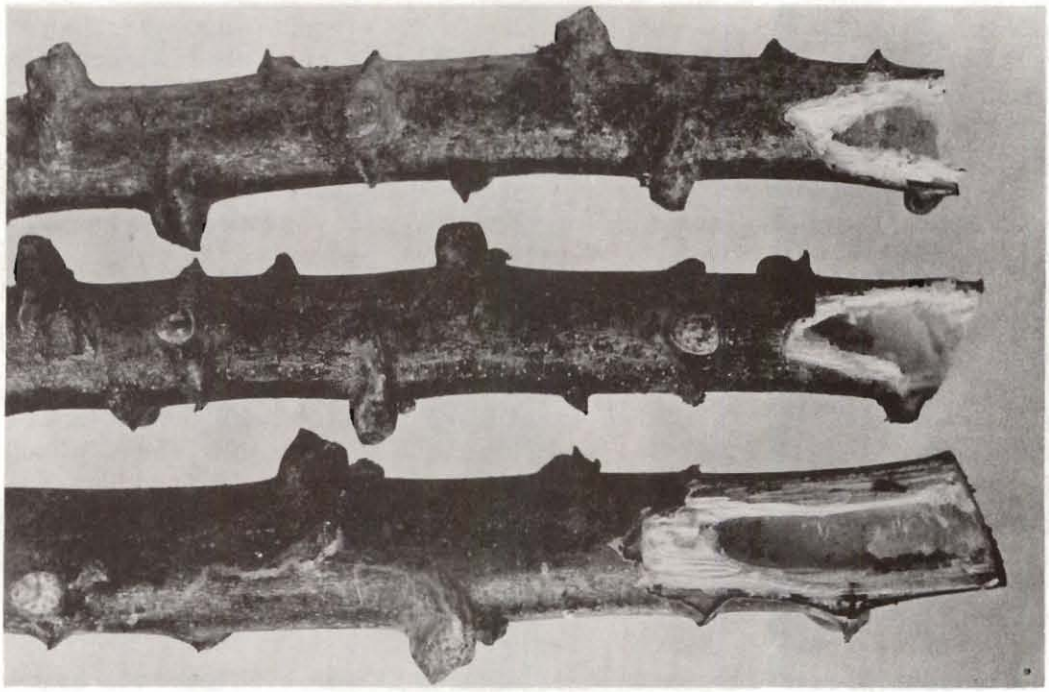


Figura 15. Estacas dañadas por mal corte

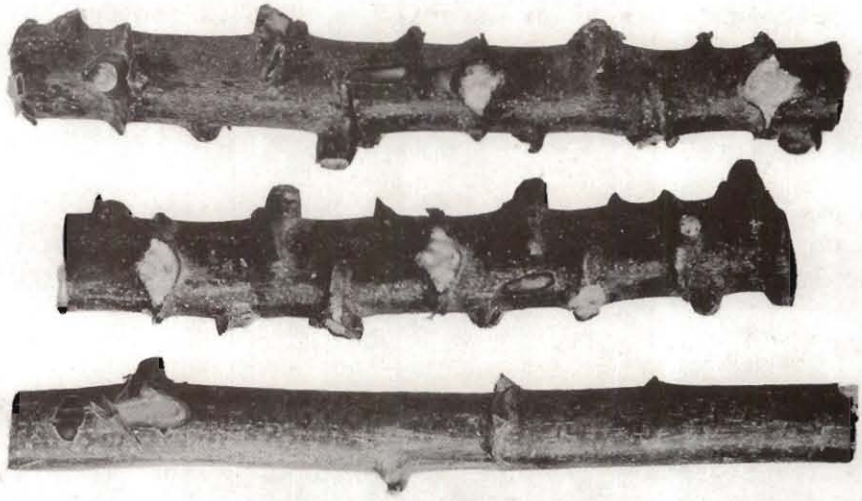


Figura 16. Estacas inapropiadas debido a daños físicos.

Las mezclas que han mostrado ser más efectivas aparecen en el Cuadro 2.

En la mezcla No. 1 el Malathion debe mezclarse con el agua antes de agregar los fungicidas con el fin de prevenir efectos de incompatibilidad ya que cuando las estacas se trataron con una solución en la cual el Orthocide y el Bavistin se mezclaron antes de agregar el Malathion hubo incompatibilidad entre los fungicidas e insecticidas lo cual inhibió el enraizamiento y germinación de las estacas.

En la mezcla No. 2 las estacas se tratan primero con la mezcla Orthocide-Bavistin y luego con el Aldrin en polvo.

Las estacas deben sumergirse en las mezclas durante 5 minutos y luego se deben dejar a la sombra antes de sembrarlas.

En relación con el tratamiento de las estacas con fungicidas, los diversos ensayos han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

1. Protección de las estacas contra la mayoría de los agentes patógenos del suelo que atacan a la yuca, y su efecto puede durar hasta 60 días.

2. Mediante el tratamiento de las estacas con ciertos fungicidas se acelera y aumenta la germinación de las yemas.

3. Inducción del enraizamiento y crecimiento rápido de los retoños.

4. Almacenamiento de las estacas por períodos considerables (más de dos meses).

PRODUCTO		DOSIS
Nombre Comercial	Nombre Técnico	Gramos de producto comercial por litro de agua
Dithane M-22	Maneb	2.22
Antracol	Propineb	1.25
Vitigran 35%	Oxicloruro de cobre	2.00
Malathion P.M. 4%	Malathion*	5.00

*Si se usa C.E. 57% utilizar 1.5 c.c.

	PRODUCTO		DOSIS	
	Nombre Comercial	Nombre Técnico	p.p.m.	Producto comercial por litro de agua
	Malathion C.E. 57%	Malathion C.E.	1.000	1.5 cc/lt
MEZCLA 1	Bavistin P.M. 50%	Carbendazin	3.000	6 g/lt
	Orthocide P.M. 50%	Captan	3.000	6 g/lt
	Orthocide P.M. 50%	Captan	3.000	6 g/lt
MEZCLA 2	Bavistin P.M. 50%	Carbendazin	3.000	6 g/lt
	Aldrin 2.5%	Aldrin	____	1 g/estaca

* p.p.m. partes por millón
1.000 p.p.m. 1 g/lt de ingrediente activo del producto

RESUMEN

Se debe tener en cuenta que una estaca regular o mala puede llegar a originar, en condiciones adecuadas, una planta aparentemente normal y sana; pero el rendimiento de esta planta será siempre inferior o a veces nulo comparado con el rendimiento de una planta proveniente de una estaca de buena calidad.

Desde el punto de vista de la producción de yuca, lo que interesa es el rendimiento de raíces por unidad de tiempo, por unidad de área. Para conseguir el máximo rendimiento es necesario realizar una buena selección de las estacas, lo cual se puede resumir así:

1. Escoger de una plantación de yuca sana plantas de una variedad vigorosa, tomar de ellas trozos de tallo con la madurez apropiada, de 8 a 18 meses de edad, y cortar estacas de 20 cm de longitud, con 5 a 7 nudos y con un diámetro no inferior a la mitad del grosor máximo del tallo de la planta.

2. Debe evitarse que las estacas sufran daños físicos durante su preparación, transporte y siembra.

3. Material de propagación procedente de regiones infectadas de Mosaico Africano no debe ser introducido en regiones donde no exista esta enfermedad. También se debe evitar la introducción de estacas provenientes de regiones donde el añublo bacteriano o el superalargamiento de la yuca estén presentes. Cuando estas enfermedades existan en la región, se deben seleccionar como fuente de material para siembra solamente aquellas plantaciones que permanezcan sanas durante los períodos lluviosos. Si no se encuentran, se debe producir material libre del añublo bacterial y tratar las estacas con algunos de los fungicidas que erradican el agente causante del superalargamiento (Difolatan 6.000 ppm).

4. No se deben tomar estacas de plantas que presenten síntomas de virus, de micoplasmas o de cuero de sapo. Toda planta que muestre estos síntomas debe ser quemada.

5. Cada una de las estacas debe ser observada cuidadosamente, al prepararse, hay que destruir todo trozo de tallo que muestre signos de la presencia de agentes patógenos localizados (chancros y pudriciones locales epidérmicas o medulares) y daños de insectos (galerías, túneles, o heridas epidérmicas).

6. Las estacas se deben tratar con fungicidas e insecticidas inmediatamente después de ser cortadas de la planta y antes del almacenamiento. El almacenamiento debe ser mínimo, bajo condiciones óptimas.

7. No se debe sembrar estacas en suelos infestados de insectos (chizas, comejenes, tierreros y gusanos trozadores) sin antes haber aplicado insecticidas alrededor de las estacas o en el suelo.

8. Finalmente, la siembra se debe realizar cuando el suelo tenga suficiente humedad, hay que evitar hacerlo durante períodos secos. Deben emplearse buenas prácticas agronómicas y dar al suelo la preparación adecuada para el cultivo.

REFERENCIAS

Belloti, A. y Schoonhoven, A. Van. 1977. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology.

Bock, K.R. y Guthrie, E.J. 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. In: African Cassava Mosaic. B.L. Nestel (ed.). Ottawa, Canada, International Development Research Centre. pp. 11-16.

Castro, A., Toro, J.C. y Celis, E. 1976. Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 217-224

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1974. Annual Report 1973. Cali, Colombia, CIAT. 260 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1975. Annual Report 1974. Cali, Colombia, CIAT. 253 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1976. Sistemas de Producción de Yuca. In: Informe Anual, CIAT 1975. Cali, Colombia, CIAT, pp. B1-B63.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1977. Cassava Production Systems Program. In: Annual Report 1976. Cali, Colombia. CIAT pp. B1-B76

Cock, J.H., Wholey, D.W., Lozano, J.C. y Toro, J.C. 1976. Sistema rápido de propagación de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Boletín Serie ES-20. 12p.

Costa, A.S. y Normanha, E. 1939. Notas sobre o tratamento de manivas de mandioca (Manihot utilissima) em agua aquecida a diversas temperaturas. Revista de Agricultura. Piracicaba 14:227-230.

Costa, A.S. y Ktajima, E.W. 1972. Studies on virus and mycoplasma disease of the cassava plant in Brazil. In: Proceedings IDRC/ IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. pp. 18-36.

Huertas, A.S. 1940. A study of the yield of cassava as affected by the age of cuttings. Philippine Agriculturist 28:762-770.

Kartha, K.K. y Gamborg, O.L. 1975. Elimination of cassava mosaic disease by meristem culture. Phytopathology 65:826-828

Krausz, J., Lozano, J.C. y Thurston, H.D. 1976. A new anthracnose-like disease of cassava. Annual Proceedings of the American Phytopathology Society (resumen).

Lozano, J.C. 1972. Status of virus and mycoplasma-like disease of cassava. In: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. pp. 2-12.

Lozano, J.C. y Booth, R.H. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS 20:30-54.

Lozano, J.C. y Sequeira, L. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia. I. Etiology. Phytopathology 64:74-82.

Lozano, J.C. y Sequeira, L. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia. II. Epidemiology and control. Phytopathology 64:83-88.

Lozano, J.C. y Wholey, D.W. 1974. The production of bacteria-free planting stock of cassava. World Crops 26:115-117.

Lozano J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS 21:38-43.

Lozano, J.C. 1976. The threat of introducing cassava diseases and pests on propagation material. In: Plant Health and Quarantine Problems Arising in International Genetic Resources Transfer. FAO (Food and Agriculture Organization).

Lozano, J.C., Belloti, A., Schoonhoven, A. Van, Howeler, R., Howell, D. y Doll, J. 1976. Problemas en cultivos de la yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Boletín Series GS-16:127 p.

Lozano, J.C. y Terry, E.R. 1976. Enfermedades de la yuca y su control. Noticias Fitopatológicas 5:38-44.

Oliveros, B., Lozano, J.C. y Booth, R.H. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58:703-705.

RESPUESTA AGRONOMICA DE LA YUCA A DURACION Y MODALIDAD DEL ALMACENAMIENTO DE ESTACAS.

D. Leihner*
A.S. Andrade**

Introducción

Las estacas de yuca que se utilizan para la siembra, pierden el poder de enraizamiento, germinación y el vigor de sus yemas con el almacenamiento; además, durante este período las estacas pueden ser afectadas por patógenos y pestes. El conjunto de estos factores conlleva a mermas considerables en el rendimiento de la yuca, principalmente por el número reducido de plantas cosechables.

A pesar de ser la mejor práctica, usar material de siembra fresco, el almacenamiento frecuentemente es indispensable por diversas razones: En muchas regiones del mundo la siembra de la yuca sigue los ciclos pluviométricos, con intervalos considerables entre cosecha y siembra. A veces existe escasez de terreno preparado para una siembra inmediata o las condiciones climáticas dificultan la preparación y la siembra. Finalmente, razones económicas pueden obligar al agricultor a cosechar en época no apta para la siembra.

La calidad final de las estacas, después del almacenamiento, está determinada por la sanidad y la deshidratación que hayan sufrido. Para conservar mejor la calidad del material de siembra y para reducir pérdidas debidas al almacenamiento inadecuado de estacas se está desarrollando una metodología la cual se discute a continuación.

Período adecuado de almacenamiento

La literatura no es muy concluyente respecto al máximo período posible de almacenamiento de estacas de yuca. En general, se sugiere que sea durante un "periodo razonable, varios meses o algún tiempo" (Bertoni, 1945; Conceicao, 1975; Lozano et al, 1978: Normanha, 1946; Normanha y Pereira, 1953). Sin embargo, teniendo en cuenta su gran efecto sobre la calidad de las estacas, debe evitarse o reducir el tiempo de almacenamiento al máximo posible. Lozano et al (1977) informan que después de 30 días de almacenamiento de estacas tratadas con los fungicidas BCM y Captan (Bavistin & Orthocide) se obtuvo excelente enraizamiento, germinación de sus yemas y ninguna reducción en el rendimiento. Krochmae (1969) registró buenos resultados después de períodos de almacenamiento de hasta ocho semanas y Mendes (1946) y Lorenzi (sin publicar 1979) mencionan la posibilidad de corservar material de siembra hasta por cinco meses.

* Especialista en prácticas culturales, Programa de Yuca, CIAT
** Coordinador, proyecto de yuca, EPAMIG, Brasil

Sistemas de almacenamiento

Existe una gran diferencia de opinión respecto a las condiciones para la conservación de estacas de yuca. Esto puede ser atribuido a diferencias ambientales, diversas metodologías usadas y a diferencias varietales. Sin embargo, se pueden destacar los siguientes aspectos generales (Silva, 1970; Castellar y Mogollón, 1972; CIAT, 1974; Gartner y Pérez, 1975; CIAT, 1978; Correa y Vieira, 1978):

1. El almacenamiento de las estacas de yuca parece ser mejor cuando se hace bajo sombra, pues se reduce la deshidratación y los cambios extremos de temperatura.

2. El ambiente para el almacenamiento debe tener una humedad relativa mayor del 80%, pero sin ser excesiva (cercana a la saturación); las temperaturas no deben ser extremadamente bajas o altas. El punto térmico límite que inactiva la germinación de las yemas de estacas de yuca maduras es de 52.5°C.

3. La posición vertical u horizontal de la estaca durante el almacenamiento, no afecta el grado de conservación de ésta ni la germinación de las yemas. Sin embargo, parece que cuando las estacas se almacenan en posición vertical, con las yemas invertidas, la germinación de éstas se retrasa después de la siembra.

4. El enraizamiento de la estaca y la germinación de sus yemas durante el almacenamiento, no indica necesariamente mal conservación.

5. Las estacas largas (1.0 m) parecen conservarse mejor durante períodos prolongados, que las estacas cortas (0.20m).

6. Sólo estacas maduras, provenientes de plantaciones sanas, deben usarse para almacenar.

7. Las diferencias varietales, en cuanto a su capacidad de almacenamiento, se acentúan a medida que se prolonga el período de almacenamiento.

Germinación y Rendimiento

Se evaluaron diferentes sistemas y duraciones de almacenamiento usando la variedad CMC 76, una buena germinadora. Todo el material se trató con BCM y Captan a razón de 3000 ppm I.A. El proceso de germinación fue más acelerado en el material almacenado que en las estacas frescas (Figura 1). Este fenómeno se observó igualmente con las estacas almacenadas en forma adecuada (sombra, al aire libre) como bajo condiciones no adecuadas de almacenamiento (silo subterraneo). Con almacenamiento adecuado, el porcentaje final de germinación no fue afectado por la duración del almacenamiento, alcanzando entre 95 y 100. En cambio, el porcentaje final de germinación fue seriamente reducido en los períodos más largos de almacenamiento cuando las condiciones de almacenamiento no fueron apropiadas. Se concluye que las pérdidas en germinación dependen tanto de la duración como del sistema de almacenaje que se usa.

El rendimiento de raíces frescas fue afectado tanto por la duración como por las condiciones de almacenamiento (Cuadro 1). El rendimiento disminuyó como consecuencia de períodos más largos de almacenamiento en todas las condiciones, pero la reducción fue más drástica bajo condiciones no adecuadas de almacenamiento. El efecto de duración, de la condición y su interacción fueron altamente significativos (P=0.001) indicando que a medida que se prolonga el período de almacenamiento, ganan en importancia las condiciones bajo las cuales se guarda el material de siembra.

Cuando la germinación fue afectada por condiciones inapropiadas de almacenamiento la población final$_2$(a la cosecha) fue el factor de mayor influencia en el rendimiento R^2=0.90***). En bamcio, con germinación y población final completa, una gran parte de la variación en el rendimiento no se pudo explicar con este parámetro (R^2=0.42$^{n.s.}$). Esto indica que además del factor "población" otros factores, posiblemente relativos a la disponibilidad de reservas en las estacas al momento de la siembra, determinan el rendimiento de plantaciones de yuca sembradas con estacas almacenadas (Figura 2). Como consecuencia del almacenamiento, se observó una reducción en el número de raíces totales y raíces comerciales (Cuadro 2). Plantas con menos raíces aparentemente trataron de compensar incrementando el tamaño de las raíces, sin embargo el aumento no fue suficiente para estabilizar el rendimiento. Siendo estadísticamente significativo (R^2=0.80***) la reducción en el número de raíces por planta explica parte de la pérdida en el rendimiento.

Conclusiones

Los resultados y observaciones obtenidos hasta el presente permiten las siguientes conclusiones:

1. El factor de mayor importancia en la reducción de los rendimientos de yuca como consecuencia del almacenamiento de las estacas es la pérdida del poder germinativo de éstas debido a su deshidratación, infestación por patógenos u otras influencias adversas sufridas durante el almacenamiento. La germinación reducida se manifiesta en una población deficiente al momento de la cosecha.

2. En condiciones adecuadas de almacenamiento y con tratamiento químico,las estacas de yuca pueden ser conservadas por varios meses, obteniendo altos porcentajes de germinación.

3. En climas tropicales, el almacenamiento del material de siembra en un ambiente sombreado, fresco y moderadamente humedo resulta
m más favorable que el almacenamiento en bodega. Esto hace precindible el uso de construcciones costosas.

4. Entre más prolongado sea el almacenamiento, más críticas son las condiciones bajo las cuales se almacenan las estacas.

5. A pesar de conservar el material de siembra en buen estado y obtener germinación completa, se observan reducciones en el rendimiento a causa del almacenamiento prolongado. Estas reducciones que no se explican con poblaciones reducidas a la cosecha, son posiblemente causadas por otros factores afectando tanto la formación del sistema radicular como el desarrollo de la parte aerea de la planta. Se manifiestan en un reducido número de raíces gruesas por planta.

6. La identificación y evaluación más detallada de estos factores permitirá establecer prácticas de manejo del material de siembra que además de preservar su germinación también permitirán de reducir las pérdidas del rendimiento debidas a prolongados períodos de almacenamiento.

REFERENCIAS

Bertoni, M.S. 1945. Conservación de la rama de mandioca. Cartilla Agropecuaria 31, 33, 81-83. Paraguay, 1945.

Castellar, M.J.Y., Mogollón, B.J.A., 1972. Estudio sobre conservación y viabilidad de semilla vegetativa de yuca (Manihot esculenta Crantz). Sta. Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, Facultad de Agronomía. Tesis de grado 1972. 121 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1974. Informe Anual para 1973. CIAT, Cali, Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1976. Informe Anual para 1975. CIAT, Cali, Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1977. Informe Anual para 1976. CIAT, Cali, Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1978. Informe Anual para 1977. CIAT, Cali, Colombia

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 1979. Informe Anual para 1978. CIAT, Cali, Colombia

Conceicao, A.J. 1975. Instruçoes para ó cultivo da mandioca. Cruz Dos Almas, Brasil. Universídade Federal da Bahia. Escola de Agronomia/ BRASCAN Nordeste. Serie Extensão V.1 No.2

Correa, H. y J.C. Vieira Neto. 1978. Conservação de ramas. En: Curso de Capacitação de tecnicos para a agricultura de mandioca. Lavras, Brasil. Ministerio da Educação e Cultura. ESAL. Convenio INT-FUNAT/ FAEPE 1978. Vol XX p.28-31.

Gartner, J.J. y O. Perez, 1975. Producción de yuca. En: Curso sobre la producción de yuca. Medellín, Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Regional 4. p 19-34.

Krochmal, A. 1969. Propagation of Cassava, World Crops 21 (3) 193-195.

Lozano, J.C., J.C. Toro, A. Castro y T. Bellotti. 1977. Producción de material de siembra de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

Lozano, J.C., J.C. Toro, A. Castro y T. Bellotti. 1978. Problemas relacionados con la "semilla' de la yuca (Manihot esculenta Crantz) In: Curso sobre producción de yuca, Cali, Colombia p.78-79

Mendes, C.T. 1949. Conservaçao da rama de mandioca. Gvanja 5 (47-48) 50 p.

Normanha, E.S. y A.S. Pereira. 1953. Comunicado da Diretoria de Publicidade Agricola, Recomendaçoẽs para o plantío da mandioca. Revista de Agricultura 28:264.

Silva, J.R. da. 1979. O programa de investigação sobre a mandioca na Brasil. En: Encontro de Eng's Agt's, pesquisadores de mandioca dos paises andinos e do Estado de São Paulo. 1o. Campinas. Brasil p 59-72.

CUADRO 1. Efecto de las condiciones y período de almacenamiento del material de siembra sobre la población final y el rendimiento de raíces. Variedad CMC76, CIAT, 1979.

Condiciones de Almacenamiento	Tiempo de almacenamiento Días	% de plantas en cosecha	Rendimiento de raíces t/ ha.
Cuarto seco, estaca de 1m, vertical	0	100	35.5
	30	100	29.7
	60	98	26.9
	90	98	24.0
Campo abierto, sombra, base de madera, estacas de 1m, horizontal	0	100	35.5
	30	100	24.5
	60	100	24.0
	90	94	25.5
Campo abierto, sombra, estacas de 1m, vertical, en el suelo	0	100	35.5
	30	100	31.9
	60	100	27.8
	90	96	23.9
Silo de tierra, estacas de 1m cubierta plástica, horizontal	0	100	35.5
	30	73	20.3
	60	65	19.6
	90	0	0.0
Silo de tierra, estaca de 20 cm, cubierta plástica, horizontal	0	100	35.5
	30	96	31.5
	60	79	21.8
	90	0	0.0
C.V. %		8.7	16.0
SD		7.26	3.9

CUADRO 2. Efecto de la duración del almacenamiento de material de siembra de yuca sobre las características de las raíces. Variedad CMC-76 cosechada 11 meses después de la siembra. Tratamiento químico (BCM y Captan en dosis de 3.000 ppm cada uno) del material de siembra antes de su almacenamiento. Promedio de cinco modalidades de almacenamiento. CIAT, 1979.

Duración del almacenamiento	No. de Raíces por planta	No. de Raíces comerciales por planta	Tamaño promedio de Raíz Largo cm	Perímetro cm
0	12.2 a*	7.5 a	26.3 a	19.8 ab
30	11.5 a	6.2 ab	26.1 a	19.3 b
60	9.4 b	5.1 b	27.2 a	21.1 a
90	10.7 ab	5.8 b	26.7 a	21.0 a

* Cantidades seguidas por la misma letra dentro de cada columna no son diferentes a P = 0.05

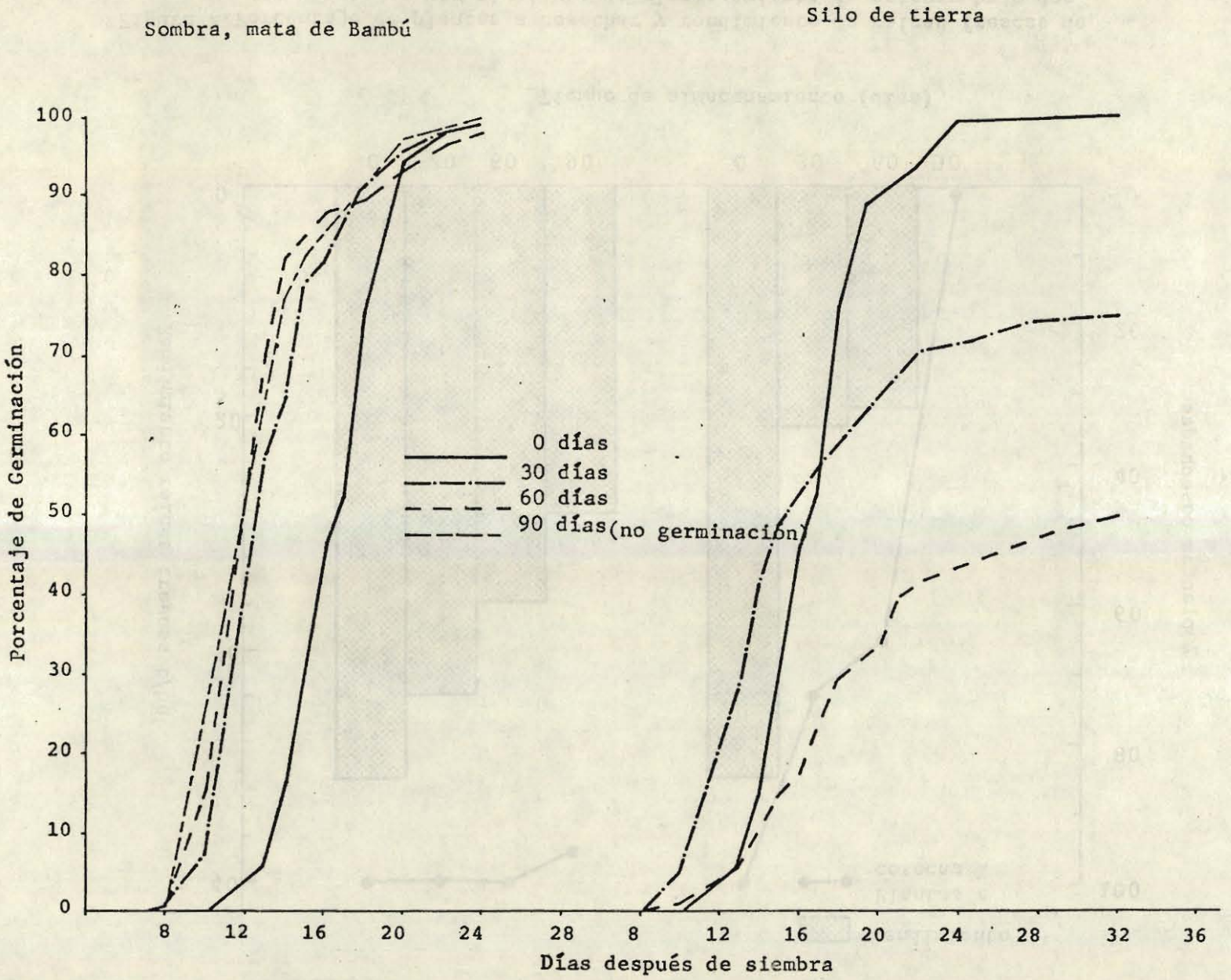


Figura 1. Germinación del material de siembra de la variedad CMC-76, almacenado por diferentes períodos bajo 2 condiciones de almacenamiento. Tratamiento químico antes del almacenamiento: BCM + Captan 3.000 ppm de cada uno. CIAT, 1979.

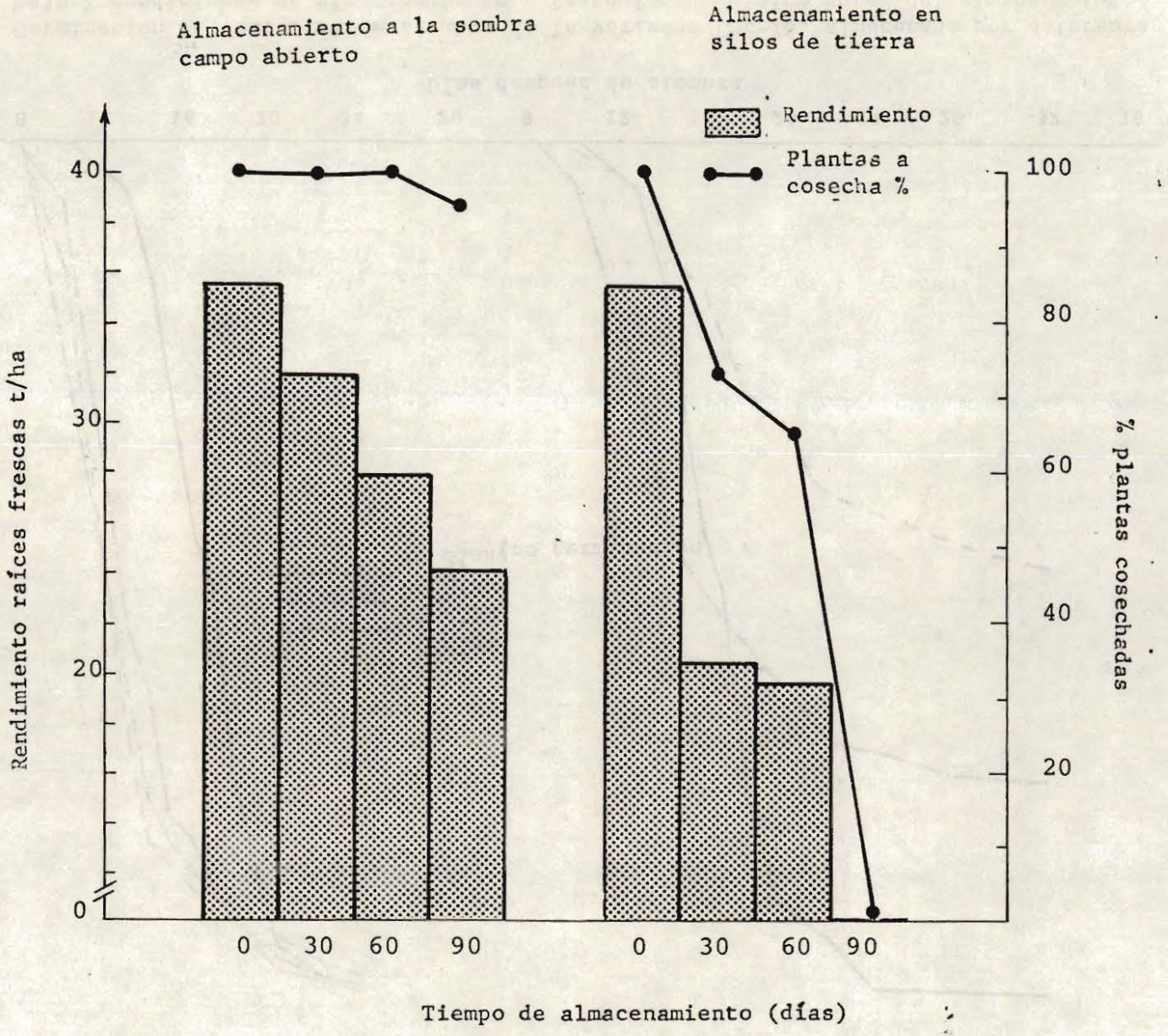


Figura 2. Porcentaje de plantas a cosechar y rendimiento de raíces frescas de yuca afectadas por el tiempo de almacenamiento de estacas bajo dos condiciones de almacenamiento. CIAT-Palmira, 1979

MANEJO DEL MATERIAL DE SIEMBRA DE YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

Abelardo Castro Merino*
Julio Holguín V. **

Resumen

En el CIAT se sembraron varios ensayos de yuca para estudiar el efecto de la madurez de las estacas, profundidad de siembra, largo de la estaca, posición de siembra y ángulo de corte de la misma sobre el rendimiento de raíces de este cultivo. Los resultados indican que estacas de la parte media y superior de plantas vigorosas de un año de edad producen mayores rendimientos de raíces que aquellas provenientes de la parte baja de la planta o de estacas viejas.

Las estacas sembradas verticalmente a 10, 20 y 30 cm de profundidad no tienen influencia en el rendimiento pero afectan la distribución de raíces, el número de raíces por planta y la facilidad de cosecha, siendo la más adecuada la siembra a 10 cm de profundidad.

Estacas de 20 cm de largo seleccionadas y tratadas dieron rendimientos ligeramente mayores que aquellos de 40 ó 60 cm. Las estacas sembradas verticalmente aseguraron una emergencia más rápida, un mayor porcentaje de germinación, mayores rendimientos y previnieron el volcamiento de las plantas en comparación con aquellas sembradas en posición horizontal o inclinada. El corte de la estaca en forma rectangular o en bisel produjeron diferentes sistemas de enraizamiento; el corte rectangular produce raíces más uniformemente distribuídas, sin embargo, no afectan el rendimiento. La siembra vertical ya sea con ángulo de corte recto o en bisel dá mayores rendimientos que la siembra horizontal. Para obtener los rendimientos máximos, el material de siembra debe ser seleccionado de la parte media de plantas vigorosas maduras, cortado en un ángulo recto en trozos de 20 cm de largo y sembrado verticalmente a 10 cm de profundidad.

Introducción

La colección de cerca de 5.000 publicaciones sobre yuca que se encuentra en el Centro de Documentación del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, ha sido de incalculable valor para realizar un profundo análisis y revisión de las prácticas culturales que se usan en el cultivo de la yuca en las diferentes partes del mundo. La mayoría de los informes son repetitivos y algunos son de excelente calidad, sin embargo, es difícil encontrar respuestas sencillas a problemas sencillos para desarrollar una tecnología sencilla pero eficiente sobre prácticas de producción de yuca. Esto se debe

---

* Ing. Agrónomo: Prácticas culturales. Programa de yuca. CIAT

** Ing. Agrónomo: Prácticas Culturales. Programa de yuca. CIAT.

al hecho de que en la mayoría de la información escrita sobre producción de yuca no se define claramente las características del suelo, clima, condiciones ambientales, descripción del tipo de planta y prácticas agronómicas usadas; el diseño y tamaño de las parcelas, los análisis estadísticos. Además muchas veces informan sobre experimentos únicos que no han sido repetidos bajo diferentes condiciones. Sólo cuando tengamos varios de estos resultados similares bajo un sistema o una práctica recomendada, estaremos en condiciones de dar recomendaciones de orden práctico.

Los objetivos de este trabajo son por lo tanto informar sobre una serie de experimentos conducidos en CIAT sobre el manejo del material de siembra de yuca, su efecto en el rendimiento y una completa descripción de las condiciones agro-climáticas en que estos ensayos fueron conducidos, así como las prácticas agronómicas usadas.

Se espera que la discusión final de todos estos trabajos conlleve a una buena interpretación y recomendación de prácticas culturales utilizables para mejorar el rendimiento de la yuca.

Revisión de Literatura.

La siembra y el manejo del material de siembra de yuca puede discutirse desde el punto de vista del suelo, aspectos agronómicos y de manejo de la estaca de yuca. El primero, se refiere básicamente a la siembra en plano o en caballón y no será discutida en este artículo.

La segunda, se refiere a la posición de siembra de la estaca, largo de la misma, ángulo de corte, profundidad de siembra y madurez u origen de la estaca.

La siembra en caballones o media luna en comparación con la siembra en plano es una práctica igualmente usada en diferentes regiones del mundo. Las justificaciones para sembrar en caballones son básicamente facilidad de control de malezas (22, 13, 28), facilidad de cosecha (28, 35), establecer una población de plantas más uniformes y controlar mejor la erosión (35).

La siembra en plano es adecuada para la mecanización del cultivo con los implentos actualmente existentes (28). Toro et al (61) han demostrado que la siembra en plano es ventajosa cuando se siembra al final de la época lluviosa en los Llanos Orientales de Colombia, pero es más ventajosa la siembra en caballones cuando ésta se realiza al comienzo de la época lluviosa. En suelos de textura arcillosa donde la precipitación anual es de más de 1,200 mm, debería obligadamente usarse los caballones para facilitar el drenaje superficial mejorando de este modo el establecimiento del cultivo y reduciendo en forma considerable la pudrición de raíces (31, 44). Estas prácticas agronómicas como han sido descritas aquí, ya eran usadas por la extinta tribu Taino quienes habitaron la Hispaniola (Haití) en el siglo XVI (56).

Las recomendaciones acerca de la posición de siembra y del ángulo de corte son variadas. Algunos investigadores recomiendan que la estaca sea sembrada en posición inclinada (14, 21, 23, 40, 54), otros prefieren la siembra en posición vertical (3, 45, 46, 47) o la siembra horizontal en líneas contínuas

cuando se usa tractor o máquinas jaladas por animales (5, 11, 20, 30,36, 41). Estas recomendaciones varían dependiendo de los sistemas de siembra, los cuales de acuerdo a los diferentes autores están influenciados por factores de clima, suelo o variedad. Por lo tanto, es necesario conducir diferentes experimentos en diferentes zonas ecológicas para determinar la posición de siembra más apropiada (49). Otros autores indican que no han encontrado diferencia en el rendimiento en ciertos años debido a la posición de siembra de la yuca (26, 27), sin embargo, en otros años han encontrado una clara diferencia en la profundidad y distribución de estas mismas raíces. En general la siembra vertical produce raíces más profundas y agrupadas en torno a la base de la estaca, mientras que la siembra horizontal produce raíces más superficiales distribuídas a lo largo de la estaca de yuca. Divèrsos autores (16, 17, 28) sugieren la siembra horizontal para regiones de clima caliente ya que la siembra en posición vertical puede resultar en el desecamiento o deshidratación de las estacas, sin embargo, los agricultores de la Costa Atlántica de Colombia realizan la práctica precisamente opuesta de siembra vertical, para evitar la muerte de la estaca por exceso de calor y daño secundario por termitas. Dependiendo de la posición de siembra usada, los agricultores pueden usar estacas que varían de 5 a 40 cm de largo. Diferentes informes indican que estacas de 20 cm o más largas rinden mejor que aquellas de 10 cm de longitud (26, 48) y las estacas de 40 a 60 cm de largo parecen ser óptimas (9) comparadas con aquellas de 20 cm. Sin embargo, los citados autores indican la necesidad de hacer más estudios al respecto.

Tan y Bertrand (57) sugieren que la profundidad de siembra se debe regular de acuerdo a las condiciones ambientales. Una exposición excesiva de las estacas al sol y al aire en áreas donde la humedad del suelo está bajo el óptimo, puede resultar en pérdida de plantas por fallas en la germinación y consecuentemente bajos rendimientos. Bajo condiciones de clima caliente y seco las estacas deberían ser sembradas a más de 10 cm de profundidad para facilitar la germinación y a 5 o 10 cm de profundidad si las condiciones de humedad y temperatura son adecuadas (41, 61). Diversos autores (4, 12, 41, 47, 55, 57) sugieren que para siembra mecanizada, ésta debe hacerse en forma horizontal a 10 o 20 cm de profundidad, ya que siembras más profundas harán la cosecha más difícil y costosa.

Pocos informes hablan del volcamiento de la yuca. Silva (53) señala que las plantas provenientes de siembras horizontales o verticales y que se hayan originado en estacas de 60 cm de largo, son mucho más susceptibles al volcamiento al principio del cultivo, aparentemente debido a la mayor superficie foliar que exponen al viento, pero más tarde estas mismas plantas llegan a ser más resistentes al volcamiento debido a la mayor rapidez con que han formado su sistema radicular comparado con el sistema tradicional de siembra horizontal. Leihner y Castro (31) indican que hay una menor incidencia al volcamiento con siembras en posición vertical y esto puede explicar parcialmente el mayor rendimiento de las siembras verticales sobre las horizontales. La edad más adecuada del tallo o rama de la cual se ha de obtener semilla de yuca no está claramente determinada (33). Estacas provenientes de plantas de 8 a 12 meses de edad son consideradas las mejores (1, 6, 18, 38, 39, 42, 43, 50, 52), pero otros investigadores recomiendan estacas provenientes de plantas que tengan uno a dos años de edad (23, 24, 34, 45, 52, 54, 58, 64). Diversos autores (10, 19, 21, 29,32, 37, 47, 65) indican que estacas provenientes de la parte basal o más madura y de la parte media de la planta dan mejor

rendimiento porque contienen más nutrimentos en el trozo de tallo, están adecuadamente lignificadas y resisten mejor las condiciones adversas. Otros autores (2, 15, 25, 51, 59) recomiendan que las estacas deben ser obtenidas de la parte media de la planta y Gurnáh (27) y Tribuzi (63) no han encontrado diferencia en rendimiento debido al orígen de la estaca y que cualquier trozo de tallo puede servir de material de siembra, cuidando de que éste tenga cinco nudos y que sea plantado en forma vertical o inclinada.

En lo que se refiere al diámetro de la estaca Araque (1) recomienda usar trozos de tallo de 2.5 a 3.5 cm de diámetro. Otros autores (2, 45) sugieren estacas de 1 a 2 cm de diámetro. Toro et al (60) indican como regla general que una estaca tendrá la madurez adecuada cuando la médula de ésta ocupe el 50% o menos del diámetro total de la estaca, independiente de la edad o sección de la cual proviene dicha estaca.

Todos los autores están de acuerdo en que las estacas deben ser seleccionadas de plantaciones sanas, vigorosas y de alto rendimiento, así como de variedades adaptadas a la zona y que en el momento de hacer un corte en dicha estaca el latex debe fluir rápidamente del corte como signo de frescura en la estaca.

Materiales y métodos.

Un total de 6 experimentos (Cuadro 1) fueron sembrados en la Estación Experimental del CIAT en Cali, Colombia. CIAT está ubicado a 3°22' al Norte del Ecuador, la humedad relativa es de 78% promedio anual, la temperatura promedio anual de 24°C y una elevación de 1.006 msnm. La precipitación promedia es de unos 1.000 mm/año. Los suelos son arcillosos o franco-arcillosos. Las características del suelo y el análisis químico de los lotes experimentales se presentan en el Cuadro 2. Las características de las variedades usadas se señalan en el Cuadro 3. El cuadro 4 resume los datos de precipitación y riegos suplementarios aplicados durante cada ensayo.

Manejo de los ensayos.

Todos los ensayos fueron conducidos aplicando una tecnología standard como se explica a continuación:

a) La preparación del suelo consistió en arar, rastrear generalmente dos veces y caballonear con tractor a 1.0 m entre hileras.

b) Material de siembra. A menos que se explique de otra forma el material de siembra fué tomado de plantas sanas y vigorosas libres de pestes y enfermedades; todas las estacas fueron visualmente seleccionadas, cortadas en trozos de 20 cm de largo, en ángulo recto mediante dos golpes de machete. Cada estaca tenía 5 o más nudos con yemas viables y éstas estaban frescas al momento de la siembra, como lo indicaba el flujo del latex al corte de la estaca. Las estacas fueron tratadas químicamente con una solución standard de fungicida, insecticida y micronutrimentos (Cuadro 5) lo que en Colombia tiene un costo equivalente a US$6.00/ha (33).

Las estacas, a menos que se explique de otra manera, fueron plantadas verticalmente a 10 cm de profundidad, sobre el caballón.

c) La densidad de siembra usada fue de 10.000 pl/ha, sembradas a 1.0 x 1.0 m como es la práctica normal en CIAT. La resiembra se efectuó a los 30-40 días después de la siembra, reemplazando aquellas estacas que fallaron en su germinación o murieron en el primer período, de tal manera que se obtuviera el 100% de la densidad de siembra deseada para la cosecha. La resiembra se efectuó con estacas de 30 cm de largo, las que al germinar permiten alcanzar el mayor desarrollo de la siembra original evitando la competencia. Los datos de germinación fueron tomados en el momento de la resiembra.

d) Control de malezas. Una mezcla standard de Karmex (2 kg/ha) + Lazo(3 lt/ha) fué aplicada en forma preemergente, inmediatamente después de la siembra. Controles de malezas adicionales, usualmente 2 o 3, fueron realizados mediante azadón y machete para mantener el cultivo libre de malezas.El control de malezas en los diferentes ensayos se terminó cuando en cualquiera de las parcelas y por efecto de los tratamientos era imposible continuar haciendo dicha labor de limpieza.

e) Insecticidas. El único insecticida usado fue Toxafeno DDT 40/20 (4 lt/ha), aplicado junto con la mezcla de herbicidas. Este es un procedimiento standard del paquete tecnológico recomendado por CIAT. El otro insecticida usado fue Malathion que forma parte del tratamiento químico a las estacas. No se usó ningún otro producto químico en ninguno de los ensayos.

f) Riego. La yuca normalmente se cultiva bajo condiciones de secano. Sin embargo, por razones de distribución de uso de mano de obra y mejor utilización del tiempo, algunos ensayos hubo que sembrarlos durante la época seca, consecuentemente se aplicó riego en forma suplementaria como se indica en el Cuadro 4, para asegurar el establecimiento y óptimo desarrollo del cultivo.

g) Cosecha. Datos de rendimiento se tomaron en todos los ensayos a los 11 o 12 meses después de la siembra (Cuadro 1). Los parámetros medidos en la cosecha, 25 en total, se enumeran en el Cuadro 6.

h) Aspectos varios. Durante el período de crecimiento de cada ensayo se tomaron datos sobre germinación, altura de planta dos o tres veces durante el período de desarrollo, vigor inicial, porcentaje o incidencia de enfermedades y plagas y grado de ataque y daño provocado por éstas.

i) Tamaño de parcela y área de cosecha. Todas las parcelas experimentales tuvieron un área de 6 x 6 m. El área de cosecha fue 4 x 4 m o sea 16 m^2. En toda parcela se deja una hilera de borde alrededor de cada área útil de cosecha. Las parcelas de los extremos del ensayo mantienen dos hileras de borde. Datos obtenidos en CIAT (no publicados) sugieren que un área de cosecha de 16 m^2 con 4 repeticiones, una vez eliminadas las hileras de borde, es suficiente para obtener datos confiables cuando las variedades están bien adaptadas a la zona y aceptamos un 20% de C.V. como una desviación normal de la media.

j) Cosecha. Esta operación se realizó enforma manual en todos los ensayos. Primero se cortó la parte aérea de las plantas en los 16 m^2 de área útil, dejando las raíces adheridas a un tocón de 25 cm. Las raíces fueron levantadas manualmente con una fuerza de tracción y vibración ejercida sobre el tocón que quedaba unido a éstas. Las raíces se separaron con machete del tallo principal y fueron apiladas dentro de cada parcela. Luego se separaron las raíces de tamaño comercial de las nó comerciales, pesadas en forma separada y finalmente ambos pesos sumados para obtener el rendimiento total de raíces. El follaje y tocones se pesan en conjunto para obtener producción de biomasa total.

k) Contenido de materia seca y almidón. Se tomaron aproximadamente 3 kg de raíces de tamaño promedio, las que fueron limpiadas exteriormente y luego pesada en aire y agua. La densidad de las mismas se calcula mediante la fórmula standard y por tablas de correlación se expresa en términos de materia seca y almidón (62) .

l) Diseños Experimentales. Los diseños usados en cada ensayo se muestran en el Cuadro 1. Todos los ensayos tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento. Análisis de varianza y comparaciones de rango múltiple de Duncan se llevaron a cabo entre las medias de los diferentes tratamientos con la colaboración del Departamento de Biometría del CIAT.

Experimento 1.

Madurez de la estaca. Se usó un diseño de parcela dividida. Las parcelas principales estuvieron constituídas por estacas sanas y enfermas. Las sub-parcelas fueron dadas por el origen de las estacas de la parte superior o más joven, media y basal o más vieja. Estas se obtuvieron de plantas madres de 12 meses de edad del cultivar M Mex 52, de hábito de crecimiento vigoroso. En este artículo, sólo se presenta la información que se refiere al orígen o edad de la estaca.

Experimento 2.

Madurez de la estaca. Los tratamientos se sentaron en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Tal como en el Experimento 1, las estacas se tomaron de la parte basal media y superior de una plantación de M Mex 59 de 12 meses de edad. Esta variedad es muy vigorosa bajo las condiciones de CIAT, más vigorosa aún que la variedad M Mex 52 (Cuadro 3). A este ensayo se agregó otra variable que consistió en sembrar a 10,000 y 15.625 pl/ha, sembradas a 1 x 1 m y 0.80 x 0.80 m respectivamente.

Experimento 3.

Madurez de la estaca. Este fué un tercer ensayo que se refería a orígen de estaca. En este caso se usó el cultivar CMC 40 de un vigor moderado. Este cultivar es susceptible a trips. Los tratamientos fueron sembrados en parcelas completamente al azar con cuatro repeticiones.

Experimento 4.

Angulo de corte por posición de siembra. Se usó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y los tratamientos arreglados en un factorial de 2 x 3 (ángulo de corte x posición de siembra). Las estacas fueron cortadas con ángulo recto o en bisel y sembradas en posición vertical, inclinada y horizontal. Se usó la variedad CMC-76, de hábito de crecimiento erecto no ramificado. La germinación fue del 96 al 99% y no se realizó resiembra.

Experimento 5.

Posición de siembra por largo de estaca. En este ensayo se midió el efecto de la posición de siembra y largo de la estaca en el rendimiento de dos variedades diferentes, M Col 638 y M Ecu 47 (Cuadro 3). Se usó un diseño de parcela dividida, donde las variedades constituyeron la parcela principal y el largo de estaca por posición de siembra constituyeron las subparcelas, arregladas en un factorial de 3 x 3. Se tomaron datos de germinación 24 días después de la siembra. Debido a tremendas pérdidas que ocurrieron en la siembra horizontal de la variedad MEcu 47 (Cuadro 12) varias de estas parcelas tuvieron que ser resembradas en un 100%.

Experimento 6.

Profundidad de siembra debido a la gran viabilidad y poder de germinación de la variedad CMC 40 usada en este ensayo y a la homogenidad de las características del suelo, se usó un diseño de parcelas completamente al azar con 4 repeticiones. Estacas de 30 cm de largo fueron usadas para permitir la siembra de los tratamientos a 10, 20 y 30 cm de profundidad.

Experimento 7.

Epoca x posición de siembra x variedad. Consistió en una parcela de observación sin repeticiones. Estacas de 10 variedades se sembraron en posición vertical, inclinada y horizontal, en 6 épocas diferentes a través del año (cada 2 meses) para medir los efectos del clima en la germinación. Estas parcelas se están llevando a rendimiento final a los 11 meses de edad. El tamaño de cada parcela es de 5 x 4 m con 20 estacas sembradas en cada una de ellas. No se efectúa resiembra puesto que se quiere medir el efecto del clima en la germinación y el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1.

Madurez de la estaca. El origen o edad de las estacas tomadas de plantas de 12 meses de edad, de hábito de crecimiento vigoroso como es la M Mex 52,

no tuvo efecto significativo en el rendimiento de raíces bajo las condiciones de CIAT (Cuadro 7a). Sin embargo, como los ensayos de yuca muestran coeficientes de variación normalmente altos (20, 30%) en comparación con otros cultivos, es probable que un 5% de diferencia estadística probado no sea suficiente para juzgar el efecto de los tratamientos aplicados. En este experimento, el porcentaje de germinación de las estacas basales o más viejas de la variedad M Mex 52, fue solo un 74% comparado con más del 91% de las estacas provenientes de la parte media y superior de esta variedad. No se midieron mayores diferencias en rendimiento debido a origen de estaca porque en todas las parcelas se hizo la resiembra de las plantas muertas a los 30, 40 días después de la siembra inicial. Sin embargo, en una operación comercial esta práctica aunque recomendable puede ser antieconómica. La tonelada y media de diferencia en rendimiento a favor de las estacas más jovenes de esta variedad vigorosa puede no ser estadísticamente diferente pero bajo condiciones de cultivo comercial, si estos resultados se repiten continuamente, pueden estas pocas toneladas ayudar al pago de los costos de producción del cultivo. Como comentario general los rendimientos obtenidos de unas 18 ton/ha se consideran bajos para las condiciones de CIAT. Esto se debe en parte a que el cultivar M Mex 52 usada, tiene un crecimiento de la parte aérea sumamente vigoroso lo que va en desmérito de la producción de raíces.

Experimento 2.

Madurez de las estacas. Estacas de la parte superior de la variedad M Mex 59, cultivar de hábito de crecimiento muy vigoroso bajo las condiciones de CIAT, produjo más raíces que plantas originadas en estacas de la parte media o inferior de la planta (Cuadro 7b). Aunque la germinación inicial de las estacas de la parte superior fue un poco inferior a la de los otros tratamientos, la labor de resiembra permitió cosechar igual número de plantas en todos los tratamientos. El rendimiento un poco menor de la parte aérea de las plantas provenientes de estacas de la parte superior (31.3 ton/ha vs 34.0 y 34.9 ton/ha para plantas de la parte superior, media e inferior respectivamente) puede explicar parcialmente que las plantas un poco menos vigorosas pueden rendir más que las plantas de hábito muy vigoroso por la menor competencia por el almacenamiento de carbohidratos, relación que se interpreta por el mayor índice de cosecha de las plantas provenientes de la sección apical (Cuadro 7b). La densidad de siembra también indica que cuando ésta es muy alta 15,625 comparado con 10,000 pl/ha, puede reducir los rendimientos de las raíces aunque no en forma significativa (Cuadro 8). Sin embargo, el índice de cosecha fue significativamente superior para la densidad de siembra de 10.000 pl/ha. La Fig. 1 muestra claramente el ligero beneficio que presenta la menor densidad de siembra y el uso de estacas de la parte superior para cultivares de hábito de crecimiento vigoroso. Este hecho seguramente se relaciona con los valores óptimos de índice de área foliar como ha sido publicado por CIAT (7, 8). El desarrollo excesivo de la parte aérea compite con las raíces como fuente de carbohidratos asimilados.

Experimento 3.

Madurez de estaca. La variedad CMC 40 tiene un muy buen vigor inicial y alta viabilidad. La producción de raíces totales y comerciales fue mayor

(P = 0.05) para plantas provenientes de la parte media y superior en comparación con estacas provenientes de la parte basal o más vieja de la planta (Cuadro 7c). No se encontraron diferencias significativas de la producción de la parte aérea o índice de cosecha, aunque una vez más hay una pequeña tendencia a producir plantas un poco más vigorosas cuando se originan de estacas de la parte basal que con estacas de las otras dos secciones de la planta. Consecuentemente, el índice de cosecha tiende a ser mayor en las plantas provenientes de estacas de la parte media y superior (Cuadro 7c). La Fig. 2 resume gráficamente el efecto de origen de estaca y su efecto en el rendimiento e índice de cosecha de los tres ensayos presentados. Se puede concluir que los rendimientos óptimos se obtienen de plantas provenientes de estacas de la parte superior y media (33% y 20% de rendimiento adicional) cuando la planta madre es de hábito de crecimiento vigoroso. El costo de la selección de estacas es mínimo en relación al ingreso adicional que se puede obtener por esta práctica sencilla.

Experimento 4.

Angulo de corte x posición de siembra. El ángulo de corte de la estaca ya sea en ángulo recto o en bisel, no tiene efecto en el rendimiento de raíces (Cuadro 9). Tampoco se encontró un efecto significativo en rendimiento de raíces debido a la posición de siembra de la estaca, sin embargo, los rendimientos de las estacas sembradas en forma horizontal produjeron un 90% del rendimiento de la siembra vertical. Una vez más el coeficiente de variación calculado para este experimento fue del orden del 25% para raíces totales y un 36% para raíces comerciales (Cuadro 10), lo que puede explicar la falta de deficiencia significativa entre tratamientos. No se determinó una interacción significativa entre posición de siembra y ángulo de corte, sin embargo, las raíces se formaron uniformemente alrededor de la parte basal de las estacas cortadas en ángulo recto y fueron más numerosas en las estacas con corte rectangular que en las estacas con corte en bisel (Cuadro 11). Aunque este factor no tuvo efecto significativo en el rendimiento (Cuadro 9) es un factor de seguridad ya que hay más raíces que potencialmente pueden engrosar y acumular nutrimentos, cuando la yuca no se cultive bajo las condiciones óptimas de crecimiento que ofrece el CIAT.

Experimento 5.

Posición de siembra x largo de estaca. La primera conclusión de este ensayo es que diferentes variedades tienen diferente habilidad de crecimiento bajo condiciones de estres (Ver datos de lluvia en Cuadro 4), como se muestra en el Cuadro 12. La variedad M Col 638 tiene una germinación del 92% comparado con un 65% de M Ecu 47. Esta diferencia es aún más evidente cuando es afectada por la posición de siembra. M Ecu 47 tiene tallos muy suculentos, aún en el estado de planta madura. Bajo las condiciones de siembra con clima caliente y seco, ni siquiera el riego suplementario aplicado logró asegurar la germinación de esta variedad. En este ensayo, 7 de las 12 parcelas con M Ecu 47 tuvieron menos de un 50% de germinación inicial y fueron resembradas en un 100%, 24 días después de la siembra inicial. Las otras plantas faltantes fueron resembradas para completar la densidad de siembra esperada de 10.000 pl/ha. Experimentalmente esta práctica cultural puede realizarse sin importar

el costo. En una operación comercial la labor de resiembra puede ser costosa y tal vez imposible, debido a la falta de material de siembra adecuado. La segunda conclusión de este ensayo es que a pesar de la menor germinación que presentó M Ecu 47, después que se efectúa una buena resiembra y que las condiciones de humedad del suelo se mantiene en forma adecuada durante el primer período después del establecimiento del cultivo, éste cultivar puede producir mayor rendimiento (32.0 vs 25. 1 t/ha) que M Col 638. Consecuentemente, se recomienda la selección de la variedad más adaptada a un ecosistema. El análisis combinado de las dos variedades para largo de estaca indica que si el material de siembra es cuidadosamente seleccionado y químicamente tratado, estacas de 20 cm de largo rinden más que estacas de 40 o 60 cm (Cuadro 13). La recomendación que se deriva aquí es ciertamente que el agricultor se beneficiará usando material seleccionado y tratado por la menor cantidad de material que deberá mover. Finalmente, el análisis combinado para rendimiento de raíces de ambas variedades demuestra que mayores rendimientos se pueden obtener con siembras verticales que horizontales o inclinadas (Cuadro 14). Observaciones adicionales del lote de demostración (Experimento 7) en lo que se refiere a posición de siembra y época de siembra usando 10 variedades, sugiere que la tasa de emergencia de las estacas horizontalmente sembradas está altamente relacionada con la cantidad y distribución de las lluvias durante el primer mes o en el período inmediatamente anterior a la siembra (Cuadro 15). Sin embargo, bajo condiciones óptimas, la germinación es igual para cualquier posición de siembra. Otras observaciones indican que el vigor inicial y altura de las plantas provenientes de siembra vertical es mayor que para la posición de siembra horizontal, compitiendo consecuentemente mucho mejor con las malezas. La suma de estas observaciones no-medidas pueden afectar significativamente el rendimiento de las raíces. Cuando estas parcelas sin repeticiones fueron llevadas a rendimiento final el promedio de las 10 variedades indicó un mayor rendimiento para las siembras en posición vertical e inclinada que horizontal (Cuadro 16). Finalmente se ha observado en todas estas parcelas que el volcamiento es mayor y más frecuente con las siembras en posición horizontal que con las otras posiciones, causando probablemente una disminución de rendimiento de raíces y haciendo la cosecha más difícil.

Experimento 6.

Profundidad de siembra. Rendimiento de raíces e índice de cosecha no fueron significativamente afectadas (P=0.05) debido a la profundidad de siembra de 10, 20 y 30 cm (Cuadro 17), pero la formación de raíces a lo largo de la sección enterrada del tallo fué significativamente alterada. Las raíces se formaron en racimo alrededor de la base de la estaca cuando ésta se enterró a solamente 10 cm pero se distribuyeron a lo largo de la estaca a medida que esta se enterró a 20 y 30 cm, además los pedúnculos fueron más largos mientras más profunda la siembra. Debido a la facilidad de siembra y cosecha se recomienda la siembra vertical a 10 cm de profundidad.

Discusión general.

La yuca es un cultivo que tiene una tremenda habilidad para recuperarse de condiciones adversas que aunque puedan reducir el rendimiento, difícil - mente y rara vez matarán la planta. Por la misma razón, muchos estudios que se

publican demuestran que no hay diferencias significativas entre medias de tratamiento, normalmente presentan coeficientes de variación muy altos y muchas veces los datos se presentan como porcentaje de aumento de rendimiento debido a un tratamiento determinado.

Queda evidentemente demostrado que las estacas provenientes de la parte superior y media de plantas de 12 meses de edad, de hábito de crecimiento vigoroso, producen 10 a 20% más rendimiento de raíces bajo las condiciones de CIAT que aquellas que provienen de estacas de la parte basal. Los datos en el Cuadro 13 indican que cuando las estacas son bien seleccionadas y químicamente tratadas, cortadas en trozos de 20 cm y en ángulo recto producirán mejores rendimientos que estacas más largas. Datos referentes a posición de siembra de 3 ensayos llevan a la conclusión de que se obtiene una mayor germinación y mayor rendimiento cuando la siembra se hace en forma vertical (Cuadro 10, 12, 14, 16).

La profundidad de siembra y el ángulo de corte no afectan significativamente el rendimiento. Debido a la facilidad de siembra y cosecha y a la mejor formación y distribución de raíces en torno a la estaca, se recomienda la siembra vertical a 10 cm de profundidad con estacas cortadas en ángulo recto.

Fuera de los ensayos per se, el tratamiento y selección de las estacas como ha sido descrito previamente, es una práctica necesaria para obtener un alto rendimiento de raíces.

REFERENCIAS:

1. Araque, R. 1961. La yuca; su cultivo y sus usos. Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Serie de cultivos No. 2. 1961. 20P.

2. Barrios, J. R. 1975. Contribuicao ao estudo do vigor e do desenvolvimiento inicial en estacas de mandioca (Manihot escu - lenta Crantz). Tese Mag. Se. Piracicaba, Brasil, Universidade de Sao Paulo. 99p.

3. Bravo, A. F. 1950. El cultivo de la Mandioca. Argentina Ministerio de Agricultura y Ganadería. Publicación Miscelánea No. 330. 12p.

4. Campos, H. Dos R. and SENA Z. F. De. 1974. Profundidade do sis - tema radicular do aiper "Moragopipe" aos sete e aos doce meses de ciclo. Cruz das Almas, Bahía, Brasil, Universidade Federal da Bahia, Escola da Agronomía, 9p:

5. Castro M. A. , Toro, J.C. y Celis A. E. 1978. Métodos de siem - bra y cuidado inicial de la Yuca. In curso sobre producción de Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tro - pical, pp.217-224.

6. Carvalho D., C.A.; Ferraz, A.F., Bertini, K. y Salvio N.J. 1973/1974. Mandioca: plantio em nivel, terraceamento, selecao de ramas para plantio, controle de ervas daminhas. Sao Paulo, Secretaria de Agricultura, Coordenadoria de Asisten - cia Técnica Integral, 14p.

7. Centro Internacional De Agricultura Tropical. 1978. Annual Report 1977, p. C53-C61.

8. CIAT. 1978. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. A1-99.

9. CIAT. 1974. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

10. Colom, J. L. 1947. La Yuca; su cultivo y aprovechamiento. Revista de Agricultura (Costa Rica) 19: 245-269.

11. Conceicao, A.J. Da y Sampaio, C.V. 1973. Técnicas de Manejo. In Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomía. Convenio UFBA/BRASCAN Nordeste. Projeto Mandioca. Relatorio Semestral de Pesquisas No. 2. pp. 46-48.

12. Conceicao, A.J. Da and Sampaio, C. V. 1975. Sistemas de plantio de mandioca in projecto mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convenio U.F. BA/BRASCAN Nordeste. Serie Pesquisa V. 2, No. 1. pp. 119-127.

13. Conceicao, A. J. 1976. Da Colheita Da Mandioca. In: Curso Intensivo Nacional de Mandioca, lo., Cruz das Almas, Brasil. Cruz das Almas, Bahia, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, 1976, pp. 435-440.

14. Conde T., M.L. 1944. El cultivo de la Yuca. Revista de Agricultura, Industria y Comercio (Puerto Rico) 35: 166-169.

15. Costa, A. S. and Normanha, E. 1939. Nota sobre o tratamiento de manivas de mandioca (Manihot utilissima Pohl) en agua aquecida a diversos temperaturas. Revista de Agricultura (Brasil) 14: 227-230.

16. Crawford, J., Comp. 1961. Cassava Report on Growing Cassava in St. Elizabeth, Jamaica, Kaiser Bauxite, 23p.

17. Culture Of Cassava. 1957. Philippines Agricultural and Industrial Life 19 (9): 6-7, 35.

18. Cultura Da Mandioca, Sao Paulo. Secretaria de Agricultura. Cordenacao de Assistencia Técnica Integral. Instrucao Práctica. No. 141. 19p.

19. Delgado, R. E. 1970. El Cultivo de la Yuca en el Perú. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1970. 16p.

20. Embrapa-Embrater. 1976. Sistemas de producao para Mandioca. Ceará, Brasil. Serie Sistemas de Producao. Boletín No. 15. 36p.

21. Estrada R., N. y Varón, L.A. 1969. El Cultivo de la yuca. Boletín Agrícola (Colombia) No. 582: 11365-11367.

22. Ezeilo, W.N.O., Flinn, J.C. and Williams, L.B. 1975. Cassava Producers and cassava production in the East Central State of Nigeria. Ibadan, Nigeria. National Accelerated Food Production Project. Cassava Benchmark Survey, East Central State. 27p.

23. Feller, M. 1968. Cultura da mandioca. Recife. Brasil, Grupo Executivo da Integrado da Politica dos Transportes, 9p.

24. Ferreria F., J.C., Monte o. Muller, A.S. y Gravata, A. G. 1942. Manual da Mandioca, a mais brasileira das plantas uteis; cultura, pragas e doencas, industria. Sao Paulo, Edicao da Chácaras e Quintaes, 299p.

25. Gartner, J. J. y Pérez, O. 1975. Producción de yuca. Medellín . Instituto Colombiano Agropecuario, Regional 4. pp. 19-34.

26. González, CH., F.J. 1973. Estudio sobre el tamaño y la posición de la estaca de yuca utilizadas en la plantación. Tesis Prf. Escuela de Ingeniería Agronómica. Jusepin, Universidad de Oriente. 29p.

27. Gurnah, A.M. 1974. Effects of methods of planting and the length and types of cuttings on yield and some yield components of cassava. (Manihot esculenta Crantz) grown in the forest zone of Ghana. Ghana Journal of Agricultural Science 7 (2): 103-108.

28. Grace, M.R. 1977. Cassava Processing. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 155p.

29. Jeyaseelan, K.N. 1951. Studies in Growth and Yield of Cassava I. Yield in Relation to Size and Type of Set. Tropical Agriculturist 108 (3) : 168-171.

30 Lagos U., J.A. 1952. Cultivo Moderno de la Yuca. Agricultor Costarricense 10 (11) : 255-257.

31. Leihner, D. E. y Castro A. 1979. Prácticas sencillas para aumentar el rendimiento del cultivo de la yuca. Contribución presentada en la XXV reunión del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras.

32. Locayo L., E.J. 1964. Cultivo de la Yuca. Nuestra Tierra 8 (76): 124-126. Nicaragua.

33. Lozano, J.C., Toro, J.C., Castro, A., Bellotti, A.C. 1977. Production of Cassava Planting Material. CIAT. Series GE-17. 28p.

34. 1978. Problemas relacionados con la semilla de la yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 78-89.

35. Lulofs, R. B. 1970. A study of method and costs for commercial planting of tapioca in Kedah (Malaysia). In Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop Diversification in Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters, pp. 149-166.

36. Mallard, R.P.A. 1962. A Mandioca e sua Culture. Boletín Agrícola 11 (1/6): 89-96.

37. Mandioca. 1933. Lavoura (Brasil) 37: 81-85.

38. Mier, J.M. El cultivo de la Yuca. Mimeo. 30p.

39. Monteiro, T. 1956. Como cultivar a mandioca. Sao Paulo, Edicoes Melhoramentos, 29p.

40. Moreira M., J.H. 1969. Cultura da mandioca. Gazeta do Agricultor 21 (237) : 34-36.

41. Normanha, E.S. y Pereira, A.S. 1950. Aspectos Agronómicos da cultura de mandioca (Manihot utilissima Pohl). Bragantia 10 (7): 179-202.

42. Normanha, E.S. and Pereira, A.S. 1953. Recomendacoes para o plantio da mandioca. Revista de Agricultura (Brasil) 28: 263-266.

43. Normanha, E.S. 1971. Yuca; observaciones y recomendaciones sobre su cultivo en Nicaragua. Managua, Banco Central de Nicaragua, 1971. 29p.

44. Oliveros, B., Lozano, J.C. and Booth, R.H. 1975. A Phytophthora Root Rot of Cassava in Colombia. Plant Disease Reported 58 (8): 703-705.

45. Pires, M.R. 1962. A Mandioca e sua cultura, Boletín Agrícola 11 (1/6): 89-76.

46. Ribeiro, F.J. 1946. Cultura e Utilizacao da Mandioca. Ceres (Brasil) 7 (38): 88-100.

47. Ribeiro Filho, J. 1966. Cultura da Mandioca. Vicosa, Brasil. Universidad Rural do Estado de Minas Gerais, Escola Superior de Agricultura. 80p.

48. Rodriguez, N.F. y Sánchez de B.C.A. 1963. Importancia del tipo de estaca para la producción de mandioca en Misiones. Revista de Investigaciones Agrícolas 17 (3): 289-302.

49. Rosas S., C. 1969. Influencia de la modalidad de siembra y tamaño de la estaca de yuca, Manihot esculenta Crantz. La Molina, Perú, Universidad Nacional Agraria, Programa de Agronomía. 7p.

50. Sampaio, C.V. 1974. Estudo do ciclo de cultivares de mandioca tardios e precoes no nordeste Brasileiro.Cruz das Almas, Brasil, Universidade Federal da Bahía. Escola de Agronomía. Convenio UFBA/BRASCAN Nordeste. pp. 29-41.

51. Santos, E.O., Bessa, M. And Lima, P.B. De 1972. Mandioca; recomendacoes tecnológicas. Brasil. Ministerio de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuaria. Instituto de Pesquisa Agropecuaria do Nordeste. Circular No. 8. 11p.

52. Silva, J.R. Da. 1970. Solucao radical so na técnica; mandioca. In Guía da Producao Rural, Sao Paulo, Coopercotia, pp.126-140.

53. Silva, J.R. Da. 1971. O Programa de mandioca no Instituto Agronómico do Estado de Sao Paulo. Agronomico 23:49-71

54. Silva, F. 1961. A Cultural da mandioca. Gazeta do Agricultor 13 (144): 138-139.

55. Sistemas de Producao Para Mandioca. Ceara, Brasil Embrapa-Embrater 1976. Serie Sistemas de Producao, Boletín No.15. 36p.

56. Sturtevant, W.C. 1961. Taino Agriculture. Antropologica No. 2. pp. 69.82.

57. Tan, K.H. and Bertrand, A.R. 1972. Cultivation and fertilization of cassava. In: Hendershott, a literature review and research recommendations on cassava. Athens, Ga., University of Georgia, pp. 37-72.

58. Texeira, M.C. 1931. Notas prácticas sobre a cultura da mandioca. Boletín Agrícola (Serie 3) 1931: 132-152.

59. Tineo, J. 1976. Selección de estaca y la siembra de yuca. Agro Información 1 (8) : 29-31.

60. Toro, J.C., Castro M.A. y Celis A.E. 1976. Selección y preparación de material para siembra de yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 197-204.

61. Toro, J.C., Castro, A., and Celis, E.A. 1978. Planting methods and care at early growth stage of cassava. In: Cassava Production Course, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tro - pical, 407pp.

62. Toro, J.C. 1978. Sugerencias para la conducción de pruebas regionales. In: Curso de Producción de Yuca, Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp. 341.-359.

63. Tribuzi, H. S. 1963. Trabalho completo sobre a cultura racional de mandioca. Sitios e Fazendas 29 (12): 22-24.

64. Ulate M.J.L. y Aviles A., C.L. 1975. Cultivo de la Yuca. Quesada, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Regional de la Zona Norte. Boletín No. 51. 7p.

65. Uphof, J.C.T. 1944. El Cultivo de la yuca en Java. Hacienda (USA). 39:266.

CUADRO 1.- Información general de los siete experimentos reportados en éste artículo

EXPERIMENTO No.	SIEMBRA	COSECHA	DIAS DE COSECHA	VARIEDADES	DISEÑO ESTADISTICO
1- Madurez de estacas	Agosto 16/76	Julio 26/77	344	M MEX 52	Parcelas divididas
2- Madurez de estacas	Octubre 13/77	Sept. 29/78	351	M MEX 59	Bloques C.R.
3- Madurez de estacas	Abril 13/77	Marzo 9/78	330	CMC 40	Bloques C.R.
4- Angulo de corte x posición de siembra	Enero 8/78	Nov. 30/77	326	CMC 76	Bloques C.R. y 2x3 análisis factorial x angulo de corte x posición de siembra.
5- Posición de siembra x tamaño de estaca	Enero 13/77	Enero 10/78	362	MCOL 638 MECU 47	Parcelas divididas con subparcelas arregladas en un factorial 3x3.
6- Profundidad de siembra	Abril 13/77	Marzo 20/78	341	CMC 40	Bloques C.R.
7- Parcela de observación 10 variedades x posición de siembra x fecha de siembra	1. Marzo 29/78 2. Mayo 30/78 3. Julio 29/78 4. Sept. 30/79 5. Dic. 1/78 6. Enero 30/79	Enero 21/79 Abril 6/79 Julio 4/79 - - -	329 341 340 - - -	Las siguientes 10 variedades, fueron sembradas en cada fecha: MMEX 17, MMEX 59, CMC 40, CMC 76 MCOL 22, MCOL 1684, MVEN 218, HCM 2, HCM 7, CM 323-375	Sin diseño, sin replicación parcelas de observación.

CUADRO 2. Análisis de suelo de los siete experimentos reportados en este artículo. Todos los experimentos fueron conducidos en la Estación Experimental del CIAT.

	LOTE CIAT	M.O. %	P(Bray II) ppm	pH	Ca	Mg	K	Na	C.I.C.	B	Zn	Textura
					meq/100 gr suelo					ppm		
EXP. 1	P2N	4.3	26.9	6.7	21.5	13.7	0.70	-	33.2	0.68	1.67	Arcilloso
EXP. 2	P2N	4.3	26.9	6.7	21.5	13.7	0.70	-	33.2	0.68	1.67	Arcilloso
EXP. 3	R1N	5.0	35.0	6.9	-	-	0.75	-	-	-	1.80	Franco arcilloso
EXP. 4	R1N	5.1	38.0	6.9	20.8	12.0	0.77	0.57	32.0	0.33	1.80	Arcilloso
EXP. 5	R1N	4.8	33.6	6.9	20.8	12.0	0.57	0.57	32.0	0.33	1.70	Franco arcilloso
EXP. 6	R1N	5.0	35.0	6.9	20.8	12.0	0.75	0.57	32.0	0.33	1.80	Franco arcilloso
EXP. 7	D1N	-	-	8.2	14.0	18.7	0.71	0.74	22.2	-	-	Franco arcilloso

CUADRO 3.- Principales características de las variedades usadas en los experimentos reportados en este artículo.

	Variedad	Vigor	Hábito de Ramificación	Tamaño de hoja	Altura de Planta	Facilidad de cosecha	Tamaño de raíz	Largo de pedúnculo
EXP. 1	MMEX 52	Medio	Medio	Pequeño	2.20	Regular	Largo	Largo
EXP. 2	MMEX 59	Alto	Alto	Medio	2.20	Difícil	Largo	Largo
EXP. 3	CMC 40	Alto	Medio	Pequeño	2.40	Fácil	Medio	Medio
EXP. 4	CMC 76	Alto	Medio	Medio	1.80	Regular	Largo	Medio
EXP. 5	MCOL 638	Medio	Alto	Pequeño	2.00	Regular	Largo	Medio
	MECU 47	Medio	Medio	Medio	2.40	Fácil	Largo	Medio
EXP. 6	CMC 40	Alto	Medio	Pequeño	2.40	Fácil	Medio	Medio

CUADRO 4.- DISTRIBUCION DE LLUVIAS E IRRIGACION APLICADA DURANTE EL CICLO DE CRECIMIENTO DE LOS EXPERIMENTOS

	Fecha de siembra	Meses después de la siembra: Precipitación más irrigación(*) en mm. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Agua total mm.
EXP. 1	Agosto 16-76	68*	60*	106	55	35	30*	48	34	63	54	94	22	671
EXP. 2	Octubre 13-77	104*	111*	81	44	73*	57*	64	243	166	4	35	34	1.016
EXP. 3	Abril 13-77	63	84*	94	22	47	74	111	81	44	43	47*	64	774
EXP. 4	Enero 8-77	83*	68*	33	63	74*	94	22	47	74	111	81	44	794
EXP. 5	Enero 13-77	63*	68*	33	63	74*	94	22	47	74	111	81	44	774
EXP. 6	Abril 13-77	63	84*	94	22	47	74	111	81	44	43	47*	64	774
EXP. 7	Parcela de observación.													
Fechas de siembra:	1- Marzo 29-78	209	153	4	19	34	34	125	98	160	14	3		853
	2- Mayo 30-78	4	19	34	34	125	98	160	14	3	78	99		668
	3- Julio 29-78	34	34	125	98	160	14	3	78	99	99	74		818
	4- Sept. 30-78	125	98	160	14	3	78	99	99	74	9			-
	5- Dic. 1/78	160	14	3	78	99	99	74	9					-
	6- Enero 30-79	3	78	99	99	74	9							-

CUADRO 5.- COSTOS DEL TRATAMIENTO DE ESTACAS DE YUCA CON ALGUNOS PESTICIDAS Y SULFATO DE ZINC

PRODUCTO	PRECIO/Kg* $ Col. 1977	g/ha	Costo/ha* $ Col.	COSTO AGREGADO $ Col	COSTO AGREGADO US$ 1977
Dithane M-45	48.50	333.0	16.00	16.00	0.43
Manzate 80	45.00	187.5	8.00	24.00	0.65
Vitigran	61.00	300.0	18.00	42.00	1.15
Malathion E.C.	86.00	750.0	65.00	107.00	2.93
Sulfato de Zinc**	20.00	6.000.0	120.00	222.00	6.21

* Incluye 0.5 días - hombre

** Usado solamente cuando hay deficiencia de Zinc.

CUADRO 6.- VARIABLES MEDIDAS EN LA COSECHA EN TODOS LOS EXPERIMENTOS.

V A R I A B L E S	S I M B O L O
1. Variedad	Var
2. Parcela #	Par.
3. Replicación #	Rep.
4. Tratamiento	Trat.
5. Número de plantas por parcela	# P/Par
6. Altura de planta (cm)	Alt. Pl.
7. Número de tallos principales de Plantas cosechadas	Nº Tallos
8. Peso total de raíces (kg/par.)	PTR.
9. Número total de raíces	NºTR.
10. Peso raíces comerciales	PRC.
11. Número de raíces comerciales	NºRC.
12. Perímetro promedio de raiz (cm)	PPR
13. Tamaño promedio de raíz (cm)	LR.
14. Decímetro de la raíz	DR.
15. Peso parte aérea (kg/par)	PPA
16. Indice de cosecha	IC
17. # de raíces podridas	NºRP.
18. % Pudrición	%P.
19. Peso raíces al aire	PR/Aire
20. Peso de raíces en agua (de las mismas raíces)	PRA.
21. Peso específico o densidad de raíces	δ
22. Contenido de materia seca %	%MS.
23. Contenido de almidón %	% Almidón
24. Contenido de materia seca parte aérea %(Ocasionalmente)	%MS.
25. Acame	A.

CUADRO 7.- EFECTO DEL ORIGEN Y LA MADUREZ DE LA ESTACA EN LA GERMINACION, INDICE DE COSECHA Y RENDIMIENTO DE TRES VARIEDADES DE YUCA.

Origen de la Estaca en el Tallo	Germinación (%)	Indice de Cosecha	Rendimiento Raíces Frescas t/ha. TOTAL	COMERCIAL
a) M Mex 52 - EXP. 1				
Alta	93.0	0.34 a[1]	18.5 a	12.8 a
Media	91.1	0.30 a	18.1 a	13.1 a
Baja	74.5	0.29 a	16.8 a	10.2 a
CV %	26.24	30.19	16.84	-
b) M Mex 59 - EXP. 2				
Alta	93.6 b	0.35 a	17.4 a	12.0 a
Media	96.9 a	0.26 b	11.8 b	6.2 b
Baja	98.5 a	0.26 b	12.5 b	6.4 b
CV %	24.83	39.10	16.10	1.84
c) CMC 40 - EXP. 3				
Alta	100 a	0.49 a	28.8 a	26.3 a
Media	100 a	0.50 a	31.5 a	27.9 a
Baja	100 a	0.44 a	26.4 b	22.5 b
CV %	6.38	8.49	5.78	-

1 Las medias para cada variedad y dentro de las columnas que están seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$.

CUADRO 8 EFECTO DE LA DENSIDAD EN EL PESO DE RAICES, PARTE AEREA E INDICE DE COSECHA DE LA VARIEDAD M MEX 59

Plantas/ha	Raíces Frescas		Crecimiento Aéreo	Indice de Cosecha
	Total	Comercial		
	TON/ha			
10.000	15.3 a (1)	9.5 a	32.5 a	0.31 a
15.000	12.5 a	6.9 a	34.3 a	0.26 b

CUADRO 9 EFECTO DEL ANGULO DE CORTE DE LA ESTACA EN RENDIMIENTO E INDICE DE COSECHA DE LA VARIEDAD CMC 76

Angulo de Corte	Peso Fresco		Indice de cosecha
	Total	Comerciales	
	TON/Ha.		
Rectangular	28.49 a[1]	22.76 a	0.396 a
Bisel	28.56 a	23.29 a	0.382 a

(1) Las medias dentro de cada columna seguidas por la misma letra no son diferentes a $P \leq 0.05$

1 Las medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

CUADRO 10.- EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA DE LAS ESTACAS EN EL RENDIMIENTO DE RAICES, CRECIMIENTO AEREO E INDICE DE COSECHA DE LA VARIEDAD CMC 76.

Posición de Siembra	Peso Fresco			Indice de cosecha
	Raíces Totales	Raíces Comerciales		
	TON/ha,			
Vertical	30.0 a[1]	24.4 a	45.9 a	0.39 a
Inclinada	28.1 a	22.8 a	46.4 a	0.37 a
Horizontal	27.4 a	21.8 a	39.3 b	0.39 a
C.V.	25.75	36.69	8.33	18.18

1. Las medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

CUADRO 11 EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA Y DEL ANGULO DE CORTE DE LAS ESTACAS EN EL NUMERO DE RAICES DE LA VARIEDAD CMC 76.

Angulo de Corte	X	Posición de siembra	No. total de raíces	No. de Raíces comerciales	No. Promedio de Raíces	
					Total	Comercial
Rectangular	x	Vertical	17.5	7.0		
Rectangular	x	Inclinada	16.4	6.2	16.6	6.6
Rectangular	x	Horizontal	16.1	6.7		
Bisel	x	Vertical	14.9	6.4		
Bisel	x	Inclinada	14.2	5.5	14.5	5.8
Bisel	x	Horizontal	14.6	5.5		

CUADRO 12 EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA Y TAMAÑO DE LA ESTACA EN GERMINACIÓN Y RENDIMIENTO DE LAS VARIEDADES M COL 638 Y MECU 47

Posición de Siembra	LARGO DE LA ESTACA (cm)							
	20	40	60	% Germinación AVE	20	40	60	AVE
	M COL 638				M ECU 47			
Vertical	94.5	94.4	92.5	93.8	83.2	86.9	85.3	85.1
Inclinada	92.3	90.7	97.9	93.6	70.7	83.1	78.0	77.2
Horizontal	89.0	89.8	85.3	88.0	38.0	31.2	28.6	32.6
	Rendimiento - Raíces Frescas Ton/ha.							
Vertical	27.3	23.2	32.2	27.6	38.8	36.2	29.0	34.6
Inclinada	24.1	27.5	23.0	24.9	34.4	30.5	26.2	30.4
Horizontal	21.1	24.7	23.0	23.0	38.9	22.2	31.9	31.0

CUADRO 13 EFECTO DEL TAMAÑO DE LA ESTACA EN LA GERMINACION, INDICE DE COSECHA Y RENDIMIENTO DE YUCA.

Tamaño de Estaca	Germinación (%)	Indice de Cosecha	Rendimiento Raíces Frescas	
			Total	Comercial
			(t/ha.)	
20	77.9 a[1]	0.38 a	30.8 a	27.6 a
40	78.4 a	0.36 ab	27.4 b	24.0 b
60	77.0 a	0.34 b	27.5 b	23.9 b

[1] Las medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

CUADRO 14 EFECTO DE LA POSICION DE SIEMBRA DE GERMINACION, INDICE DE COSECHA Y RENDIMIENTO DE YUCA [1].

Posición de Siembra	Germinación (%)	Indice de Cosecha	Rendimiento Raíces Frescas	
			Total	Comercial
			----------(t/ha)----------	
Vertical	89.2 a [2]	0.36 a	31.1 a	27.4 a
Inclinada	85.6 a	0.36 b	27.6 b	24.2 b
Horizontal	58.6 b	0.35 a	27.0 b	23.9 b

CUADRO 15 EFECTO DE LA POSICION DE LA ESTACA Y EPOCA DE SIEMBRA EN LA GERMINACION DE LA YUCA[1].

Fecha de Siembra	Lluvia durante los primeros 30 días (mm)	% GERMINACION		
		Siembra vertical	Siembra inclinada	Siembra Horizontal
Marzo 29	215	95.5	98.5	98.0
Mayo 30	5	100	100	91.5
Julio 29	25	91.5	88.0	54.0
Septiembre 30	116	99.0	96.0	95.0
Diciembre 1°	160	100	100	98.0
Enero 30-79	2.5	98.7	97	16

1. Promedio de dos variedades

" Promedio de 10 variedades

2 Las medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a $p \leq 0.05$

CUADRO 16 EFECTO DE LA EPOCA DE SIEMBRA Y POSICION DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO PROMEDIO DE RAICES SOBRE 10 VARIEDADES DE YUCA.

Posición de Siembra	Fecha de Siembra* Marzo 29-78	Mayo 30-78	Julio 29-78	Promedio
Vertical	31.1	20.1	21.8	24.3
Inclinada	30.0	22.3	20.7	24.3
Horizontal	28.1	17.0	17.8	20.9

CUADRO 17 EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO E INDICE DE COSECHA DE LA VARIEDAD CMC - 40

Profundidad de Siembra	Rendimiento Total de raíces	Rendimiento de Ráíces Comerciales	Parte Aérea	Indice de Cosecha
	----------TON/ha.----------			
10 cm	27.03 a[1]	22.68 a	34.20 a	0.439 a
20 cm	29.15 a	26.31 a	33.84 a	0.460 a
30 cm	27.25 a	24.48 a	38.33 a	0.412 a
C.V.	20.19	23.77	9.95	10.61

* Todas las parcelas fueron cosechadas 11 meses después de la siembra.

1 Las medias dentro de la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a P = 0.05

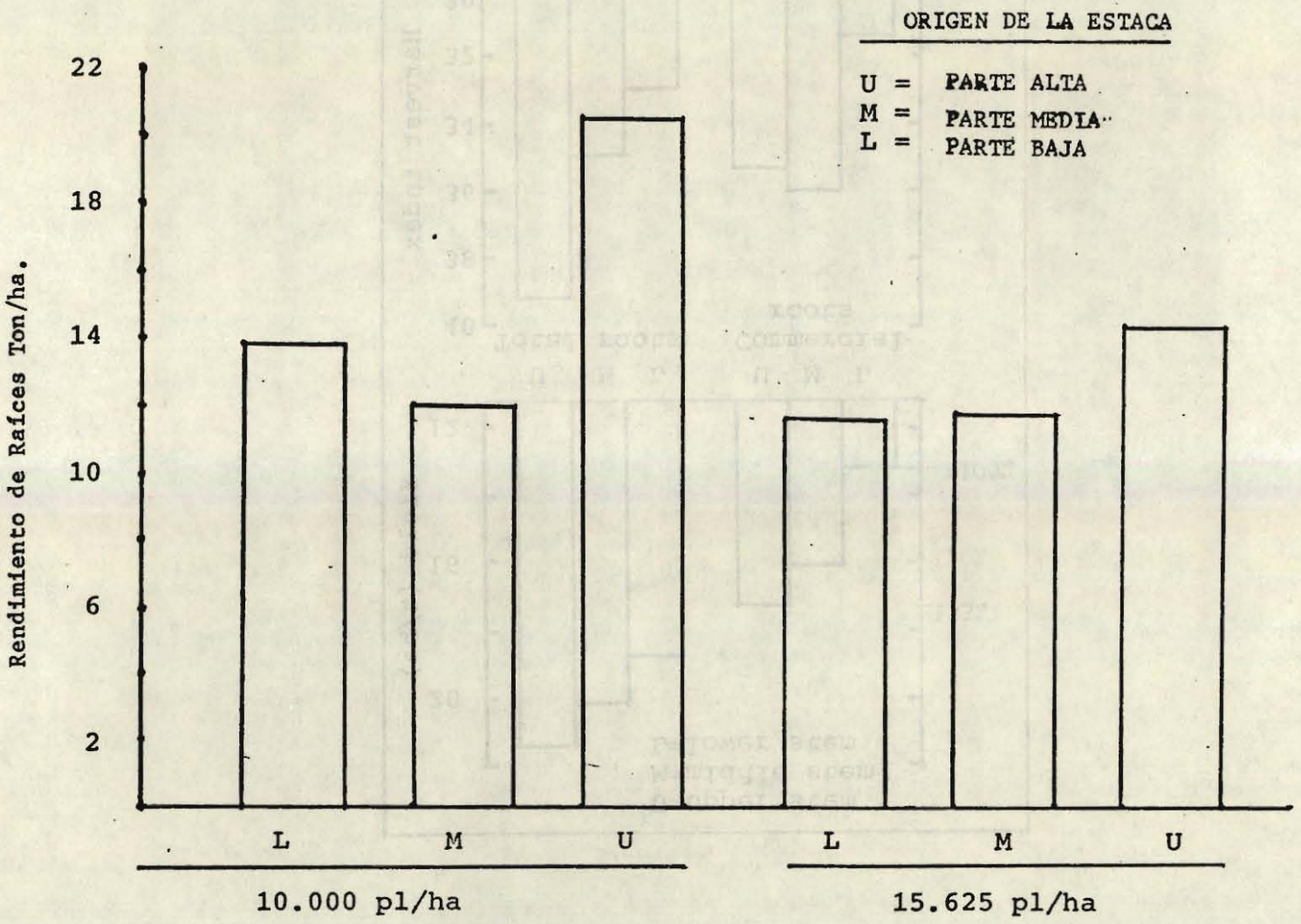
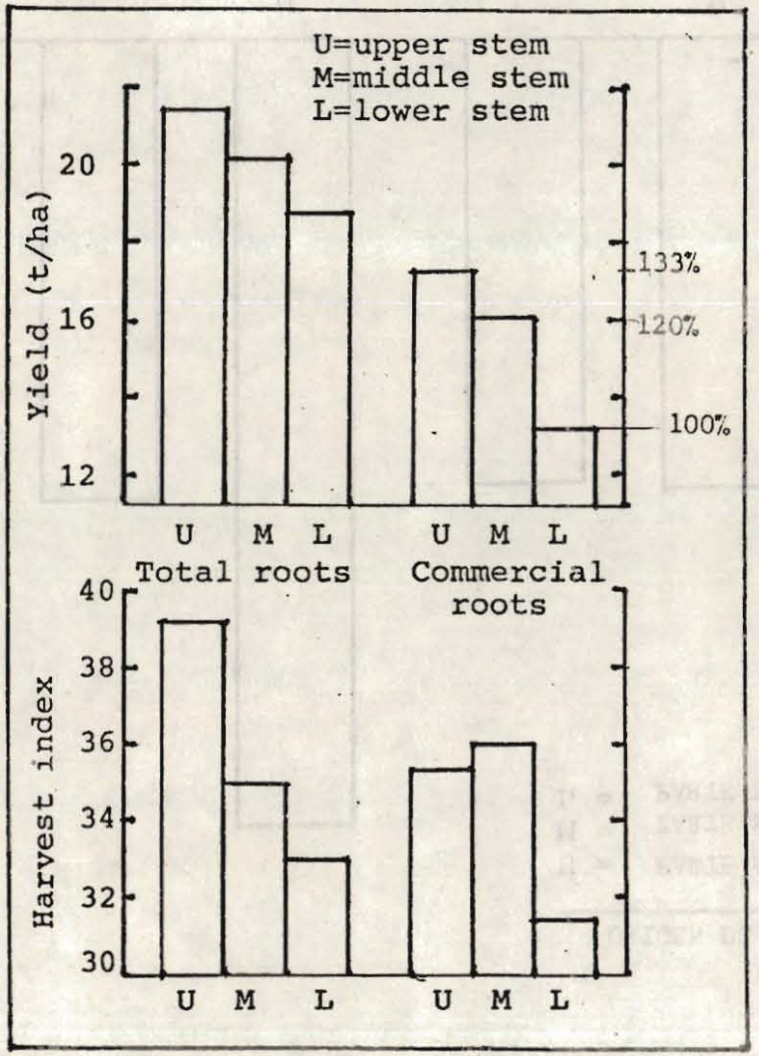


FIG. 1.- Efecto del orígen (edad) de la estaca en el Rendimiento de Raíces de Yuca de la variedad M MEX 59

FIG. 2.- Efecto de la madurez de la estaca (Posición en el Tallo) Indice de cosecha y Rendimiento de tres variedades de Yuca.



PROPAGACION RAPIDA DE LA YUCA

J.H. Cock
D. Wholey
J.C. Lozano
J.C. Toro

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz) constituye una de las principales fuentes potenciales de carbohidratos para satisfacer la demanda creciente de alimento, a consecuencia del aumento de la población.

El 95 por ciento del área mundial sembrada de yuca se encuentra localizada en una amplia zona ecológica, la cual se extiende desde los 30° L.N. hasta los 30°L.S. Además, la yuca se adapta a diversas condiciones de altitud (0-2000 m.s.n.m.), temperatura (18-30°C) y precipitación (500-5000 mm) y a condiciones edáficas variables (pH de 4 a 9).

La importancia que ha adquirido la yuca en los últimos años debido a su aplicación industrial, ha creado la necesidad de incrementar el área de cultivo, Una de las principales limitaciones para lograr este objetivo, ha sido insuficiente disponibilidad de material de siembra, debido a que la yuca se propaga vegetativamente y el sistema tradicional para la obtención de las estacas de siembra (de una planta madura se obtienen de 10 a 20 estacas de 20 centímetros, dependiendo de la variedad) presenta una tasa de multiplicación muy baja, Por lo tanto, para la yuca el factor de multiplicación por planta por año varia entre 10 y 20, el cual es marcadamente inferior al factor de multiplicación de los cereales. Este problema también ha limitado el suministro a los agricultores de suficiente cantidad de "semilla" o estacas de nuevas variedades, que a su vez estén libres de enfermedades.

Con el fin de solucionar el problema planteado, el CIAT desarrolló un sistema de propagación rápido, sencillo y barato, el cual aumenta el factor de multiplicación por planta por año. El sistema consiste básicamente en la inducción de retoños y enraizamiento de los mismos.

Instalaciones

En primer lugar se describen las instalaciones requeridas por el sistema de propagación rápida de la yuca.

Cámara de Propagación

La cámara de propagación es de forma rectangular con 2,40 metros de largo y 1,20 metros de ancho. Está formada por bloques de concreto, colocados uno al lado del otro, sobre un suelo preferiblemente libre de vegetación. Los huecos de los bloques se sellan en la base con una mezcla de arena y cemento, con el fin de que retengan agua, la cual permite mantener una alta humedad dentro de la cámara al evaporarse. En el fondo de la cámara se coloca una capa de grava de aproximadamente 10 centímetros de espesor, para proporcionarle un buen drenaje interno.

Sobre la capa de grava se adiciona suelo hasta llegar casi al borde de los bloques; preferiblemente se debe utilizar un suelo de textura franco arenosa y con un pH de aproximadamente 6 (Figura 1).

El techo de esta construcción es una estructura en forma de caballete, de 50 centímetros de altura, con marcos de madera o aluminio y cubierta con plástico transparente. Sus extremos deben descansar sobre el centro de los bloques para obtener un equilibrio entre el medio ambiente y la cámara, mediante la recirculación de la humedad excesiva. (Figura 2).

Area de Enraizamiento

El área de enraizamiento es una mesa con techo de plástico, la cual evita la contaminación de los frascos de enraizamiento por el agua lluvia. El techo debe quedar a una altura de 1,50 metros de la superficie de la mesa, para evitar que la temperatura aumente excesivamente dentro de la estructura. La mesa se debe pintar de blanco, ya que este color refleja los rayos solares y, por lo tanto, evita el aumento de la temperatura del agua contenida en los frascos, lo cual podría dañar los brotes (Figura 3).

Materiales

Los materiales requeridos son los siguientes:

- Una sierra para cortar estacas uniformes de dos nudos y una cuchilla de filo fino para cortar los retoños.

- Productos químicos para el tratamiento del suelo, de las herramientas y de las estacas.

- Una vasija metálica para la esterilización del agua a utilizar durante el procedimiento. Frascos de boca ancha para depositar los retoños una vez cortados o para su posterior enraizamiento; y frascos pequeños para el enraizamiento individual de los retoños.

Procedimiento

El procedimiento empleado en el sistema de propagación rápida de la yuca es el siguiente:

- El suelo de la cámara se debe desinfestar tratándolo con formol al 10 por ciento, a razón de 18 litros por cámara; ésta debe permanecer cubierta con un plástico durante cuatro días, período después del cual se destapa para su utilización posterior a los cuatro días.

- También se puede emplear como desinfestante el bromuro de metilo a razón de 250 mililitros por cámara, pero este producto se debe utilizar con mucha precaución debido a su alta toxicidad.

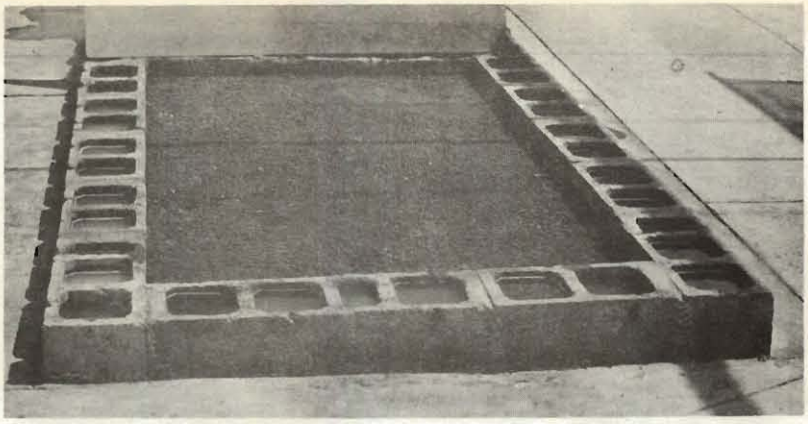


Figura 1. Conformación inicial de la cámara de propagación.

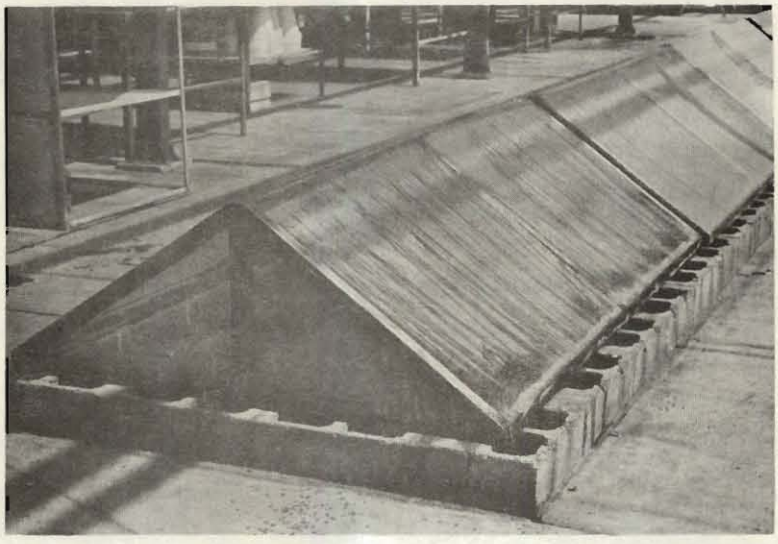


Figura 2. Forma y posición del techo de la cámara de propagación.

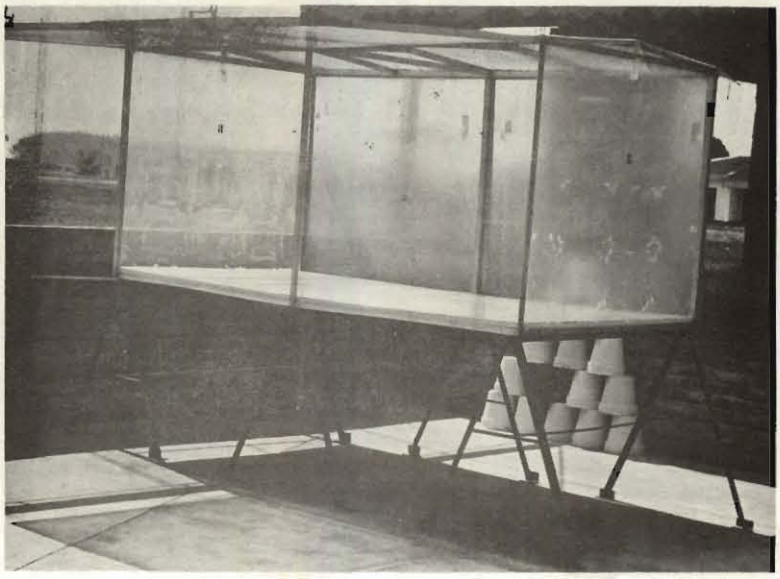


Figura 3. Area de enraizamiento



Figura 4. Siembra de las estacas de dos nudos

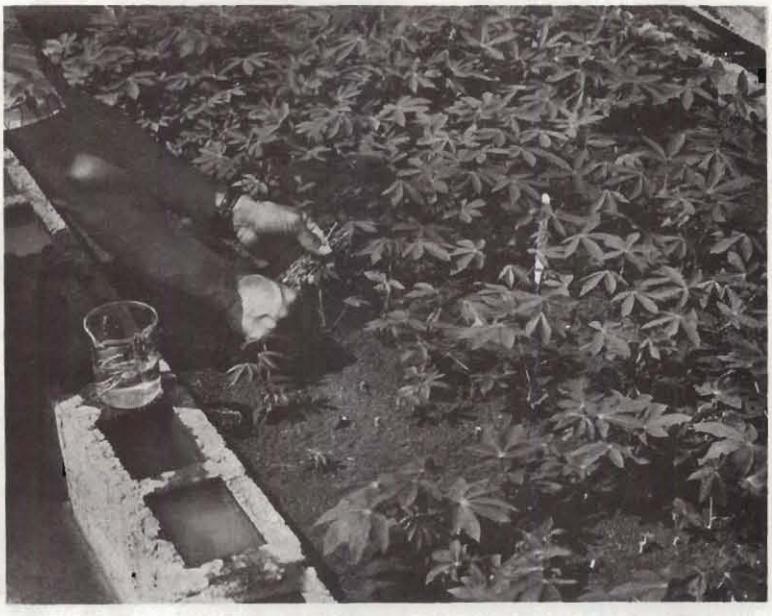


Figura 5. Retoños

- Si el suelo utilizado en la cámara de propagación es de baja fertilidad, se le debe aplicar un fertilizante adecuado para mejorar sus condiciones y así asegurar una buena germinación de las estacas.

- Se seleccionan plantas sanas y maduras, de 8 a 14 meses de edad, de las cuales se toman los mejores tallos.

- Se cortan las estacas de dos nudos con una sierra colocada previamente en una prensa de taller, para asegurar una buena estabilidad, lo cual permite un corte uniforme de las estacas. La sierra se debe mantener desinfestada mediante su limpieza con hipoclorito de sodio, permanganato de potasio o formol.

- Las estacas se tratan durante 5 minutos con una solución que por cada litro de agua debe contener 2,22 gramos de Dithane M-45, 1,25 gramos de manzate, 2,2 gramos de vitigran y 5 gramos de malathion polvo mojable. Cuando se utilice malathion concentrado emulsionable, se debe utilizar un centímetro cúbico por litro de agua.

- Las estacas tratadas se siembran en la cámara de propagación (Figura 4), teniendo en cuenta que la distancia más corta entre las dos yemas quede hacia arriba; la profundidad de siembra debe ser de aproximadamente un centímetro y la humedad del suelo se debe mantener a un nivel adecuado.

- La alta humedad relativa dentro de la cámara de propagación, a consecuencia de la evaporación del agua contenida en los huecos de los bloques, y la alta temperatura, estimulan el brotamiento de las estacas; dos o tres semanas después se obtiene un gran número de retoños (Figura 5). Cuando éstos alcanzan una altura de 8 centímetros, se cortan a un centímetro del cuello con una cuchilla de filo fino debidamente esterilizada con hipoclorito de sodio, permanganato de potasio, formol o alcohol. Los brotes presentan generalmente muchas ramificaciones, parte de las cuales se deben cortar para evitar su marchitamiento. El corte definitivo del tallo se debe hacer inmediatamente debajo de una yema, con el fin de estimular su enraizamiento.

- Los brotes se van pasando rápidamente a un beaker o a cualquier otro recipiente con agua hervida fría, para detener la exudación del latex.

- Luego se trasladan a los frascos individuales de tamaño variable, los cuales también contienen agua hervida fría.

- Los frascos se llevan inmediatamente al área de enraizamiento. En esta instalación, el brote se conserva aún verde después de cortado, pero 2-4 días después se marchita y parece como si estuviera muerto. A los ochos días ya se ha recuperado; presenta callo y se inicia su enraizamiento (Figura 6). Doce días después, el crecimiento radical continúa y salen nuevas hojas.

Después de un período de 16 días, las raíces están más desarrolladas y es el momento oportuno para efectuar su transplante al campo definitivo. Es necesario tener en cuenta que los intervalos descritos anteriormente pueden variar, dependiendo principalmente del cultivar de yuca y de las condiciones climáticas de la zona.

- Las últimas investigaciones realizadas en el CIAT indican que es posible utilizar para el enraizamiento, beakers de 500 centímetros cúbicos de capacidad, en los cuales se pueden colocar hasta 40 brotes, adicionándoles agua hasta un nivel de 200 centímetros. Los beakers se pueden colocar en el área de enraizamiento (Figura 7) o en la cámara de propagación (Figura 8); el enraizamiento es más rápido en ésta última.

- La edad ideal para efectuar el transplante de los brotes oscila entre los 14 y 16 días (Figura 9), independientemente del proceso empleado para el enraizamiento. Estos se deben sembrar casi hasta el cogollo. Se debe mantener una humedad adecuada en el área de trasplante durante las dos primeras semanas, con el fin de asegurar un buen establecimiento de los brotes y obtener una plantación sana y vigorosa. El número de brotes que se puede obtener a partir de una estaca de dos nudos, depende de la posición en la cual se siembra la estaca. Si la siembra se efectúa en la forma indicada (la distancia más corta entre las dos yemas hacia arriba) se pueden obtener más de 10 brotes, de los cuales los primeros ocho resultan suficientemente vigorosos para someterlos al proceso de enraizamiento y transplantarlos posteriormente al campo. En términos general, se considera que cada estaca continúa produciendo brotes hasta que se terminen sus reservas.

Ventajas

Las ventajas del sistema de propagación rápida de la yuca son:

1. Cuando hay poca disponibilidad de semilla es la única manera conocida hasta el presente, de propagar rápidamente variedades promisorias y en cantidad suficiente, a la vez que permite el suministro de material vegetativo sano.

2. Es un sistema que se puede utilizar para la limpieza de variedades de yuca afectadas por Xanthomonas manihotis (añublo bacterial).

3. Es un sistema sencillo y barato, el cual se puede adoptar en cualquier finca.

Finalmente, al comparar el sistema tradicional y el sistema de propagación rápida de la yuca, se puede observar la amplia diferencia en la eficiencia de los dos sistemas (Figura 10). Con el sistema tradicional se obtienen entre 10 y 20 estacas de tamaño comercial (20 centímetros) a partir de una planta madura. Después de un año de sembradas en el campo,

producen entre 100 y 400 estacas de tamaño comercial. Con el sistema de propagación rápida, de una planta madura se pueden cortar 150 estacas de dos nudos, cada una de las cuales produce ocho brotes en la cámara de propagación, lo cual da un total de 1.200 brotes.

Cada uno de estos brotes sembrado en el campo dará una planta madura después de un año, de la cual se pueden obtener entre 10 y 20 estacas de tamaño comercial, dependiendo de la variedad, lo cual da un gran total de 12.000 a 24.000 estacas de tamaño comercial. La amplia diferencia en el número de estacas entre los dos sistemas, indica la mayor eficiencia del sistema de propagación rápida de la yuca.

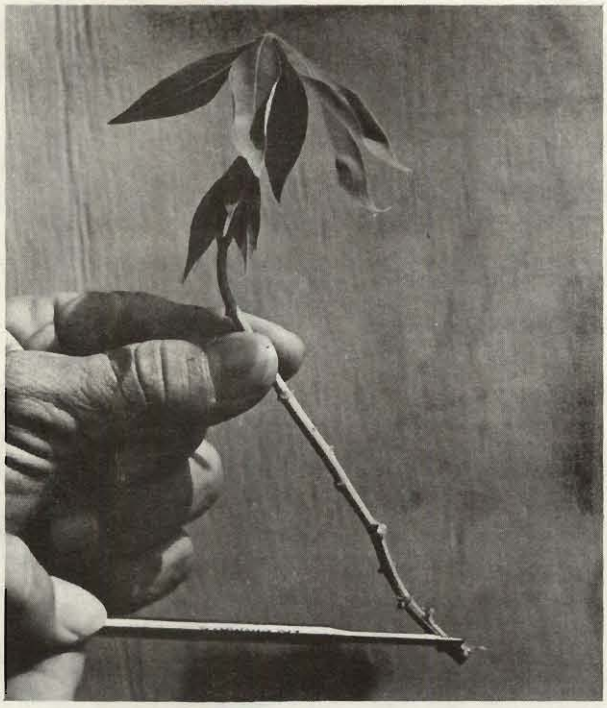


Figura 6. Iniciación del enraizamiento del retoño

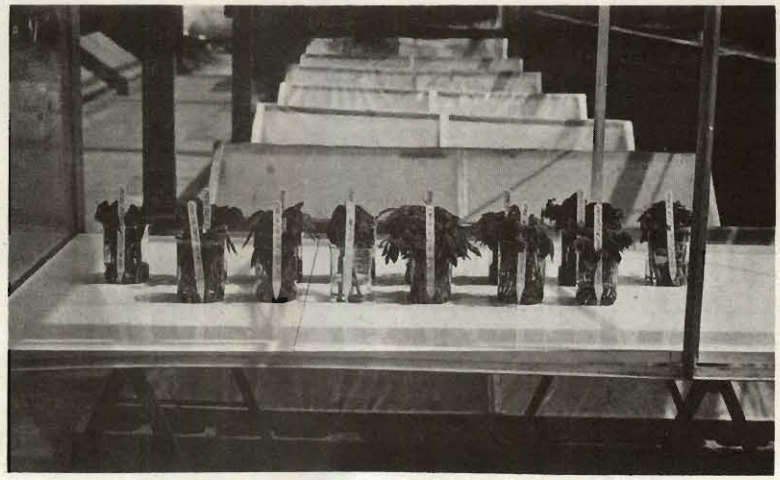


Figura 7. Enraizamiento en beakers colocados en el área de enraizamiento

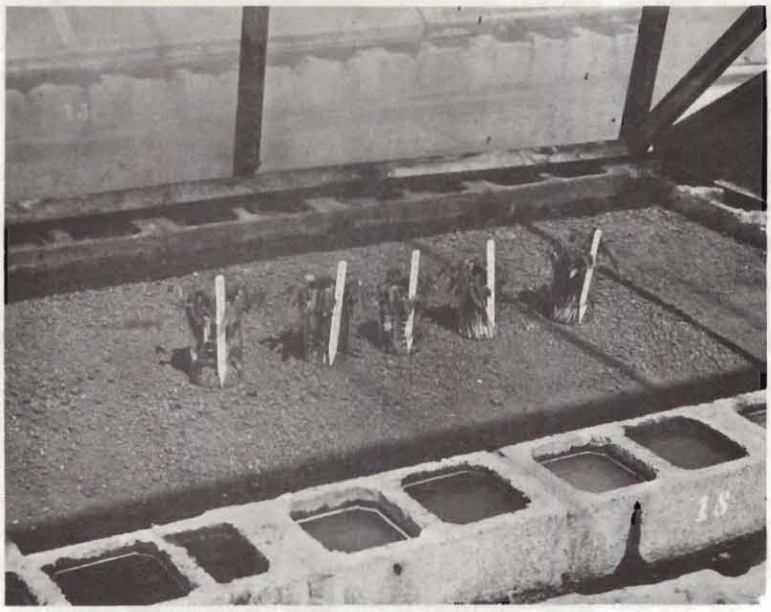


Figura 8. Enraizamiento en beakers colocados en la cámara de propagación.

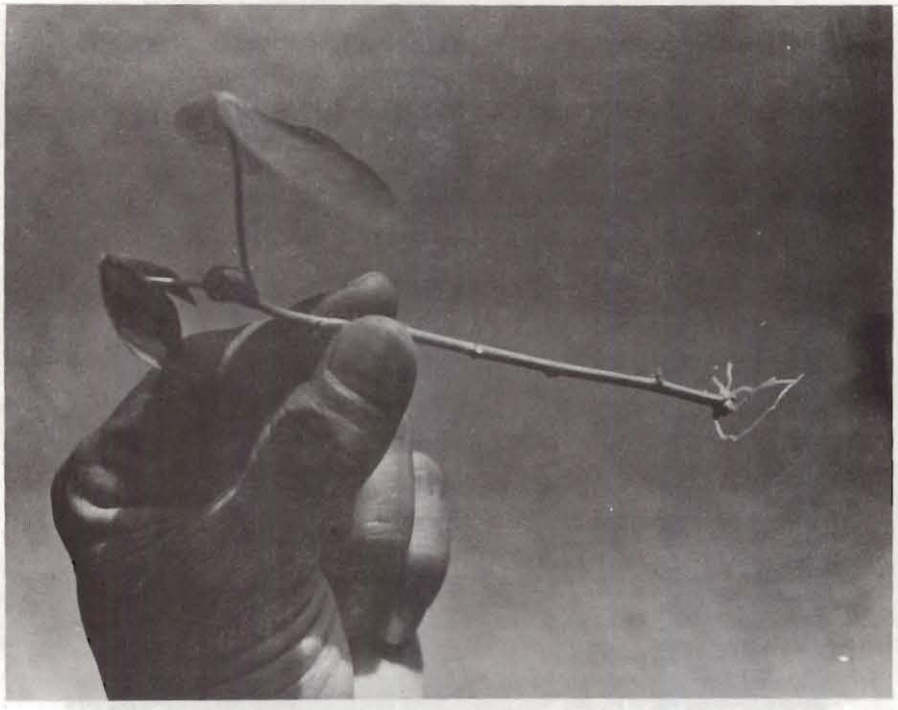


Figura 9. Tamaño ideal para realizar el transplante al campo definitivo.

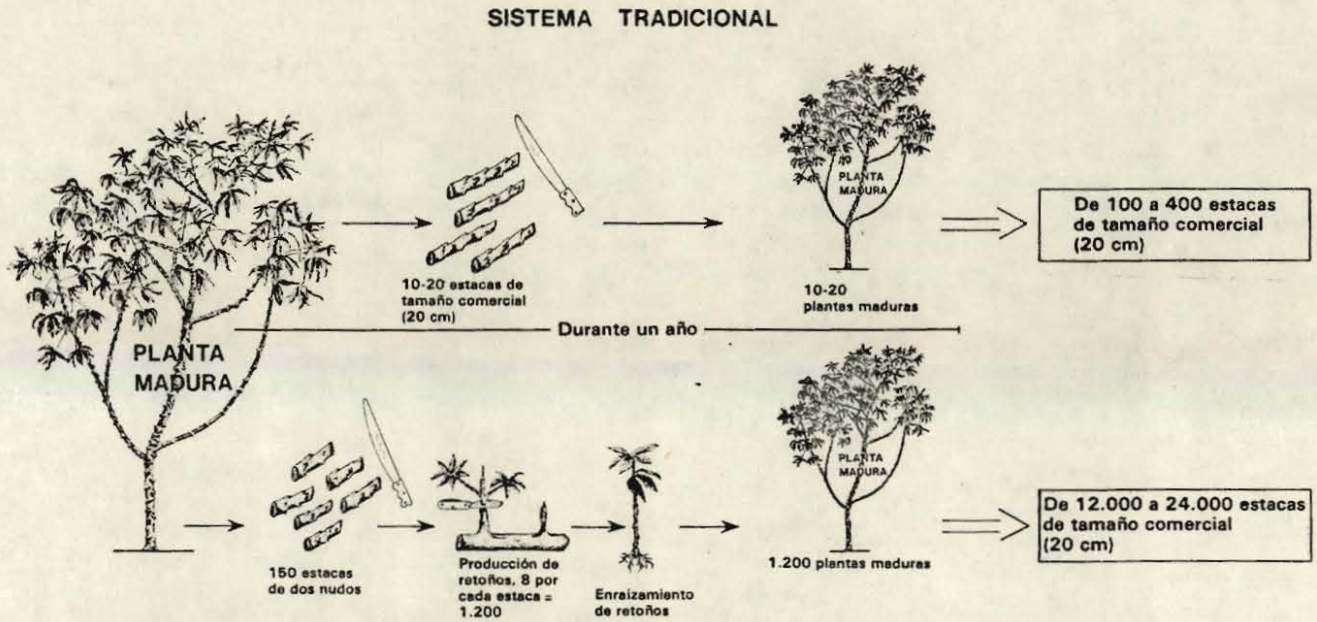


Figura 10. Comparación entre dos sistemas de propagación de la yuca

CONTROL DE MALEZAS
Y
CULTIVOS MULTIPLES

Métodos de Control de Malezas en Yuca
J. D. Doll, W. Piedrahíta, D. Leihner
1403
D- 1 - 9

Control Cultural de las Malezas
D. Leihner, J. Doll.
1421
D-11 -22

La Yuca como Cultivo Principal de un Sistema de Cultivo Multiple
M. Thung, J. H. Cock
1446
D-23 - 35

METODOS DE CONTROL DE MALEZAS EN YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

J.D. Doll *
W. Piedrahíta C **
D. Leihner ***

Es un hecho reconocido que los rendimientos de la yuca se pueden aumentar sustancialmente eliminando la competencia de malezas durante los estados iniciales de crecimiento. Sin embargo, se considera que con un control de malezas mínimo, este cultivo puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos. Aún en condiciones óptimas, el follaje tarda unos dos meses en cerrar y en condiciones menos favorables, puede tardar hasta cuatro meses; es necesario controlar las malezas hasta que la plantación tenga un follaje tupido.

En la actualidad se están obteniendo rendimientos experimentales de yuca, cuatro veces mayores que los promedios nacionales en varios países, debido a la integración de todos los componentes de tecnología (variedades mejoradas, control de plagas y malezas, uso de fertilizantes y otras prácticas culturales). Una parte básica de la tecnología de producción de yuca es el control de malezas. A continuación se presentan los resultados de varios años de investigación en el CIAT, y se resalta la importancia de controlar oportunamente las malezas y la adopción de los sistemas de control adecuados.

Sistemas de Control

En el cultivo de la yuca, como en otros cultivos, existen diferentes opciones para controlar las malezas. Se distingue entre control cultural, mecánico y químico, y se conoce una serie de combinaciones de estos métodos. Desde que el hombre comenzó a cultivar las plantas, ha buscado métodos culturales como son la selección de geno-tipos vigorosos con alta capacidad competitiva, la siembra de poblaciones densas, el uso de coberturas orgánicas muertas o vivas, y cultivos intercalados para controlar las malezas. También ha empleado sistemas mécanicos usando herramientas manuales o tirados por animales y hasta sus propias manos para el control de malezas. Por otro lado el control químico solo se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, pero está ganando más y más importancia debido a la creciente escasez de mano de obra, en el campo. Todos los sistemas aún se practican solos o en combinaciones. La adopción de una determinada práctica dependiendo sobre todo de la situación de mano de obra y de capital del agricultor. A continuación se tratará primero del tema de control mecánico, químico, y la integración de estos dos métodos, para en un segundo artículo exponer el tema del control cultural.

* Especialista en Control de Malezas. University of Wisconsin, Madison, Wis.53706. U.S.A.

** Gerente de Desarrollo. Química Sttauffer Colombiana. A.A. 959, Cali.

*** Especialista en Prácticas Culturales, programa de Yuca, CIAT.

Efectos de la competencia de las malezas

Al igual que los otros cultivos, la yuca está sujeta a la competencia de las malezas por luz, nutrimentos y agua. Se ha demostrado en cultivos anuales que la época crítica de competencia ocurre en las primeras semanas de su desarrollo (Kasasian y Seeyave, 1969). Si se mantienen los cultivos libres de malezas durante este período, se obtienen rendimientos máximos. Para determinar la época crítica en yuca se realizó un estudio en el cual se incluyeron desyerbas manuales, con diferentes épocas y frecuencias. Se sembró la variedad CMC-39 en caballones a una densidad de 10.000 plantas/ha en un lote donde las malezas principales fueron: Cyperus rotundus (coquito), Rottboellia exaltata (caminadora), Sorghum halepense (pasto Johnson) e Ipomoea spp. (batatilla).

Los resultados (Cuadro 1) indican que se deben comenzar las labores de control de malezas entre los 15 y 30 días después de la siembra y continuarlas hasta el cierre total del follaje, lo que en el presente estudio ocurrió a los 120 días debido a las malezas muy agresivas y a la alta densidad de éstas; las desyerbas después de los 120 días no aumentaron la producción.

Se observó que una sola desyerba era insuficiente, en tanto que con dos bien espaciadas, el rendimiento fue equivalente al 75 por ciento del máximo. La falta de control de las malezas durante los primeros 60 días, redujo el rendimiento en un 50 por ciento aproximadamente. El mejor rendimiento se obtuvo con el control químico, es decir evitando la competencia de las malezas. Bajo las condiciones de este estudio la época crítica de competencia abarca desde la siembra hasta 120 días después.

Selectividad de los herbicidas

Herbicidas preemergentes y de presiembra incorporados

En América Latina hasta el momento, no se han usado en gran escala herbicidas preemergentes en el cultivo de la yuca en comparación con otros cultivos, debido en parte al desconocimiento del margen de selectividad y efectividad de los mismos. Para obtener dicha información se realizaron cuatro ensayos en los cuales se evaluaron herbicidas comerciales y experimentales promisorios. Para determinar el margen de selectividad de cada producto se aplicó la dosis recomendada y dos, tres o cuatro veces esa cantidad. Los herbicidas que ocasionaron serios daños a la yuca con la dosis normal fueron clasificados como no selectivos; los que causaron daño con la dosis doble, como moderadamente selectivos y los que no presentaron daños aún con tres o cuatro veces la dosis recomendada, como altamente selectivos (Cuadro 2).

CUADRO 1 Efecto de las desyerbas manuales con diferentes épocas y frecuencias, sobre el rendimiento de raíces frescas de la variedad CMC-39, 280 días después de la siembra.

No. de desyerbas manuales	Frecuencia de las desyerbas manuales (días)	Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Porcentajes de rendimiento máximo*
4 +**	15, 30, 60, 120, HC***	18,0	86
3 +	30, 60, 120, HC	16,0	76
2 +	60, 120, HC	11,0	52
1 +	120, HC	7,0	33
4	15, 30, 60, 120	19,5	92
3	15, 30, 60	12,9	61
2	15, 30	13,3	63
1	15	5,8	28
2	30, 60	16,3	77
2	15, 45	15,4	73
0	Testigo enmalezado	1,4	7
0	Control químico ****	21,1	100

* Porcentaje del rendimiento de yuca obtenido con el control químico

** + = desyerbas adicionales

*** HC= hasta la cosecha

**** Se aplicaron alaclor + fluometuron en preemergencia y paraquat dirigido con pantalla en posemergencia, cada vez que fue necesario.

Se encontraron 18 herbicidas altamente selectivos en yuca, entre los cuales se podría hallar el herbicida o combinación de herbicidas adecuado para cualquier complejo de malezas. Además, se podrían recomendar los productos moderadamente selectivos puesto que no hay ningún peligro de daño, siempre y cuando se aplique la dosis indicada para cada tipo de suelo. Los productos del tercer grupo fueron fitotóxicos aún con la dosis normal y por lo tanto no se deben recomendar

CUADRO 2. Selectividad en el cultivo de la yuca, de los herbicidas preemergentes y de presiembra incorporados

Altamente selectivos	Moderadamente selectivos	No selectivos
alaclor	ametrina	atrazina
bentiocarbo	butilate	bromacil
bifenox	clorbromuron	DPX- 3674
butaclor	ciuron	EPTC
cianazina	DPX-6774	karbutilate
cloramben	fluometuron	tebutiuron
dinitramina	linuron	vernolate
DNBP	metabenzitiazuron	
fluorodifen	metribuzina	
H- 22234	oxadiazon	
metazol	oxifluorfen	
napropamida	prometrina	
nitrofen	terbutrina	
norea		
perfluidone		
pronamida		
S-2846		
trifluralina		

Herbicidas posemergentes

Los agricultores que no aplican a su cultivo tratamientos preemergentes, con frecuencia tienen que afrontar infestaciones densas de malezas para lo cual recurren a productos posemergentes que se usan corrientemente en otros cultivos.

Se encontró que al hacer la aplicación al voleo sobre el follaje, el diuron fue el producto más selectivo, pero redujo la producción en un 16 por ciento con respecto a la yuca desyerbada a mano. Los productos no selectivos con este método de aplicación fueron amitrol, bentazon, paraquat, dalapon, MSMA, glifosato y DNBP. Sin embargo, la aplicación dirigida con los mismos productos aumentó su selectividad; por ejemplo diuron, dalapon y MSMA aplicados a la mitad inferior de la planta no disminuyeron los rendimientos, pero paraquat y glifosato presentaron bastante daño, sobre todo en plantas jóvenes (40 a 65 días después de sembradas). Por lo tanto, solamente se recomiendan estos productos con el uso de pantalla protectora evitando todo contacto con la planta.

Herbicidas incorporados y sistemas de siembra

Una de las malezas más difíciles de combatir en el trópico es el coquito (Cyperus rotundus) que solamente es controlado en yuca por butilate, uno de los herbicidas clasificados como selectivos en el Cuadro 2, y que debe ser incorporado al suelo inmediatamente después de aplicado, debido a su alta volatilidad. La incorporación del herbidida puede presentar un problema en áreas planas y de textura densa donde generalmente la yuca se siembra en caballones, éste tiende a acumularse en ellos reduciendo la tolerancia del cultivo y ejerciendo un control de malezas deficiente en el área entre caballones donde queda una menor cantidad de herbicidas.

Se realizó un ensayo para estudiar este aspecto con tres herbicidas de presiembra incorporados: butilate, EPTC y trifluralina. De cada producto se aplicó e incorporó la dosis recomendada y la doble de ésta. La mitad de cada parcela se sembró en caballones y la otra mitad en plano.

El herbicida EPTC ocasionó más daño a la yuca sembrada en caballones que a la sembrada en plano (Cuadro 3). El butilate se comportó de manera similar pero fue mucho más selectivo, respaldando la clasificación del Cuadro 2. No se presentó daño alguno con trifluralina. Se redujo el control de malezas gramíneas entre caballones confirmado que quedó menos producto en esa zona que en el caballón. El tratamiento comparativo de diuron + alaclor aplicado en preemergencia dió excelente control para ambos sistemas de siembra (Cuadro 3).

En conclusión, se recomienda el butilate para combatir el coquito y el mejor control se obtiene al sembrar la yuca sin hacer caballones. Se debe complementar el control químico con desyerbas manuales o mecánicas cada vez que sea necesario hasta que el follaje haya cerrado, puesto que el efecto residual del butilate es de 30 a 40 días. Además, se puede utilizar trifluralina incorporada, especialmente cuando los problemas principales son malezas gramíneas.

CUADRO 3. Efecto de tres herbicidas de presiembra incorporados sobre el porcentaje de germinación, índice de daño, control de malezas gramíneas y producción de yuca sembrada en caballones y en plano.

Tratamientos	Dosis (kg i.a./ha)	Germinación[1] (%)	Indice de daño[2]	Control de gramíneas (%)	Rendimiento[3] (ton/ha)
Siembra en caballones					
EPTC (PSI)[4]	4,0	75	5,2	73	22,0
EPTC (PSI)	8,0	45	7,7	86	8,4
butilate (PSI)	4,0	77	0,7	36	33,0
butilate (PSI)	8,0	83	3,5	80	30,8
trifluralina (PSI)	1,5	94	1,5	62	35,8
tribluralina (PSI)	3,0	100	0,0	76	35,6
diuron + alaclor (PRE)[5]	0,8+1,5	96	0,5	100	27,9
Testigo	-	94	0,0	0	18,3
Promedio		83	2,3	64	26,5
Siembra en Plano					
EPTC(PSI)	4,0	92	1,5	98	41,7
EPTC(PSI)	8,0	64	1,2	100	33,1
butilate (PSI)	4,0	98	0,0	92	34,2
butilate (PSI)	8,0	79	1,0	96	39,0
trifluralina (PSI)	1,5	96	0,0	88	42,5
trifluralina (PSI)	3,0	94	0,5	93	42,6
diuron + alaclor (PRE)	0,8+1,5	98	0,0	100	36,9
Testigo	-	100	0,0	0	21,4
Promedio		90	0,5	83	36,4

1 60 días después de la siembra
2 60 días después de la siembra : 0 = ningún daño; 10 = muerte
3 10 meses después de la siembra
4 PSI= presiembra incorporado
5 PRE= preemergente

Recomendaciones

Con base en lo anterior y en otros experimentos a continuación se presentan las recomendaciones para el control químico de las malezas en yuca (Cuadro 4). En cada caso se ha tomado en cuenta la efectividad, selectividad, disponibilidad y el costo del producto. Como previamente se ha indicado, casi siempre el control químico es insuficiente hasta que el follaje haya cerrado; por lo tanto se debe estar pendiente del momento oportuno para complementar el control con desyerbas posteriores.

Control integrado

Para desarrollar un programa efectivo de control de malezas a nivel de finca no es suficiente conocer los herbicidas selectivos, ni considerar la yuca como un cultivo de ciclo corto tal como el maíz y la soya. Esto se debe a que el lento crecimiento inicial de la yuca permite el desarrollo vigoroso de las malezas y a que los herbicidas preemergentes en general sólo las controlan por un período máximo de 60 días, en el cual el follaje de la yuca todavía no ha cerrado. Dada esta situación, se estudiaron sistemas de integración: a)herbicidas preemergentes y posemergentes, b)preemergentes y luego desyerbas a mano y c)posemergentes seguidos por desyerbas. Estos métodos fueron comparados con el sistema tradicional de tres desyerbas manuales.

Se encontró que tres desyerbas realizadas oportunamente dieron el mejor rendimiento (31 ton/ha a los 10 meses) seguido por el uso de diuron aplicado en preemergencia más una desyerba manual (27 ton/ha). Los rendimientos más bajos se presentaron cúando a la aplicación de un herbicida preemergente no se adicionó ningún sistema de control, lo cual hace evidente la necesidad de integrar el uso de productos químicos con medidas complementarias.

La desyerba manual posterior a la aplicación preemergente debería hacerse dos o tres semanas antes del cierre del follaje (60 a 75 días después de la siembra en las condiciones de Palmira), pero si la infestación de malezas se presenta antes de esta época, se debe desyerbar cada vez que sea necesario para eliminar la competencia.

CUADRO 4. Recomendaciones para el control químico de malezas en el cultivo de la yuca

Herbicida[1]	Dosis (prod.com./ha)[2]	Epoca de aplicación	Observaciones
fluometuron (Cotoran)	4-5 kg	PRE[3]	La mayoría de las malezas anuales
diuron (Karmex)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
alaclor (Lazo)	4-6 lts	PRE	Excelente para gramíneas
linuron (Afalon o Lorox)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
oxifluorfen	2-4 lts	PRE	La mayoría de las malezas anuales
fluometuron + alaclor	2 kg + 2,5 lts	PRE	Mezcla de tanque
diuron + alaclor	1 kg + 2,5 lts	PRE	Mezcla de tanque
oxifluorfen + alaclor	2 lts + 3 lts	PRE	Mezcla de tanque
trifluralina (Treflan)	2,5-3,5 lts	PSI[4]	Excelente para gramíneas
butilate (Sutan)	5-6 lts	PSI	Para controlar coquito y gramíneas
dalapon (Dowpon o Basfapon)	8 kg	POS[5]	Aplicación dirigida
paraquat (Gramoxone)	2 lts +	POS	Mezcla de tanque; aplicación dirigida
diuron	2 kg	POS	con pantalla

1 El nombre comercial del producto se da en paréntesis

2 La dósis más baja es para suelos livianos y la alta para suelos pesados

3 PRE = preemergencia, antes de la emergencia del cultivo y de las malezas

4 PSI = presiembra incorporado; la formación de caballones después de la incorporación puede reducir el control de malezas

5 POS = posemergencia; se debe agregar un surfactante

Bibliografía

1. CONTROL DE malezas. In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 1972. Cali, Colombia, 1973. pp. 75-80.

2. _____ In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 1973. Cali, Colombia, 1974. pp. 117-124.

3. KASASIAN, L. y SEEYAVE, J. Critical periods for weed competition. Pans 15:208-212. 1969.

4. LEIBER, D. et al. 1979. Recomendaciones para el uso del nuevo herbicida preemergente "GOAL" en yuca. Documento sin publicar. Programa de Prácticas Culturales de Yuca, CIAT. Cali, Colombia

CONTROL CULTURAL DE LAS MALEZAS EN YUCA

Dietrich E. Leihner*
J. D. Doll**

Introducción

El control cultural de malezas se define como cualquier práctica, no mecánica ni química que ayude a suprimir las malezas incrementando la habilidad competitiva del cultivo. Las prácticas que contribuyen a un buen establecimiento y desarrollo del cultivo tales como: Selección de variedades bien adaptadas, uso de semilla de buena calidad y correcta densidad de siembra y la protección del cultivo favorecerán significativamente el control cultural de las malezas. (Doll-1977).

El control cultural de las malezas en el cultivo de la yuca, es difícil durante los primeros 3-4 meses debido al lento crecimiento inicial aunque las prácticas agronómicas sean buenas. Sin embargo es posible el uso de medidas culturales tales como: Coberturas o Cultivos Intercalados.

El presente artículo trata de describir algunas de las medidas de control cultural de malezas en yuca y reportar experiencias y resultados obtenidos.

Prácticas Agronómicas

Calidad del Material de Siembra y Técnica de Siembra

Hay muchas prácticas agronómicas relacionadas con la selección del material de siembra y técnicas de siembra que influencian fuertemente el vigor inicial de la planta de yuca. El material de siembra (estacas) debe ser obtenido solamente de la parte madura pero no lignificada de la planta (Porción media y alta) y debe tener por lo menos 20cms. de largo. Debe hacerse una selección visual de la sanidad de la estaca en cuanto a daños causados por enfermedades e insectos y el material seleccionado debe tratarse sumergiéndolo en una solución que contenga Fungicida, Insecticida, mezcla de micronutrientes (Lozano, et al, 1977). Estas prácticas aseguran alta calidad y buen vigor inicial pero para que este vigor inicial pueda producir un efecto favorable en la competencia con las malezas es necesario complementar estas prácticas con una buena técnica de siembra. Para asegurar una rápida germinación y crecimiento se recomienda la siembra vertical de la estaca ya que la posición horizontal demora la emergencia y reduce el porcentaje de germinación (CIAT, 1979).

*Especialista en Práct. Cult. Programa de Yuca, CIAT.
**Especialista en Control de Malezas. University y Winconsin, Madison, Wis. 53706. U.S.A.

Densidad de Siembra

En un terreno completamente libre de malezas, el cultivo puede utilizar al máximo los elementos nutritivos presentes en el suelo, así como el agua y la luz disponibles; bajo tales condiciones, una población baja de plantas puede rendir tanto como una población mayor (CIAT, 1973). En contraste, cuando se presentan las malezas se espera que las poblaciones altas tengan una mayor capacidad de competencia que las bajas. Se estudió esta interacción sembrando las variedades CMC 9 (de parte baja y ramificada) y M Mex 11 (de parte más alta y no ramificada) en poblaciones de 2.940 a 25.000 plantas /ha. Los resultados se aprecian en la Figura 1.

El control de malezas con herbicidas durante todo el ciclo de crecimiento de la Yuca (Diuron más Alachlor en preemergencia y paraquat dirigido con pantalla en posemergencia) dió los mayores rendimientos para cada variedad y la producción máxima se alcanzó con cerca de 15.000 plantas/ha. Con una o dos desyerbas (el sistema tradicional) la producción máxima se logró con una densidad de 15.000 a 20.000 plantas/ha. para M Mex 11 y de 20.000 a 25.000 para CMC 9 (Figura 1.).

Dos desyerbas manuales fueron casi tan eficaces como el uso de herbicidas. En consecuencia una mayor densidad de siembra contrarestaron la competencia de las malezas, cuando la intensidad de los sistemas de control no fueron suficientemente efectivo. Se deduce que manteniendo el cultivo libre de malezas, sobre todo durante las primeras etapas de crecimiento, se puede a menor densidad y aún así alcanzar la máxima producción. Los rendimientos de la yuca, cuando no se realizó ninguna desyerba fueron supremamente bajos pero aumentaron a medida que la densidad de siembra se incrementó.

Interacción Densidad - Tipo de Planta

Tanto el tipo de planta como la densidad de siembra determinan el número de días que necesita la yuca para cubrir el suelo completamente. Los tipos vigorosos, con tamaño de hoja grande y ramificación temprana obviamente llegarán a un cubrimiento más temprano que otros tipos de planta. En forma similar, con densidades mayores de siembra, se alcanzará un cubrimiento más temprano que con densidades más bajas.

Se estudió la interacción entre tipo de planta y densidad de siembra en un ensayo de campo sembrado en la estación "Caribia" (Costa Norte Colombiana) con 28°C. temperatura anual promedia y una alta presión de malezas. La variedad vigorosa M Mex 59 y la no vigorosa M Col.22 se sembraron en parcelas con 7.500 y 15.000 plantas/ha. Tres niveles de control de malezas fueron establecidas: control completo, control intermedio y sin control.

Los resultados (Figura 2.) indican que la variedad vigorosa fue menos sensible a una deficiencia en el control de malezas que la variedad no vigorosa, debido a la mayor capacidad competitiva de la primera. Con un control de malezas bueno (y otras prácticas culturales adecuadas) el rendimiento de un tipo de planta depende sobre todo de su potencial genético de rendimiento. Consecuentemente, las diferencias debidas a

densidad de siembra son pequeñas. Bajo estas condiciones favorables, el potencial de rendimiento de la variedad no vigorosa no se pudo manifestar plenamente con la densidad de 7.500 plantas/ha.; su respuesta a un aumento en la densidad a 15.000 plantas/ha. fue positivo. Por contrario, el potencial de rendimiento de la variedad vigorosa ya se había realizado con la densidad baja; por lo tanto su respuesta al aumento de la densidad fue negativa. Esta interacción en entre tipo de planta y densidad de siembra se observó en forma similar en el control de malezas intermedio. Sin embargo, cuando el control fue deficiente, las diferencias geno-típicas en el potencial de rendimiento de las dos variedades observadas se redujeron y mayores densidades de siembra como medio de control cultural de las malezas ganaron importancia. El incremento en el rendimiento de raíces frescas alcanzó hasta el 60% empleando la alta en vez de la baja densidad de siembra. Por lo tanto, para reducir las pérdidas de rendimiento cuando se espera un control de malezas deficiente es indicado en primer lugar de incrementar la densidad de siembra y solo como medida secundaria se recomienda cambiar la variedad reemplazándola por una de mayor capacidad competitiva.

Uso de Mulch y Coberturas Verdes

El uso de un mulch frecuentemente se recomienda para el control de malezas, la reducción de la erosión, la conservación de la húmedad del suelo y el mantenimiento de temperaturas bajas en la tizosfera. El uso de diferentes materiales para mulch se investigó en Carimagua y en CIAT. El efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de yuca, el crecimiento de las malezas y la temperatura del suelo se aprecia en la Tabla 1. Tanto en Carimagua como en CIAT., el mulch con paja de maíz dió el mejor resultado, suministrando un buen control de las malezas y una cobertura duradera. Otros materiales que surtieron buen efecto fueron heno de pasto puntero, hojas de caña de azúcar y heno de Stylosanthes guyanensis. Por otro lado, hojas de plátano, kudzu y hojas de yuca fueron menos efectivos debido a su rápida descomposición. El uso de una capa superficial de suelo suelto como "Soil Mulch" no tuvo el efecto esperado.

En CIAT., se evaluaron dos coberturas verdes (Desmodium heterophyllum y Phaseolus vulgaris) junto con un mulch de bagazo de caña y sistemas de control químico y control manual continuo. Las coberturas verdes dieron un control de malezas similar al observado con control manual mientras el bagazo de caña mostró un porcentaje de control alto al principio pero perdió su efectividad pronto similar al herbicida preemergente (figura 3).

El más alto rendimiento de yuca se obtuvo en el control manual con desyerbas a los 22, 40 60 y 115 días después de la siembra, pero este sistema de control también fue el de mayor costo en términos del gasto para mano de obra. (Tabla 2.). El control químico tuvo un costo de mano de obra bajo pero el costo de capital (adquisición del herbicida) fue elevado. El rendimiento de yuca se duplicó con el uso del herbicida preemergente, comparado con el testigo sin control, pero aún fue 30% más bajo que el obtenido con control manual debido a la competencia por las malezas después de que se haya perdido el efecto inicial del herbicida.

Las coberturas verdes se establecieron con relativamente altos gastos tanto de mano de obra como de capital, siendo necesario aún más mano de obra en desyerbas iniciales para el Desmodium heterophyllum ya que demoró más en formar una cobertura que el fríjol. El alto valor de la semilla de ambas leguminosas explica el gasto de capital de estos sistemas de control. Las leguminosas redujeron el rendimiento de la yuca en un 20% lo cual en el caso del fríjol fue compensado por la producción adicional del grano. Bajo el aspecto del costo fue interesante el mulch con bagazo de caña, causando gastos moderado tanto para mano de obra como para capital. El rendimiento de yuca alcanzando un nivel 18% superior al logrado con el herbicida preemergente. Los dos sistemas de control con coberturas verdes aparecen como opciones válidas por su efectividad pero su alto costo solo justifica su empleo cuando la semilla se produce localmente y cuando la mano de obra es familiar.

Cultivo Intercalado con Leguminosas de Grano

En CIAT han sido estudiados sistemas intercalados de cultivos con Yuca y diferentes prácticas de manejo de las malezas. Durante el crecimiento temprano, el peso seco de las malezas fue menor en todos los tratamientos donde la yuca se intercaló con fríjol comparado con yuca de monocultivo. (Fig. 4). Cuando las malezas no fueron controladas en éste estado, la sola introducción del fríjol como cultivo intercalado fue tan eficiente en la reducción del crecimiento de las malezas como la aplicación preemergente de una mezcla de herbicidas[1] un tratamiento de yuca en monocultivo. El resultado del tratamiento "Herbicida solo" no fue diferente al de "Herbicida más desyerba manual" dado que la desyerba manual no se había realizado todavía. A los 90 días después de la siembra la diferencia de estos 2 tratamiento era grande, especialmente en la yuca sola donde el efecto del herbicida preemergente se había perdido y la infestación de malezas era muy alta, mientras que en el tratamiento "Herbicida más desyerbas manual" la cantidad de malezas era muy pequeña tanto en la yuca sola como en la intercalada; esta situación también se observó en el caso del tratamiento "Desyerba Manual continua" debido a la intensidad del tratamiento. (Figura 5)

Sin ningun control de malezas el fríjol, como cultivo intercalado, reducía el peso seco de las malezas hasta en un 50%, 90 días después de la siembra. A traves de observaciones del crecimiento de las malezas se concluyó también que el fríjol intercalado tuvo un efecto residual en el control de malezas. En 3 de los sistemas de control, el peso seco de las malezas 135 días después de la siembra (30 días después de la cosecha del fríjol) era notablemente inferior en los tratamientos sembrados con Yuca y Fríjol intercalados, comparado con yuca en monocultivo (Fig.6). Considerando el rendimiento de la yuca como su resultado del efecto diferencial en el crecimiento de las malezas, se observó que sin control mecánico o químico de malezas el rendimiento de yuca fresca en el cultivo intercalado con fríjol fue 44% superior al de yuca en monocultivo. Esta diferencia se puede atribuir especialmente al efecto del control cultura de malezas efectuado por el cultivo intercalado. Con un buen control de ma

1. 1.0 kg. y 7 l p.c. de Linuron y Fluorodifen por ha. respectivamente.

lezas, la yuca intercalada rinde un 15% menos que la yuca sola (Fig.7). Esta información confirma el efecto estabilizador del rendimiento en el cultivo intercalado y demuestra que usando leguminosas de crecimiento rápido intercaladas con yuca es una práctica eficiente para reducir el crecimiento de las malezas y que con sistemas deficientes de control de malezas se pueden obtener mayores rendimientos con los cultivos intercalados.

CONCLUSIONES

Las medidas de control cultural de malezas discutidos en éste artículo tienen ventajas y desventajas. El control cultural de malezas tales como el uso del establecimiento de coberturas verdes o cultivos intercalados representan una labor más intensiva debido a que se requiere el establecimiento de 2 cultivos al tiempo en vez de uno solo. El control de malezas, con la excepción de algunos casos específicos, puede no ser tan eficiente como el control químico por ejemplo. El requerimiento de un control oportuno, un aspecto crítico en el control de malezas en yuca, puede no ser alcanzado en la misma forma como usando métodos mecánicos o químicos. Sin embargo, el control cultural de malezas no trae problemas ecológicos. Dependiendo del método adoptado y de la disponibilidad local de materiales, el control cultural puede ser de menos costo en términos de compra de insumos. Adicionalmente cuando se usan leguminosas de ciclo vegetativo corto se logra obtener ingresos mucho antes que la cosecha de la yuca.

Son muchas las posibilidades de combinar el control cultural de malezas con otras medidas de control dando al agricultor de escoger el uso de capital o de mano de obra.

Esto adiciona una gran flexibilidad de manejo de las malezas facilitando al agricultor la adopción de un sistema de control que se ajuste mejor a sus necesidades y que le permita obtener buenos resultados desde el punto de vista de la producción y de la economía.

Tabla No. 1. Efecto del uso de Mulch en el rendimiento de raíces de yuca, temperatura del suelo y control de malezas a la cosecha en Carimagua. (cv. M Ven 168) y en CIAT. (cv. M Mex 59) (Ensayo realizado por R.H. Howeler)

	CARIMAGUA			CIAT - PALMIRA	
USO DE MULCH	Rendimiento de raíces ton/ha.	Temp. suelo oC.	Malezas ton/ha	Rendimiento de raíces ton/ha	Temp. suelo oC.
Testigo en control de malezas	10.3 ab*	25	--	24.9 ab	23
Testigo sin control de malezas	8.7 b	28	31.2	23.1 abc	23
Mulch de suelo suelto	8.7 b	27	--	22.3 abc	23
Mulch de hojas de plátano	10.4 ab	28	27.0	--	--
Mulch de plantas de Maíz	12.8 a	26	17.0	27.3 a	22
Mulch de Pasto (H. Rufa)	12.5 a	27	23.5	--	--
Mulch de Kudzú	12.4 a	27	27.5	--	--
Testigo con riego	10.1 ab	29	--	17.9 c	23
Mulch de paja de Arroz				22.9 abc	23
Mulch de hojas y tallos de Yuca				19.1 bc	24
Mulch de hojas de Caña				26.1 a	23
Mulch de Stylosanthes				25.8 a	23

* Tratamientos dentro de cada columna seguidos por la misma letra no son diferentes a P=0.05.

Tabla No.2 Efecto de los sistemas de control de malezas en el costo de desyerbas y en los rendimientos del Frijol. Variedad de Yuca CMC-40 y de Frijol porrillo sintetico. CIAT, 1979.

COSTO CONTROL DE MALEZAS POR ha.

Sistema de Control de malezas	No. de desyerbas Manuales	Mano de obra $ Col.	Capital $ Col.	Rendimiento raíces frescas t/ha.	Rendimiento Frijol ton/ha.
Sin control	---	---	---	12.9	---
Herbicida preemergente[1]	---	200	2.100	23.4	---
Mulch[2] (bagazo Caña)	---	1.200	340	27.6	---
Cobertura verde[3] (leguminosa anual)	2	5.000	6.600	26.8	1.94
Cobertura verde[4] (leguminosa perenne	2	5.800	2.400	26.9	---
Desyerba manual[5] (testigo libre de maleza)	4	9.600	---	33.2	---
C.V. %				13.6	
D.S.				2.97	

1. Afalon & Preforan a 1 Kg y 7 l. del producto comercial por ha. 1 jornal /ha. para aplicación
2. Bagazo de Caña 17ton/ha. 6/ jornales / ha.
3. Frijol negro intercalado 120Kg. de semilla /ha. a Col.$55/kg. 25 jornales /ha. para desyerba inical.
4. Desmodium heterophyllum 4 Kg. de semilla /ha. costo estimado de semilla $col.600 /Kg. 29 jornales/ha. para desyerba inicial.
5. 49 jornales para desyerba manual.

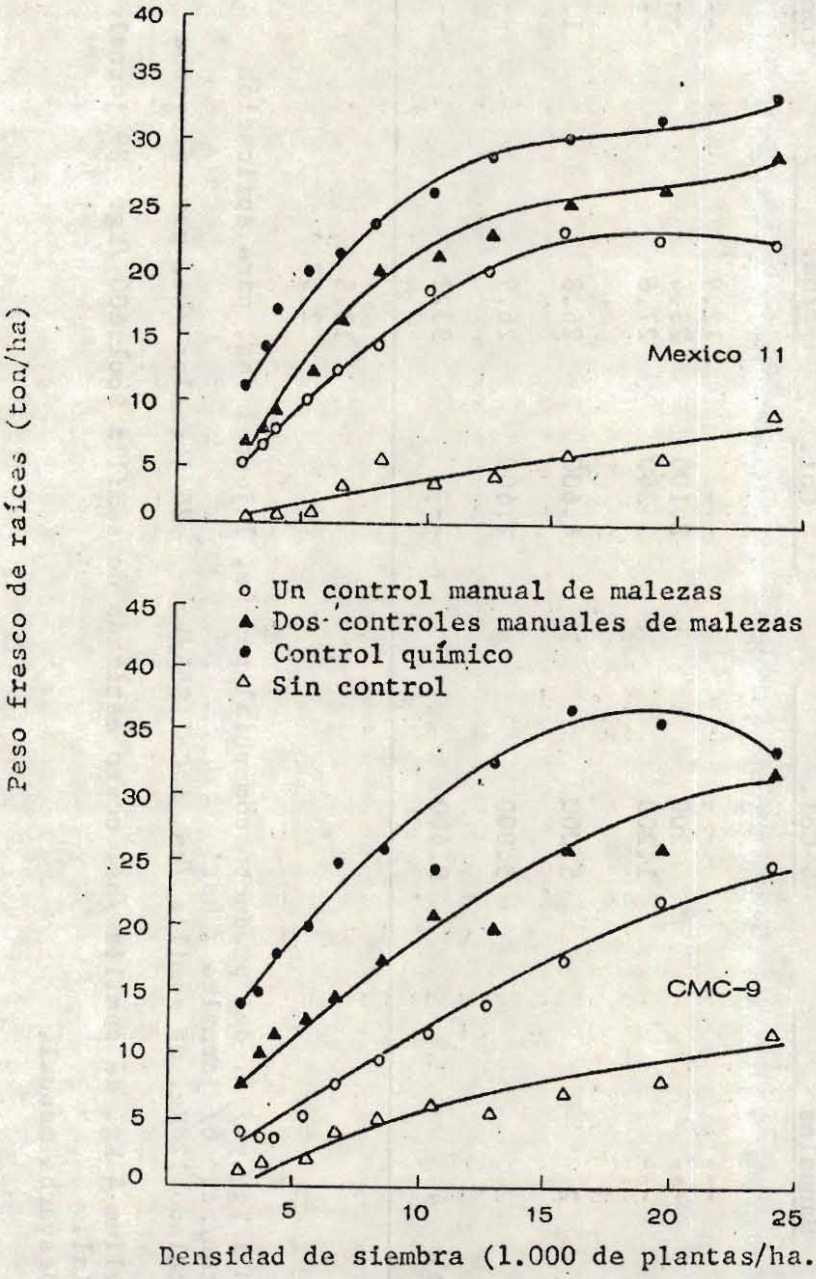


Figura 1. Efecto de la densidad de siembra de la yuca y del sistema de control de malezas sobre el peso fresco de las raíces de las variedades CMC9 y Mex11 a los 10 meses de sembrada.

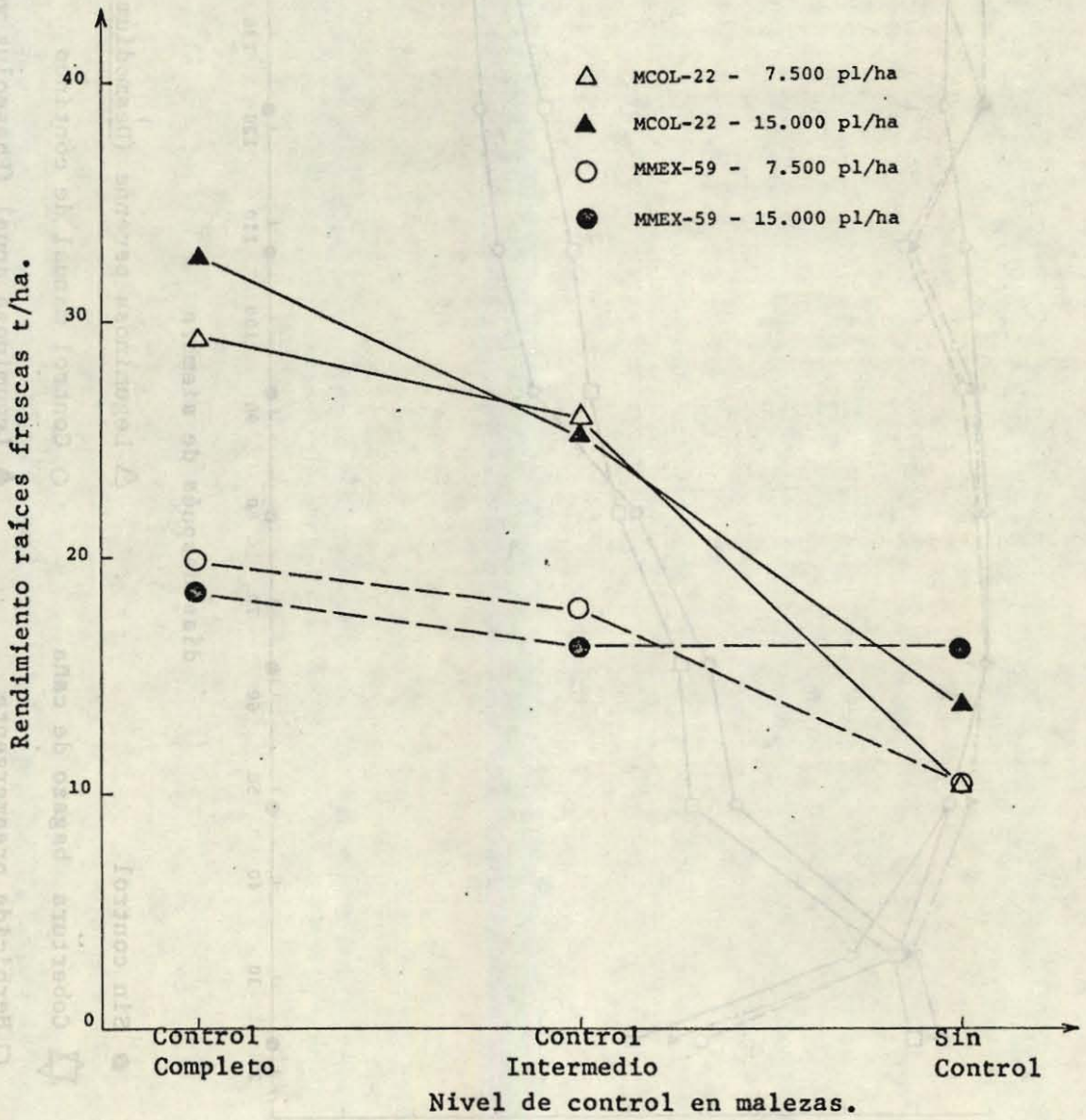
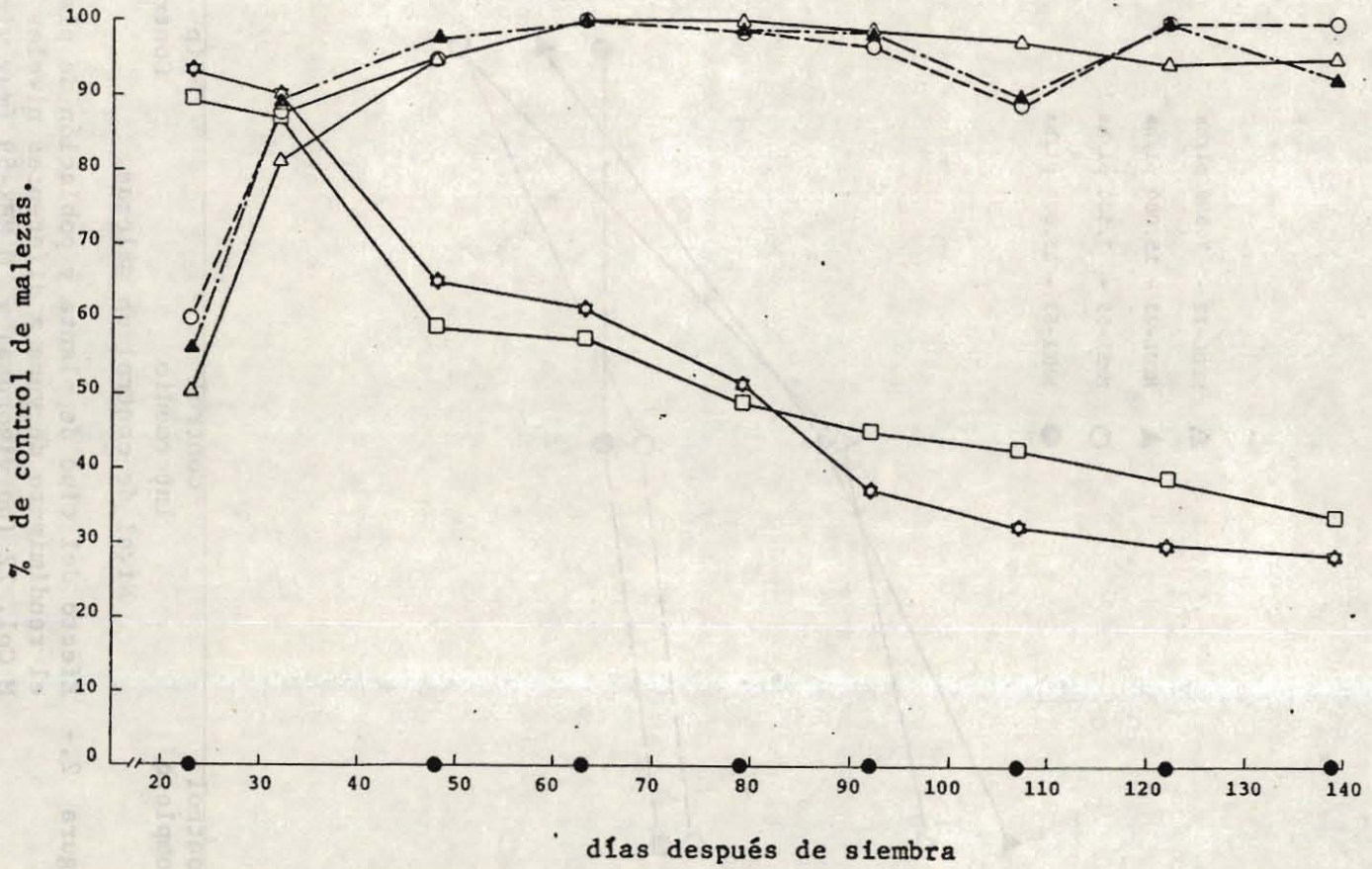


Figura 2.- Efecto del tipo de planta y población de plantas en el rendimiento de yuca a diferentes niveles de control. M Col. 22 (no vigorosa) y M MEX-59 (muy vigorosa) sembradas en ICA-Caribia, 1978-79.

Figura 3.- Calificación visual del porcentaje de control de malezas por medio de diferentes sistemas de control cultural en yuca. CIAT-Palmira, 1978, 1979



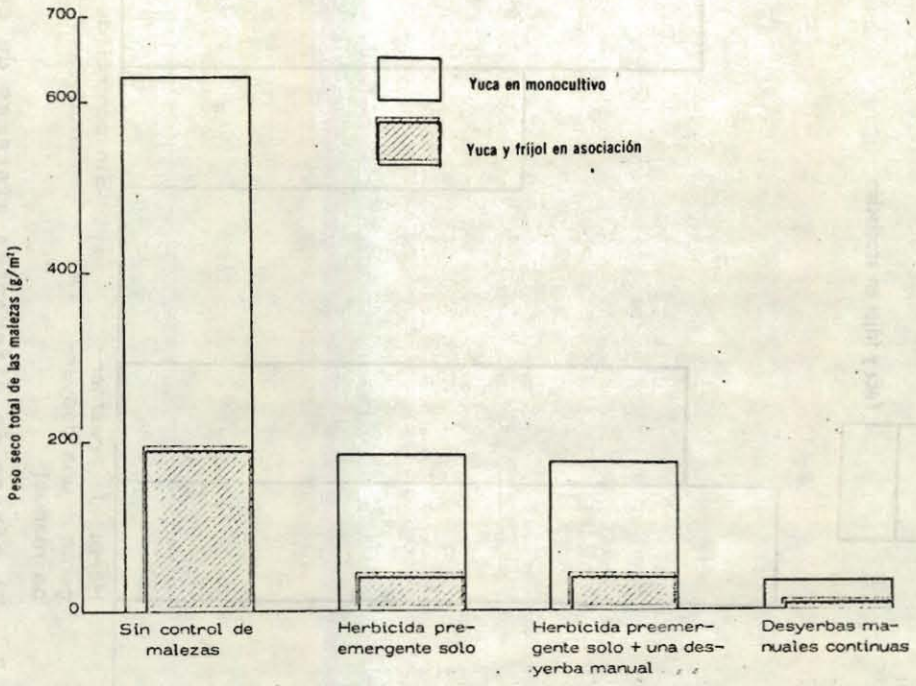


Figura 4. Peso seco total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol, bajo cuatro sistemas de control, 45 días después de la siembra (CIAT, 1978).

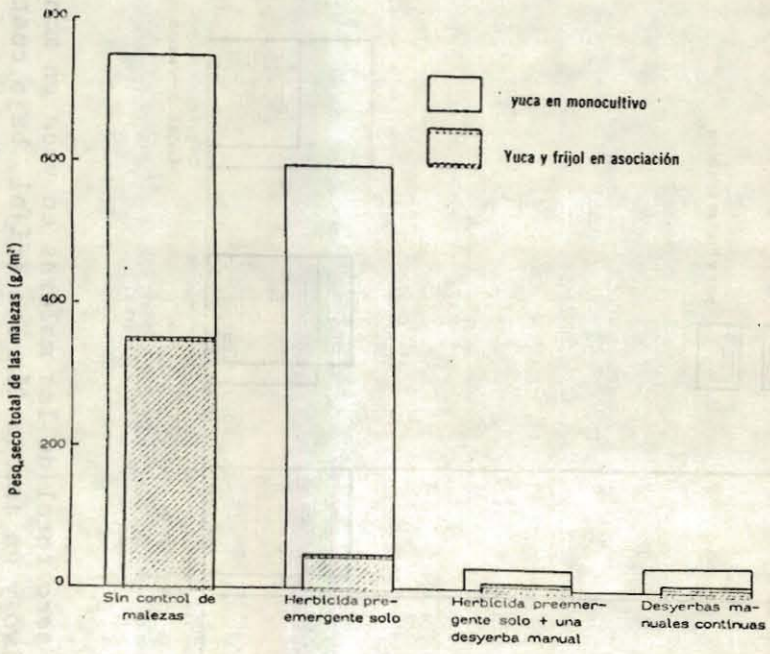


Figura 5. Peso total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol, bajo cuatro sistemas de control, 90 días después de la siembra (CIAT, 1978).

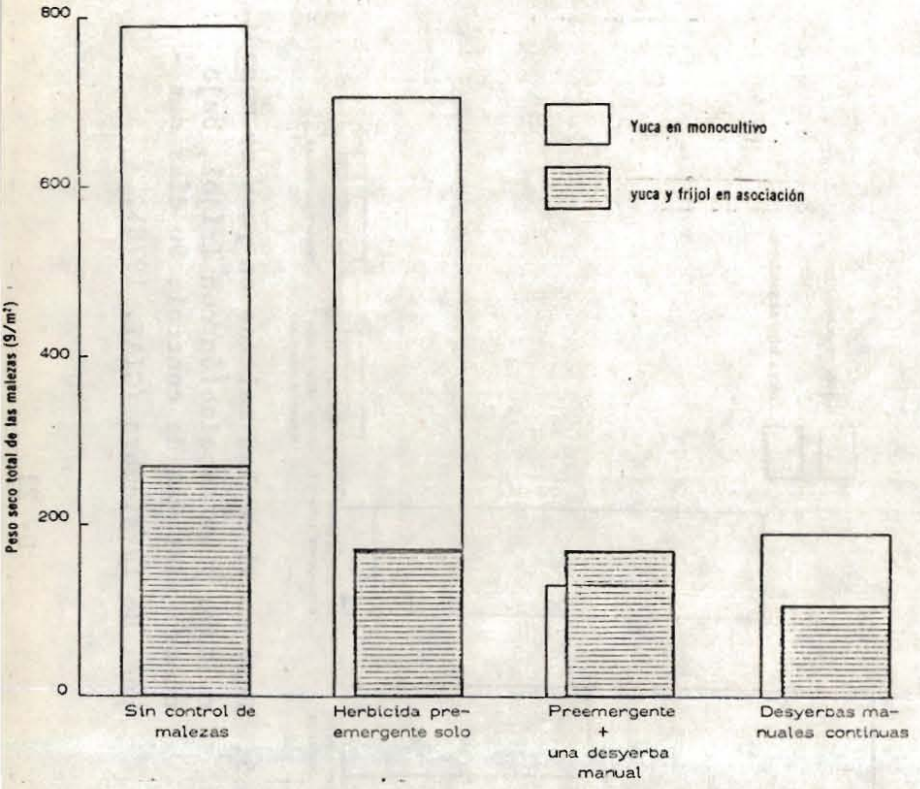


Figura 6. Peso seco total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol, bajo cuatro sistemas de control, 135 días después de la siembra y 30 días después de la cosecha del fríjol (CIAT, 1978).

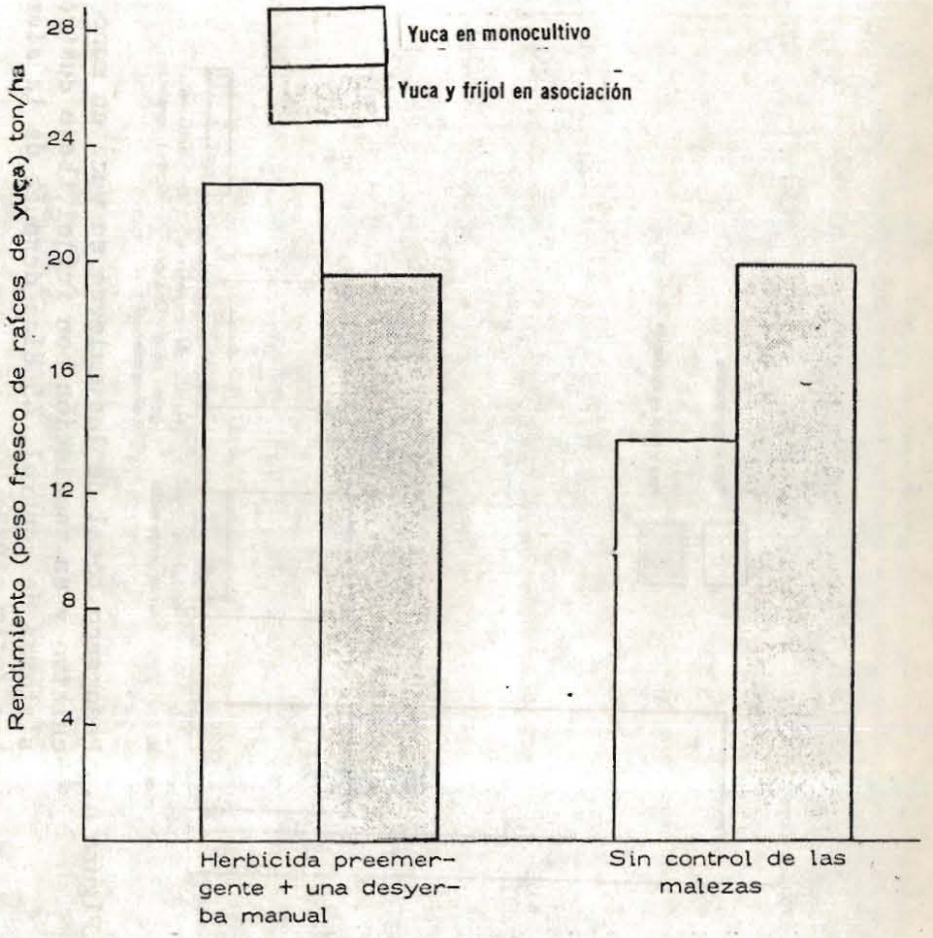


Figura 7. El efecto de diferentes sistemas de control de malezas en la producción de yuca en monocultivo y en asociación con fríjol (CIAT,1978).

LA YUCA COMO CULTIVO PRINCIPAL DE UN SISTEMA DE CULTIVO MULTIPLE[1]

M. Thung
J.H. Cock*

I. Introducción

El cultivo múltiple o cultivo de más de un producto en la misma tierra al mismo tiempo es una práctica común entre los agricultores de los trópicos y subtrópicos. Esta técnica, la cual requiere mano de obra intensiva y a menudo emplea un nivel de insumos bajo a fin de maximizar la productividad de la tierra/unidad de superficie/estación utilizando los recursos naturales - luz, agua y nutrimentos - ha perdurado durante siglos. El rendimiento de cada uno de los componentes en el cultivo múltiple es menor que en monocultivo, pero con este sistema se puede obtener una producción relativamente estable y libre de riesgo. Mediante este sistema de cultivo se produce gran parte de los alimentos para consumo humano en los trópicos. En Colombia, 70 por ciento de los alimentos consumidos se produce en fincas donde se emplea esta práctica cultural (Pinchinat, 1976). Casi todo el fríjol producido en América Latina se obtiene mediante sistemas de cultivo múltiple. Scobie et al. (1974) encontraron que el fríjol producido en sistemas intercalados representaba 85 por ciento de la producción total en Colombia, 50 por ciento en El Salvador, 50 por ciento en México y 80 por ciento en Brasil.

Los sistemas de cultivo múltiple se han sugerido como una posible forma de agricultura para satisfacer la demanda futura de alimentos (Martin, 1970; Sánchez, 1976), toda vez que la producción en monocultivo con una sola cosecha/unidad de superficie/estación es insuficiente para cubrir la demanda futura. Se han estado investigando cultivos viejos y nuevos con potencial genético de alto rendimiento como la yuca. Recientemente la yuca ha emergido de la oscuridad en que se hallaba sumergida en los trópicos y está en camino de convertirse en un cultivo universal. Puede reemplazar hasta cierto punto las plantas aráceas, el ñame y la batata (Martin, 1970). Los cultivares de yuca no han alcanzado hasta ahora su potencial genético máximo (de Vries, 1967; Cock, 1976). La yuca por ser un productor eficiente de almidón tiene un contenido bajo de proteínas y vitaminas. Las leguminosas son una buena alternativa para equilibrar la dieta humana en las regiones donde se consume yuca en grandes cantidades.

1/ El programa de fisiología de la yuca del CIAT es el encargado de llevar a cabo el cultivo múltiple de la yuca

* Fisiólogos, científico posdoctoral y líder del programa de Yuca.

II. Enfasis del Programa de Fisiología de Yuca en CIAT en el estudio del sistema de cultivos intercalados

Es un hecho conocido que en los sistemas de cultivo múltiple el rendimiento de cada uno de los componentes es más bajo pero que el rendimiento total puede ser más alto que en monocultivo. Este es el resultado de las interacciones interespecíficas de los cultivos durante el ciclo de crecimiento. Si comprendemos la interacción entre los cultivos podremos obtener información básica del sistema de cultivo múltiple y con esta información estaremos en condiciones de definir un mejor sistema cultural.

III. Definiciones

Las siguientes definiciones fueron suministradas por Ruttenberg (1971) y modificadas por Sánchez (1976).

Cultivo múltiple

Intensificación del cultivo en cuanto a tiempo y superficie. Cultivo de dos o más productos en el mismo terreno durante el mismo año.

Cultivo intercalado

Cultivo de dos o más productos simultáneamente en el mismo terreno. La intensificación del cultivo se hace tanto en cuanto a tiempo como en cuanto a superficie. Hay competencia entre los cultivos durante parte o todo el ciclo de crecimiento. Los agricultores administran más de un cultivo al mismo tiempo en el mismo terreno.

Cultivo intercalado mixto

Consiste en cultivar dos o más productos simultáneamente sin una distribución en surcos definida.

Cultivo intercalado en surcos

Cultivo de dos o más productos simultáneamente donde uno o más de ellos están sembrados en surcos.

Cultivo intercalado en bandas o fajas.

Cultivo de dos o más productos simultáneamente en diferentes bandas suficientemente anchas como para permitir el cultivo independiente pero lo suficientemente estrechas como para que los cultivos interactúen agronómicamente.

Cultivo intercalado de relevo

Cultivo de dos o más productos simultáneamente durante parte del ciclo de vida del otro. El segundo cultivo se siembra después de que ha transcurrido la primera etapa de crecimiento del primero pero antes de que esté listo para cosechar.

Cultivo en secuencia

Consiste en cultivar dos o más productos uno después del otro en el mismo terreno durante el mismo año. El segundo cultivo se siembra después de que el primero ha sido cosechado. Sólo hay intensificación cultural en cuanto a tiempo. No hay competencia entre los cultivos. Los agricultores atienden un solo cultivo a la vez en el mismo terreno.

Patrón de cultivo

Secuencia anual y distribución dentro de la superficie de terreno del o de los cultivos y del barbecho en una área determinada.

Sistema de cultivo

Los patrones de cultivos empleados en una finca y su interacción con los recursos de la finca, otras empresas agrícolas y la tecnología disponible que determina su composición.

Monocultivo

Cultivo repetido del mismo producto en el mismo terreno.

Rotación de cultivos

Cultivo repetido de una sucesión ordenada de cultivos (o cultivos y barbecho) en la misma tierra. Un ciclo toma a menudo varios años para completarse.

Relación equivalente de terreno (RET)

La relación equivalente de terreno es el área que se requeriría para que la producción total en monocultivo fuera equivalente a la de una hectárea dedicada al cultivo intercalado a un nivel dado de tecnología (sin tener en cuenta los factores de tiempo y precio).

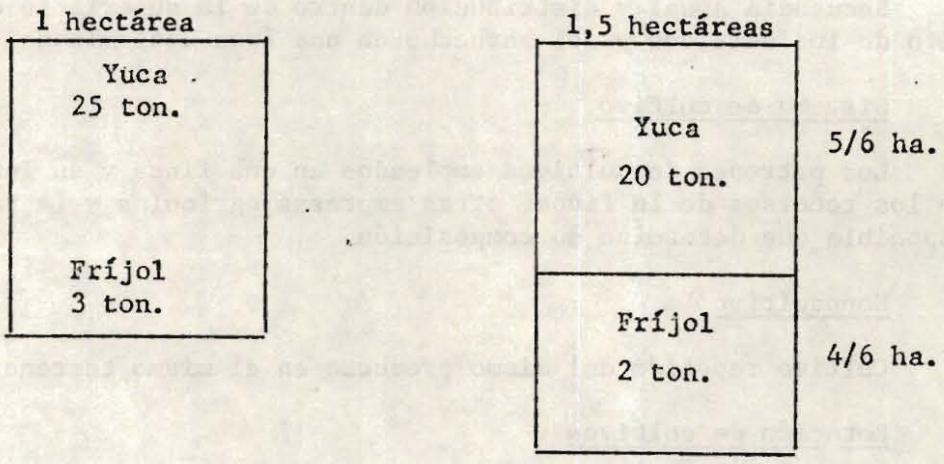
$$RET = \frac{X1}{Y1} + \frac{X2}{Y2} + \ldots\ldots\ldots = \sum_{=1}^{m} \frac{Xi}{Yi}$$

Donde: X es los rendimientos de cada cultivo cultivado en forma intercalada y
Y es el rendimiento en monocultivo del mismo cultivo.

Por ejemplo: cultivo intercalado con fríjol. La yuca y el fríjol en monocultivo rinden 30 y 3 ton/ha., respectivamente. El rendimiento de la yuca en un sistema intercalado fué de solo 25 ton/ha y el de fríjol 2 ton/ha.

La RET se calcula de la siguiente manera:

$$RET = \sum_{1=1}^{2} \frac{Xi}{Yi} = \frac{25}{30} + \frac{2}{3} = \frac{25}{30} + \frac{20}{30} = \frac{45}{30} = 1,5$$



IV. Filosofía del cultivo múltiple

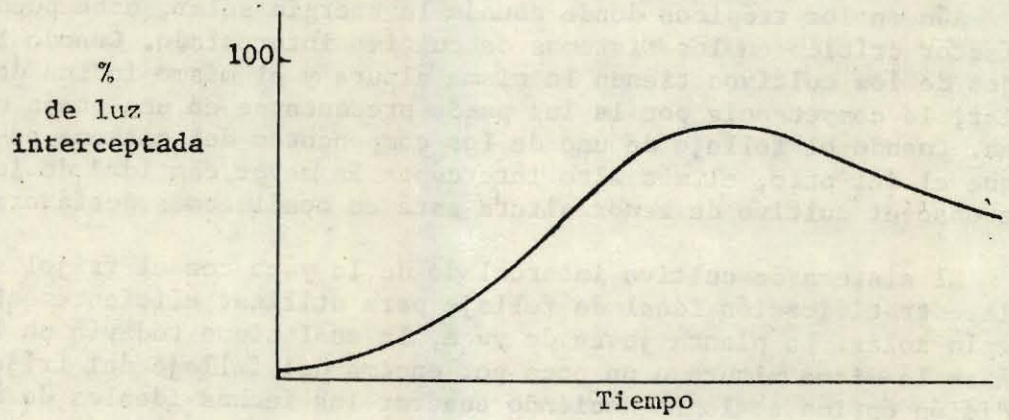
Las plantas se pueden desarrollar durante todo el año en las regiones tropicales debido a la abundancia de energía solar disponible. El ecosistema natural de estas regiones consiste de una cantidad enorme de especies vegetales las cuales conforman una unidad biológica compleja. El agroecosistema de los trópicos es como la naturaleza que lo circunda. Según Harris (1972) este sistema se caracteriza por tener "diversas asociaciones de cultivos dentro de un patrón policultural estructural y funcionalmente interdependiente", a diferencia del agroecosistema de las regiones templadas, el cual es relativamente sencillo y tiende hacia el monocultivo. Holdridge (1959) sugirió que una estrategia con grandes probabilidades de éxito para un agroecosistema tropical sería sembrar " un policultivo que simulará la vegetación natural" lo más cercanamente posible. Los sistemas de cultivos múltiples se pueden definir como ecosistemas simplificados de policultivos de los trópicos.

La introducción del monocultivo en el ecosistema complejo de las regiones tropicales alteraría la estabilidad de este sistema: se ha observado una susceptibilidad permanente a las plagas (Pimentel, 1961 ; Nickel, 1973; van Sneider et al., 1974) y más enfermedades transmitidas por el aire (Soria et al., 1975); por otra parte, la comunidad de malezas cambia para favorecer aquella más agresiva (Bantilas et al, 1973) y la formación de una biomasa total de malezas mayor (Soria, 1975), lo cual significa mucha más competencia para los cultivos por los nutrimentos, el agua y la luz.

El cultivo intercalado de la yuca con fríjol volvería estos cultivos a su estado original y podría ayudar a restaurar el ecosistema equilibrando la proporción plagas/predatores y disminuyendo las enfermedades y los problemas causados por las malezas.

V. Fisiología del cultivo intercalado de la yuca con fríjol

La yuca generalmente se siembra dejando un espaciamiento amplio y la formación de follaje es lenta en las primeras etapas de crecimiento. Además, la formación de follaje puede ser aún más lenta si se cultiva bajo condiciones desfavorables. Esto se puede observar en forma simplificada en la curva de interceptación de la luz de la yuca.



En la primera etapa de crecimiento la yuca no utiliza mucha luz pero tampoco tolera el sombrío ni la competencia (Doll, 1976). La luz disponible se podría utilizar más eficientemente si se aumentara el índice de área foliar (IAF) de las plantas establecidas rápidamente. Hay dos formas de aumentar el IAF en un período corto de tiempo:

1. El incremento de la densidad de población aumenta el IAF rápidamente. Hay un límite a la densidad de población más allá del cual la yuca no puede desarrollarse plenamente debido a la competencia intraespecífica y por lo tanto el índice de crecimiento del cultivo permanece constante (Cock y Yoshida, 1973).

2. Al intercalar la yuca con otro cultivo, éste puede desarrollar totalmente su follaje antes de que la yuca cubra el terreno.

De los seis meses en adelante la yuca pierde las hojas, permitiendo de nuevo que penetre suficiente luz a través del follaje. En este caso se podría sembrar fríjol trepador con la yuca en maduración empleando el tallo de la yuca como soporte. La ventaja de éste método es que no se requieren espalderas artificiales costosas para el fríjol.

VI. Problemas de competencia en el sistema de cultivo intercalado

Las plantas requieren varios factores de crecimiento: luz, gas carbónico, agua y nutrientes. Las hojas absorben el gas carbónico y la luz, y las raíces principalmente el agua y los nutrientes. La competencia entre plantas por estos recursos ocurre en todos los cultivos sembrados a una densidad adecuada desde el punto de vista agrícola, pero en el sistema intercalado se presenta relativamente más pronto que en el monocultivo.

Luz y gas carbónico

Aún en los trópicos donde abunda la energía solar, éste puede ser un factor crítico en los sistemas de cultivo intercalado. Cuando los follajes de los cultivos tienen la misma altura y el mismo índice de área foliar, la competencia por la luz puede presentarse en una etapa muy temprana. Cuando el follaje de uno de los componentes del sistema es más alto que el del otro, el más alto intercepta la mayor cantidad de luz. En este caso el cultivo de menor altura está en condiciones desfavorables.

El sistema de cultivo intercalado de la yuca con el fríjol representa la estratificación ideal de follaje para utilizar eficientemente la energía solar. La planta joven de yuca, la cual tiene todavía un IAF bajo, está en la misma altura o un poco por encima del follaje del fríjol. Esta condición óptima se logra haciendo cuadrar las fechas ideales de siembra para cada cultivo.

La competencia por la luz también puede ocurrir dentro de la misma planta cuando una hoja hace sombra a la otra. Esta competencia dentro de la misma planta se da únicamente en el caso de la luz por cuanto la luz no se redistribuye como los otros recursos (i.e. los nutrientes). Un ejemplo típico es el caso del trigo que se comporta mejor con una aplicación local concentrada de fertilizantes a unas cuantas de sus raíces que cuando se aplica un fertilizante menos concentrado a la totalidad de sus raíces.

Si las condiciones del suelo no son limitantes y los cultivos se encuentran todavía en la fase vegetativa, la fotosíntesis y el índice de crecimiento de sus follajes serán casi porporcionales a la iluminación que éstos intercepten (Stern y Donald, 1962).

El sombrío puede ser muy perjudicial para la producción durante la fase crítica de crecimiento del cultivo. En el caso del fríjol, ésta tiene lugar durante la época de floración. Si la falta de iluminación ocurre durante este período la reducción en rendimiento será de aproximadamente 20 por ciento (CIAT, 1976), en tanto que el sombrío durante los primeros dos meses de crecimiento de la yuca reduce sus rendimientos en un 50 por ciento (Doll, 1976).

La competencia entre los componentes por el CO_2 carece de importancia en un sistema de cultivo intercalado aunque en teoría podría presentarse. La turbulencia dentro del follaje es generalmente tan grande que es muy poco probable que esto ocurra (de Witt, 1965). Más aún, la planta puede utilizar nuevamente el CO_2 producido durante la fotosíntesis mediante la reasimilación (Cock y Yoshida, 1972).

Agua y nutrientes

Las raíces absorben agua y nutrientes del suelo. En la etapa de plántula, las raíces de ambos cultivos se encuentran a suficiente distancia; sin embargo, como la superficie ocupada por el sistema radical puede ser 100 veces mayor que la del vástago (Dittmer, 1937), el suelo se ve invadido rápidamente por las raíces y comienza la competencia. En consecuencia, la competencia entre las raíces puede ocurrir más pronto que aquella entre la parte áerea de las plantas. El agua y los iones de nitrato tienen más movilidad que el potasio y el fosfato (Brasy, 1954). Como su absorción es más rápida, estos nutrimentos se agotan primero que el potasio y el fosfato. Esto quiere decir que la competencia comienza cuando las áreas en que se han agotado ciertos elementos se superponen. No obstante, la competencia entre las raíces individuales y entre el sistema radical del mismo componente puede empezar más pronto. El grado de superposición entre el sistema radical de los componentes determina la intensidad del efecto de competencia.

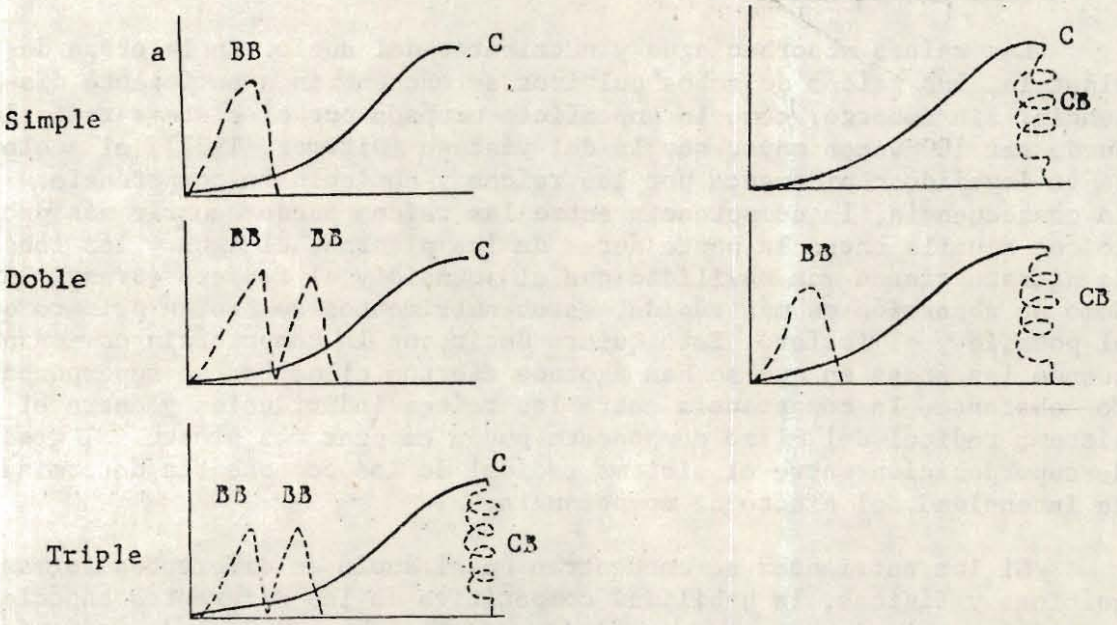
Si los nutrientes se encuentran en el suelo en diferentes formas químicas y físicas, la habilidad competitiva de las diferentes especies estará determinada por su capacidad para utilizar cada una de estas formas. Por ejemplo, el trébol absorbe más potasio que las gramíneas en las praderas combinadas. La yuca necesita mayor cantidad de potasio que otros cultivos y el fríjol requiere más fósforo que la yuca. Estos cultivos requieren diferentes nutrientes para su desarrollo total durante su crecimiento. Es fuera de toda lógica intercalar especies con un requerimiento alto del mismo nutrimento, por ejemplo yuca y batata, sin agregar cantidades grandes de potasio, ya que ambos cultivos requieren un alto nivel de potasio para su crecimiento.

A fin de poder manejar con éxito un sistema de cultivo intercalado es necesario tener un buen conocimiento del patrón de distribución y densidad de las raíces y de los requerimientos de elementos nutritivos de cada uno de los componentes del sistema.

VII. Enfoques para comprender el sistema de cultivo intercalado de yuca y fríjol

El programa de fisiología de la yuca del CIAT inició desde 1976 una serie de investigaciones sistemáticas orientadas a obtener una mejor comprensión del sistema de cultivo intercalado de yuca y fríjol. El objetivo principal es encontrar como intercalar la yuca con fríjol sin reducir los rendimientos marcadamente.

1. Las épocas de siembra están relacionadas entre sí.
2. Combinación de densidad de siembra óptima de los dos componentes.
3. Influencia de los genotipos en el sistema de cultivo intercalado.
4. Competencia por la luz versus competencia por nutrientes.
5. Cultivo intercalado de la yuca con fríjol donde el fríjol se cultiva en secuencia.



VIII. Problemas culturales resultantes de intercalar yuca y fríjol

A. Tipo de suelo y fertilidad

Se recomienda sembrar la yuca y el fríjol en caballones porque ambos no toleran el exceso de humedad. Un suelo que drene a profundidad sería el más conveniente para los dos cultivos. La preparación de los almácigos debería hacerse con más cuidado que cuando se siembra la yuca en monocultivo. El contenido de nitrógeno del suelo puede mejorar gracias a que los nutrientes de los residuos del fríjol se reciclan.

B. Disponibilidad de agua

En los lugares donde no existen instalaciones de riego, como en la mayoría de las fincas pequeñas, la fecha de siembra depende del comienzo de la estación lluviosa. Michel (1973) encontró que el sistema múltiple de cultivo intercalado usa más eficientemente el agua disponible que el monocultivo. Probablemente sucede lo mismo con la utilización de fertilizantes. La cantidad total de agua puede ser mayor pero la eficiencia en términos de cantidad de agua utilizada/unidad de producción será menor.

C. Material de propagación

Yuca: Es aconsejable que los cangres de yuca tengan un índice de germinación alto ya que en cultivos intercalados es muy difícil resembrar sin afectar las plantas de fríjol.

Los cultivares de yuca de ramificación tardía, como M Mex 11, M Mex 17, M Pan. 70, son preferibles toda vez que compiten menos por el espacio y facilitan la cosecha del fríjol. Los cultivares de yuca con mucho follaje harían mucho sombrío al fríjol. Aun cuando el fríjol no compite muy activamente se deberían emplear variedades de yuca de alto rendimiento. La selección de genotipos es una necesidad urgente, a pesar de que es difícil predecir si la planta de yuca desarrollará totalmente su potencial de rendimiento en un sistema de cultivo intercalado.

Fríjol: Para intercalar con la yuca se deben escoger variedades de fríjol tolerantes a la sombra. El período crítico durante el cual el fríjol necesita más luz es la época de floración. En el CIAT (1976) se registró una disminución de 20 por ciento en los rendimientos debido al efecto del sombrío durante este período, ya que la yuca era un poco más alta que el fríjol. La línea P 302 parece ser la más tolerante en este sentido, pero desafortunadamente es muy susceptible a otros problemas.

El fríjol es más susceptible a las enfermedades y a las plagas que la yuca; por consiguiente, se debe evitar el uso de cultivares de yuca susceptibles a los insectos y a las enfermedades más comunes. Por ejemplo, los nemátodos afectarán primero el fríjol y posteriormente la yuca.

D. Control de malezas

A fin de obtener un rendimiento máximo, es necesario mantener la yuca o el fríjol libre de malezas hasta que el follaje haya cerrado completamente. El follaje de la yuca en monocultivo necesita de 2,5-3,5 meses para cerrar y cubrir la tierra (CIAT, 1974).

La introducción de fríjol entre los surcos de yuca aumenta la capacidad para cubrir la tierra más rápidamente y por consiguiente la capacidad de los cultivos para competir con las malezas. Al aumentar la velocidad de cubrimiento del follaje no sólo se eliminan las malezas sino que se utiliza la luz más eficientemente.

Tratar de desyerbar un cultivo intercalado es muy difícil por cuanto son dos cultivos en lugar de uno en el mismo terreno. Para evitar la desyerba posterior a la emergencia, es necesario aplicar herbicidas preemergentes durante el tiempo comprendido entre la germinación y la formación de un follaje bien tupido. Estos herbicidas se deben seleccionar cuidadosamente porque rara vez un mismo herbicida es suficientemente selectivo para dos cultivos. Lazo (alaclor) ó Karmez (diurón) son herbicidas excelentes aplicados a cultivos de yuca después de la siembra, pero son perjudiciales para el fríjol. La textura del suelo también puede influír en la selectividad de determinados herbicidas.

Hay que evaluar los herbicidas antes de usarlos. Bajo las condiciones del CIAT se han obtenido buenos resultados empleando la siguiente mezcla: 1 kg. de Afalon (Linurón) más 7 litros de Preforan (Fluorodifen) en 200 litros de agua; esta cantidad es suficiente para asperjar una hectárea. Para los suelos menos pesados se recomienda emplear una dosis de 3 litros/ha. de Treflan (Trifluralina), ya que la mezcla anterior podría ser fitotóxica para el fríjol si después de la aplicación de la misma se presenta una lluvia fuerte.

E. Control de insectos

Como el ciclo de crecimiento de la yuca es más largo que el del fríjol (un año ó más), ésta se puede recuperar del ataque de plagas cuando las condiciones climáticas son favorables durante la estación lluviosa. Por consiguiente, los insectos no son tan perjudiciales para la yuca como para el fríjol. Las observaciones visuales han demostrado que en los sistemas de cultivo intercalado hay una infestación menor de insectos que en monocultivo debido a un mejor equilibrio de las plagas.

Las aplicaciones de insecticidas al azar pueden alterar completamente el equilibrio natural de las poblaciones insectiles y el mecanismo natural de control de plagas. La infestación de plagas es mayor en el fríjol que en la yuca, especialmente durante la estación seca. En consecuencia, se debe observar principalmente el follaje del fríjol en busca de insectos. Algunas de las plagas más importantes del fríjol son:

1. Empoasca Kraemeri, el cual se puede controlar con Azodrín (300-400 c.c./ha.).

2. El Cucarroncito Verde del Follaje, el cual se puede controlar con 400-600 c.c./ha. de Diostops; y

3. Los Acaros rojos y verdes para los cuales se emplea Kelthane o Tamaron de acuerdo con las dosis recomendadas.

Empoasca, un insecto que ataca ambos cultivos, no ha sido observado hasta ahora; éste causa daño severo únicamente al fríjol.

F. Control de enfermedades

La yuca y el fríjol son atacados por las mismas enfermedades, ataques que pueden ser de consecuencias funestas durante la estación lluviosa. El cultivo intercalado podría favorecer el desarrollo de la enfermedad en uno de los cultivos al cambiar el ambiente o microclima de las plantas. El fríjol es mucho más susceptible que la yuca a las enfermedades, particularmente durante la estación lluviosa. Las dos enfermedades principales son:

1. Añublo bacterial (Xanthomonas phaseoli)

El ataque del añublo bacterial puede ser severo durante la época lluviosa. Como medida preventiva se puede emplear una dosis de 1 kg/ha. de Koccide 101 y en caso de ataque severo, 2 kg/ha. Esta aplicación no sólo protege el fríjol del añublo bacterial sino que protege la yuca contra el superalargamiento (Sphaceloma manihoticola).

2. Nemátodos (Meloidogyne)

Los nemátodos pueden infestar tanto el fríjol como la yuca. Existen productos para controlar esta enfermedad pero todavía son muy costosos y están fuera del alcance del agricultor. La mejor forma de prevenirla es mediante la rotación de cultivos.

Otras enfermedades comunes a ambos cultivos son: Rhirodomo spp., Sclerotium rolfsii, Sclerotinia scleroteorum. Aún no ha sido evaluada la importancia de estas enfermedades en los sistemas de cultivos múltiples.

REFERENCIAS

BOLHUIS. G.G. 1966
Influence of length of the illumination period on root formation in cassava (Manihot utilissima Pohl).
Netherlands Journal of Agricultural Sci. 24(4): 251-254.

BRADFIELD, R. 1970
Increasing food production in tropics by multiple cropping.
In Research for the world food crisis; a symposium Washington D.C. American Association for the Advancement of Science, 1970 pp 229-242.

BRAY, R.H. 1954. A nutrient mobility concept of soil plant relationship
Soil Sci. 78: 9-22.

CIAT 74. 1976 - Centro Internacional de Agricultura Tropical. Annual Report.

COCK, J.H. 1976.
Characteristics of high yielding cassava varieties.
Expl. Agric. 12: 135-143, 1976.

COCK, J.H. and S. YOSHIDA 1972.
Accumulation of 14C labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant.
Proc. of the Crop Sci. Soc. of Japan. Vol XXXXI, 226-234, 1972.

F COCK, J.H. and YOSHIDA 1973.
Photosynthesis, crop growth and respiration of tall and short rice varieties Soil Sci. Plant Nutr. 19(1): 53-59.

COCK, J.H. & C. ROSAS. 1975
Ecophysiology of cassava. Paper presented to Intern Symposium on Ecophysiology of tropical crops. Manaus Brazil 1: 1-14.

DITTMER, H.J. 1937.
A quantitative study of the roots and root hairs of a winter rye plant (secale cereale).
Am. J. Bot. 24: 417-420.

DOLL, J.D. & W. PIEDRAHITA. 1976.
Métodos de control de malezas en yuca
CIAT publication. Serie ES-21, 1976.

JENSEN, M.E. 1961.
Double cropping makes better use of rain and land.
Crops and soils, Vol 13:7. April May.

JONES, W.O.
Manioc in Africa,
Stanford University Press. Stanford, p. 315

KRANTZ, B.A., J KAMPER & ASSOCIATION 1976.
Annual Report of the Farming Systems research program 1975-1976 (an informal report) ICRISAT.

KUNG, P. 1976.
Farm crops of China. 4 factors influencing multiple cropping.
World crop. Vol 28 (N:1): 40-44, 1976.

LOWE, S.B., J.D. MAHON & L.A. HUNT. 1976.
The effect of daylength on short growth and formation of root tubers in young plants of cassava.
Plant Sci. letter 6(1976): 57-62.

MARTIN F.W. 1970.
Cassava in the world of tomorrow.
In: Intern. Symp. Tropical Root and Tuber Crops. 2nd. Honolulu and Kapaa, Hawaii.
p. 53-58

MICHEL A.M. 1973.
Increasing water use efficienty on multiple croppings.
Agricultural mechanization in Asia. 4(1):105, 113-117. 1973.

IKIGBO, B.N. & D.J. GREENLAND 1976.
Intercropping systems in tropical Africa. Multiple cropping.
In: Proceedings of a symposium p. 90 (63-101).

SANCHEZ P.A. 1976.
Multiple cropping: An appraisal of present knowledge and future need.
In: Asa special publication-number 27: 373-378.

STERN, W.R. & C.M. DONALD. 1962.
The influence of leaf area and radiation on the growth of clover
Aust. J. Agric. Res. 13: 615-623.

VRIES C.A. de., FERNEDA J.D. AND FLACH M. 1967.
Choice of food crops in relation to actual and potential production in tropics.
Neth. of Agric. Sci. p. 241-248.

Sección E
Edición Preliminar

MEJORAMIENTO

1583
Genética, Citogenética, Estructura Floral y técnicas de hibridación en yuca — E- 1 - 13
C. Hershey, A. Amaya

1584
Germoplasma de Yuca: Evolución, Distribución y Colección — E-15 - 25
C. Hershey, A. Amaya

1594
Mejoramiento genético de la yuca para productividad — E-27 - 48
K.K

1598
Influencia del ecosistema en las estrategías del mejoramiento genético de la yuca — E-49 - 65
Lòzano, Byrne, Bellotti

1371
Cultivo de tejidos en yuca — E-67 - 77
Roca, W.

Método para determinación de contenidos de materia seca y almidón en la yuca por el sistema de gravedad específica — E-79 -

GENETICA, CITOGENETICA, ESTRUCTURA FLORAL Y TECNICAS DE HIBRIDACION DE LA YUCA

Clair Hershey*

Alvaro Amaya **

Genética y citogeneticamente la yuca es uno de los cultivos menos conocidos. En los últimos años se han acumulado conocimientos en muchos otros aspectos pero se puede profundizar un poco más en lo relacionado a su genética y citogenética lo cual podría ser de gran ayuda en el mejoramiento genético del cultivo. Este artículo presenta un resumen de los conocimientos a cerca de la genética, citogénetica, descripción de la estructura floral, hábito de floración y técnicas de hibridación de la yuca.

Sistema de Mejoramiento de los Cultivos

Las plantas que producen flores se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con su sistema de mejoramiento. En el primer grupo están las especies que se autopolinizan. Para estas especies las plantas individuales dentro de una población son homocigotas en la mayoría de los locus. Entre los rasgos más importantes estan una poca disminución del vigor originado por el efecto de consanguinidad y de que una vez una planta llega a ser homocigota esta se puede propagar indefinidamente por medio de semilla sin ningún cambio en su estructura genética.

El segundo método incluye cultivos que tienen polinización cruzada. Para cada planta se mantiene un alto grado de heterocigosis. La consanguinidad origina una marcada pérdida del vigor. En muchos casos varios mecanismos tales como la auto incompatibilidad fisiológica, monoecia, dioecia, protoginia y protandría han evolucionado para dar origen a la polinización cruzada.

Tercero, algunas especies son intermedias estre auto-polinizados y de polinización cruzada. La polinización cruzada ocurre cuando los medios que la favorecen están presentes aunque la autopolinización también ocurre frecuentemente. Generalmente la consanguinidad no causa mucha perdida de vigor.

La yuca pertenece a la segunda categoría. Los conocimientos que hay sobre esta materia indican que la yuca es altamente heterocigota. Esta conclusión, se basa principalmente en dos criterios. Primero, cuando se presenta autopolinización hay una drástica reducción del vigor en sus progenies hasta tal punto de que muchas plantas no pueden sobrevivir más de una generación de autopolinización (Kawano et al,1978). Segunda, la segregación que se observa en los caracteres morfológicos y en otros rasgos, cuando se cruzan dos clones distintos,es muy amplia indicando así que los genes son heterocigotes en muchos locus.

Genética y Citogenética de la Yuca.

Todos los cultivares de yuca asi como las especies silvestres hasta ahora estudiadas tienen un número de cromosomas de 36 (Graner, 1935; Perry, 1943; Hartman, 1973; Nassar, 1978). Usualmente el número básico de cromosomas en la familia de las Euforbiaceas es de ocho y el cincuenta por ciento de las especies es poliploide. Magoon et al (1969) estudiaron el complemento ciomofomico del paquiteno para un cultivar de yuca. En base a la morfología de los cromosomas determinaron un idio - grama del juego haploide de cromosomas. Identificaron seis juegos de cromosomas duplicados y tres tipos de cromosomas nucleares con lo **cual** catalogan a la yuca como poliploide. A partir de las diferencias presentes en los otros cromosomas y de la morfología de los cromosomas nucleares concluyeron de que esta especie es más alopoliploide que autopoliploide.

Umanah y Hartman (1973) comparando los kariotipos de M. esculenta y M. glaziovii encontraron similitudes morfológicas, especialmente en su longitud media, rango de longitudes, posición del centrómero y número de satélites. Consideraron el kariotio de naturaleza asimétrica, lo cual es una característica de las especies más avanzadas desde el punto de vista evolutivo. Las anormalidades meióticas no son escasas. Estas consisten principalmente de cromosomas demorados en su desplazamiento hacia los polos durante la anafase, bivalentes mal orientadas y de anormalidades en la segunda división meiótica (Moh, 1966). Sin embargo, estas ocurren solamente en un porcentaje muy bajo y tienen poco efecto en la fertilidad.

Las aberraciones relacionadas con la floración en un cultivo de propagación vegetativa tal como la yuca es de esperarse que sean co - munes puesto que la floración y la producción de semillas no ejercen ninguna función en la propagación normal de este cultivo. La esterilidad masculina es común y esta puede ser de dos tipos: que las flores aborten antes de alcanzar madurez o cuando las flores maduran pero las anteras no producen polen (Kawano et al. 1978). Sin embargo la genética de la esterilidad masculina no ha sido aún estudiada.

Los estudios genéticos en yuca han sido hasta ahora más bien escasos debidos en parte a la dificultad de conformar un esquema de cruzamiento que se ajuste a cualquiera de los diseños sistemáticos comunmente utilizados. Los distintos cultivares varían mucho en el número de frutos y en la época de floración. Aún más, la posible naturaleza poliploide de la yuca complica las interpretaciones.

Así mismo, se han identificado genes marcadores para tres características. Estudios hechos por Graner (1942) y Jos y Hrishi (1976) demostraron que la segregación presentada por los caracteres ancho y angosto en los lóbulos de las hojas están controlados por un solo gene. Aunque la edad y el ambiente afectan la anchura del lóbulo los cultivares se pueden ubicar fácilmente en cualquiera de estas dos clases. Los resultados indicaron que los lóbulos angostos son dominantes y los anchos, recesivos. La coloración roja y verde de las venas de las

hojas también ha sido usado como un gen marcador, pero el número de genes que la controla aún no ha sido estudiada (Kawano et al, 1978). Finalmente, Graner (1942) estudiando la coloración de las raíces encontró que el color oscuro es dominante sobre el blanco.

Estudios preliminares de varios caracteres agronómicos y resistencia a insectos han indicado que estos están controlados por muchos genes. La resistencia a la enfermedad del mosaico africano (CMD) fué reportada por Doughty (1958) y Jennings (1970) como de naturaleza multigénica. Esto fue luego confirmado por Hahra y Howland (1972) en evaluaciones con cerca de 10.000 plantas segregantes y 72 familias. La resistencia mostrada en un cruce dialélico fué también de naturaleza recesiva y de una heredabilidad de aproximadamente del 60% (Hahn et al, In Press). Un poco más tarde, Jennings (1976) estudiando la resistencia al mosaico africano (CMD) y a la enfermedad del veteado oscuro (CBS) observó que en ambos casos la resistencia es heredada predominantemente de una manera aditiva aunque no hay dominancia significativa para la resistencia al mosaico africano (CMD). La resistencia a la bacteriosis de la yuca (CBB) ha sido mostrado en forma tentativa de que es controlada por muchos genes actuando en una forma aditiva (CIAT, 1978). También experimentos de campo han mostrado que existe resistencia multigénica no específica de una raza y que debe ser utilizada en programas de mejoramiento (CIAT, 1979).

Características tales como rendimiento total por planta, índice de cosecha (proporción entre el peso de raíces y el peso total de la planta), materia seca de la raíz, deterioro de las raíces después de la cosecha han mostrado un alto coeficiente de regresión entre progenitores y progenies, indicando asi un efecto aditivo de los genes para tales rasgos (CIAT, 1975, 1976). El contenido de HCN en las raíces parece que está regulado por un gen recesivo menos complejo (Hahn, et al, In Press).

Hábito de Floración y Estructura de la Flor

La yuca es una especie monoica que posee flores estaminadas y pistiladas en la misma inflorescencia. La floración siempre está acompañada con la ramificación del tallo, de tal manera que los cultivares que no ramifican, no florecen. Las plantas florecen preferencialmente durante los días cortos del año (Jennings. 1970). Sin embargo, el efecto de la temperatura y su interacción con la duración del día no ha sido aún bien documentada.

Las flores masculinas son terminales y las femeninas se encuentran en la parte basal de la inflorescencia. El hábito de floración es protogineo, es decir, las flores femeninas abren una o dos semanas antes de las masculinas. Este es un mecanismo que favorece la exogamía. Generalmente en la misma inflorescencia se encuentran pocas flores femeninas y muchas masculinas (Fig. 1).

En la flor femenina el perianto es pentalobulado y el pistilo presenta un anillo basal (Fig. 2). El ovario es trilocular, esférico con un estigma en forma de cabeza con tres lóbulos. En cada lóculo hay un óvulo penduloso, anatropo con una rafe ventral y el micrópilo dirigido hacia arriba. En la punta del tegumento interno se forma un tejido suave, la carúntula, que cubre el óvulo.

Las flores masculinas tienen el perianto en forma de copa con cinco lóbulos imbricados que circundan un disco glándular de 10 lóbulos (Fig.3). Las anteras están distribuidas en dos niveles, en la parte interna cinco anteras pequeñas con filamentos cortos encurvados hacia el centro y cinco más largas con filamentos sobresalientes. Los estambres pequeños están opuestos a los lóbulos del perianto mientras que los más grandes alternan con estos. Las anteras están adheridas en la parte dorsal de cada filamento y se abren en ranuras longitudinales. El polen sale de las anteras 2 a 2.1/2 horas antes de que las flores abran y la dehiscencia total finaliza muy pronto, generalmente antes de que la flor abra totalmente. Los granos de polen son grandes, esféricos y muy poca cantidad en cada saco. El polen es pegajoso y aparentemente la polinización se lleva a cabo por los insectos. El polen seco permanece viable por cerca de seis días (Chandraratna y Nanayakkara, 1948).

Técnicas de Hibridación

El tamaño relativamente grande de las flores junto con la manoecia y protoginia presentes en la yuca hacen que la polinización controlada sea fácil. Generalmente las flores femeninas y masculinas de la misma rama nunca abren simultáneamente pero si es común que flores tanto femeninas como masculinas de diferentes ramas de la misma planta florezcan al mismo tiempo. Esto ocurre generalmente en las horas del medio día (Fig. 2 y 3). Con un poco de práctica y basados en el color y forma de la flor es posible predecir qué flores femeninas abrirán en el mismo día. Un método más efectivo es desprender uno de los pétalos de una flor que aún no esté abierta. La presencia de una gota de néctar en la base del pétalo indica que la flor abrirá el mismo día (Fig.4).

Cuando se van a efectuar las polinizaciónes las flores escogidas para ello se cubren con bolsas de tela (20x25 cms) en la mañana del día que se va a realizar el cruzamiento con el objeto de protegerlas de polen extraño después de que abran (Fig. 5). Las flores masculinas próximas a abrir en ese mismo día se colectan por la mañana y se depositan en frascos de plástico o de vidrio identificando el nombre de la variedad (Fig. 6). Dentro del frasco éstas abrirán en las horas del medio día.

La polinización se lleva a cabo descubriendo las flores femeninas y frotando suavemente las anteras con el polen sobre el estigma (Fig.7). Con una flor masculina se pueden polinizar tres femeninas. Luego de esto las flores polinizadas se identifican con tiquetes en los cuales se anota el cruzamiento, la fecha y el número de flores polinizadas (Fig. 8). Las flores femeninas que no han abierto el momento de hacer la polinización se eliminan con el fín de evitar posteriormente confusiones con las que han sido polinizadas.

La información de todos los cruces de un día se tabulan en un formato y más tarde se pasa a un sistema de tarjetas 3 x 5. De esta manera se pueden organizar los cruces primero por padre femenino y después por el recíproco siguiendo un órden alfabético para cada país y el número del clon. Esta información se puede pasar fácilmente al computador para tener fácil acceso a la información de las hibridaciones y más que todo para una mayor organización.

Las flores polinizadas se pueden cubrir inmediatamente con una bolsa de tela o papel o bien dejarse descubiertas (Fig. 9). En las flores que se dejan sin cubrir después de polinizar, el porcentaje de frutos formados frecuentemente disminuye y además parece que no hay mucha contaminación en las flores que se dejan a libre exposición (Kawano et al, 1978). Sin embargo después de dos semanas los frutos se deben cubrir para prevenir ataque de la mosca de la fruta y también para recoger las semillas cuando los frutos abran. Los frutos alcanzan su madurez a los tres meses después de la polinización. El fruto es globular de un diámetro aproximado de dos centímetros y con seis alas muy delgadas y angostas (Fig. 10). La cápsula es dura y con tres lóculos cada uno de los cuales contiene una semilla (Fig. 11). Las semillas son elípticas, de color negro o gris o de ambos. La cubierta gruesa y dura.

Almacenamiento y Germinación de la Semilla

Las semillas se empacan en sobres pequeños identificando los padres, fecha de cosecha de los frutos, número de semillas y el código del cruzamiento (Fig. 12). Con respecto a las condiciones óptimas de almacenamiento de la semilla de yuca hay muy poca información. Bajo condiciones ambientales de laboratorio, la germinación disminuye drásticamente después de dos años.

Martín y Ruberte (1976) encontraron sin embargo que el almacenamiento en seco (en cloruro de calcio) en condiciones de laboratorio produce buena germinación aún después de almacenar las semillas más de dos años. Estas condiciones de almacenamiento fueron superiores al almacenamiento a 3- 4°C. En el IITA, Nigeria (IITA, 1979) en estudios de germinación de semillas que han sido almacenadas por más de siete años a 5°C y 60 % de humedad relativa, no se encontró ninguna diferencia en la viabilidad de las semillas entre 0 y 7 años de edad.

Durante la germinación la radícula sale a traves del micrópilo y origina las raíces, a su vez el hipocotilo se encurva y se alarga permitiendo asi, que los cotiledones emerjan de la semilla.

Se ha sugerido una temperatura alternada de 25°/35°C como una de las mejores condiciones para la germinación de semilla de la yuca. Los resultados indican que con estas temperaturas se obtienen mejores resultados para las semillas que han sido almacenadas en diferentes períodos que para una temperatura óptima constante de 35°C (Ellis y Roberts , 1979).



Fig. 1 Inflorescencia con flores femeninas y masculinas



Fig. 2 Flor Femenina



Fig. 3 Flor Masculina



Fig. 4 Flor femenina con néctar en la base del pétalo, indicando que la flor está próxima a abrir

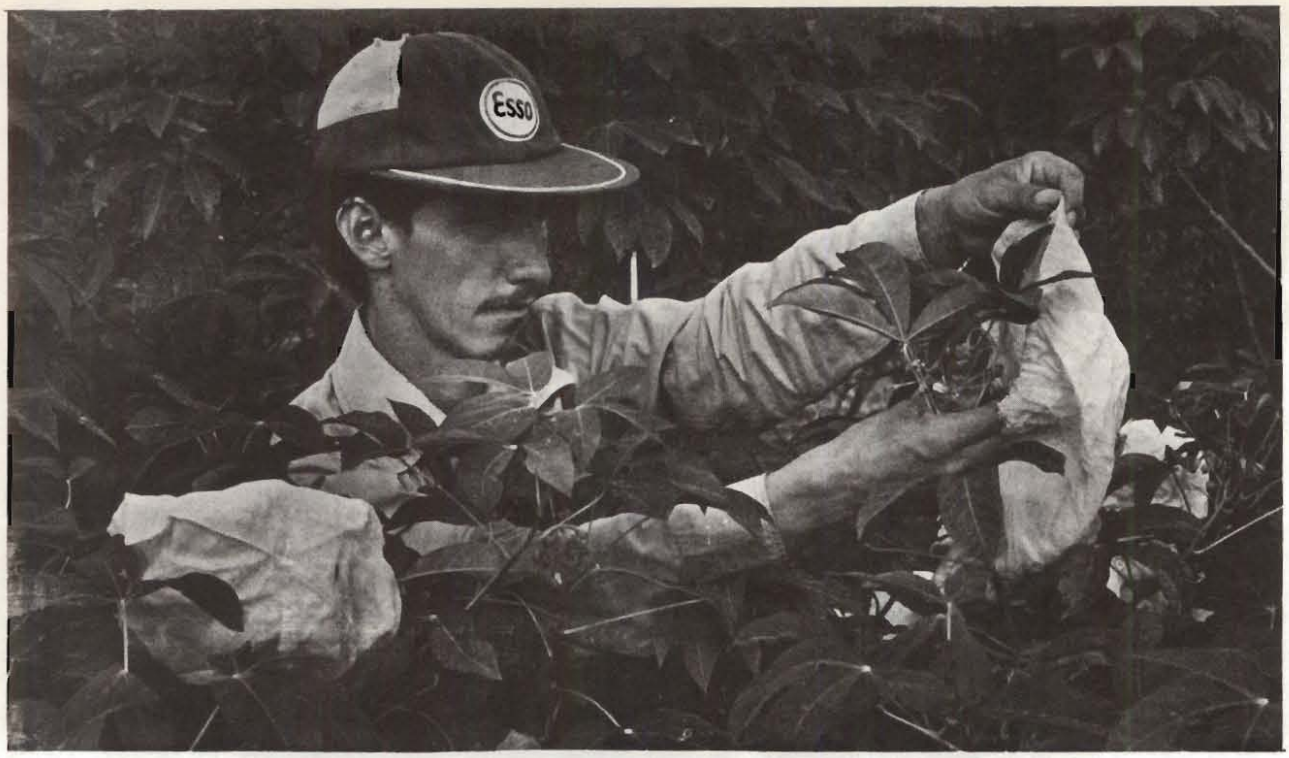


Fig. 5 Cubriendo flores que van a ser polinizadas durante el día.

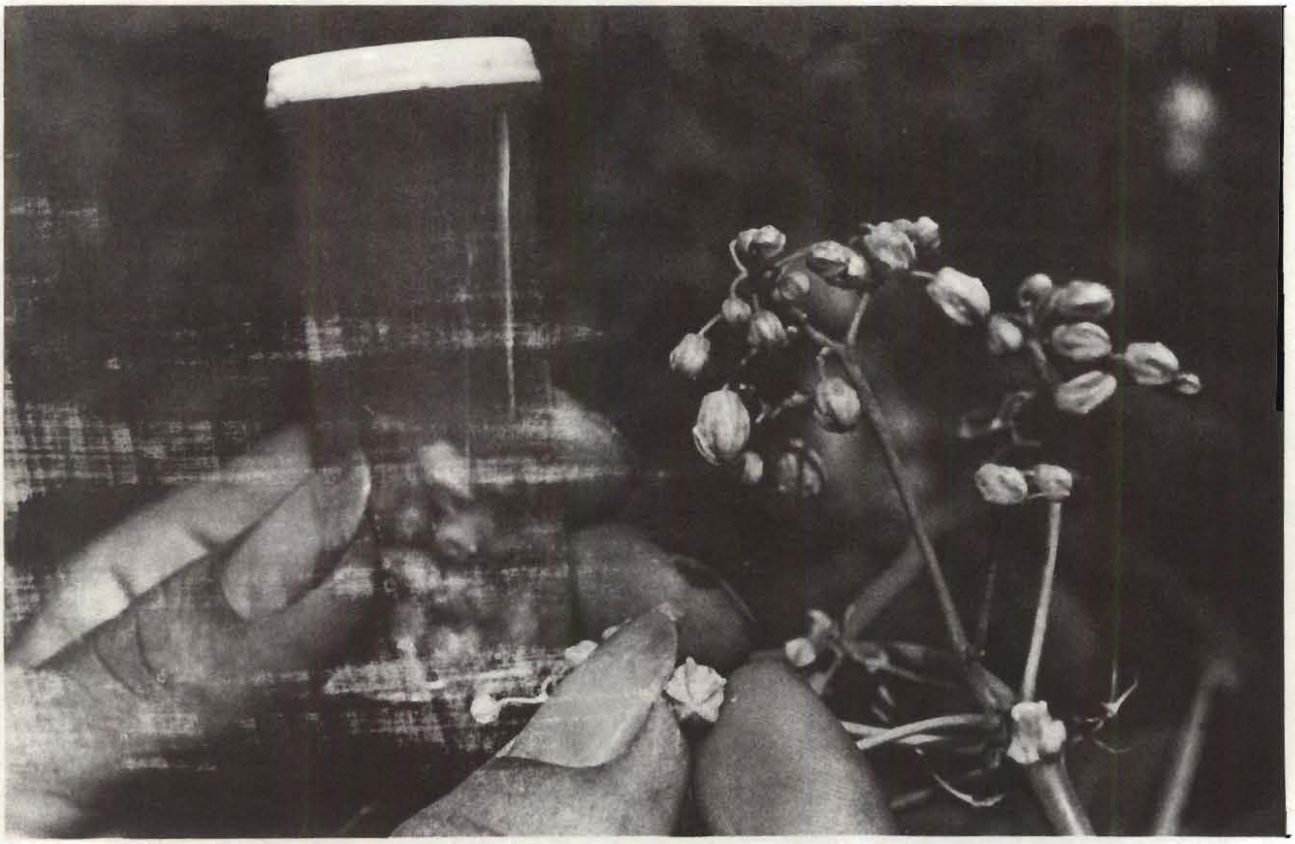


Fig. 6 Colección de las flores masculinas en frascos



Fig. 7 Polinización



Fig. 8 Identificación de las flores ya polinizadas



Fig. 9 Cubriendo frutos en proceso de desarrollo.

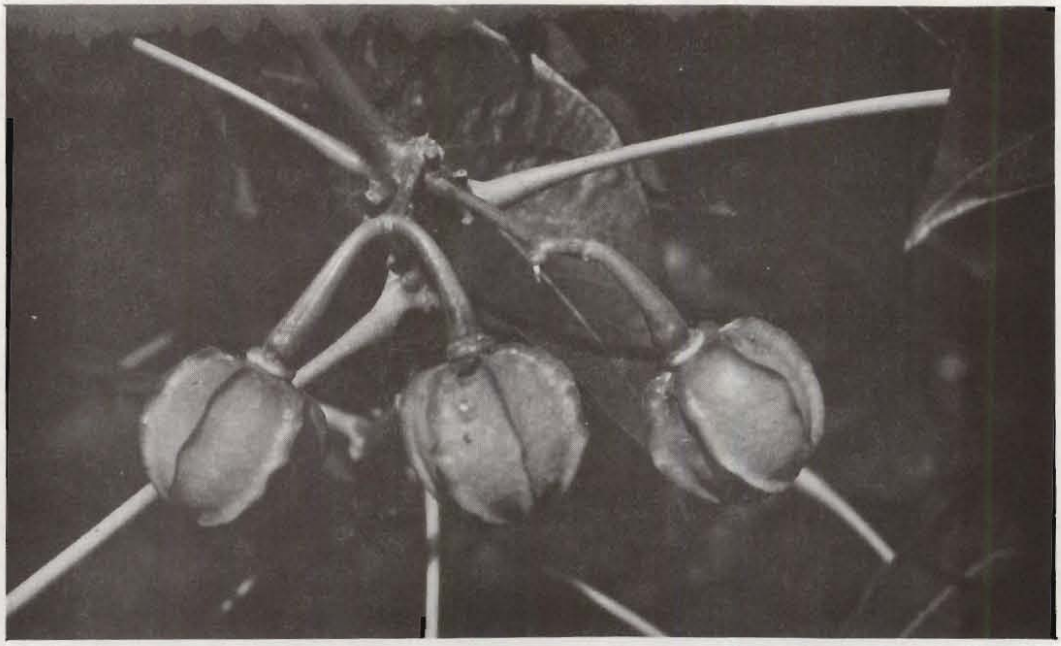


Fig. 10 Frutas maduras



Fig. 11 Cápsulas abiertas y semillas

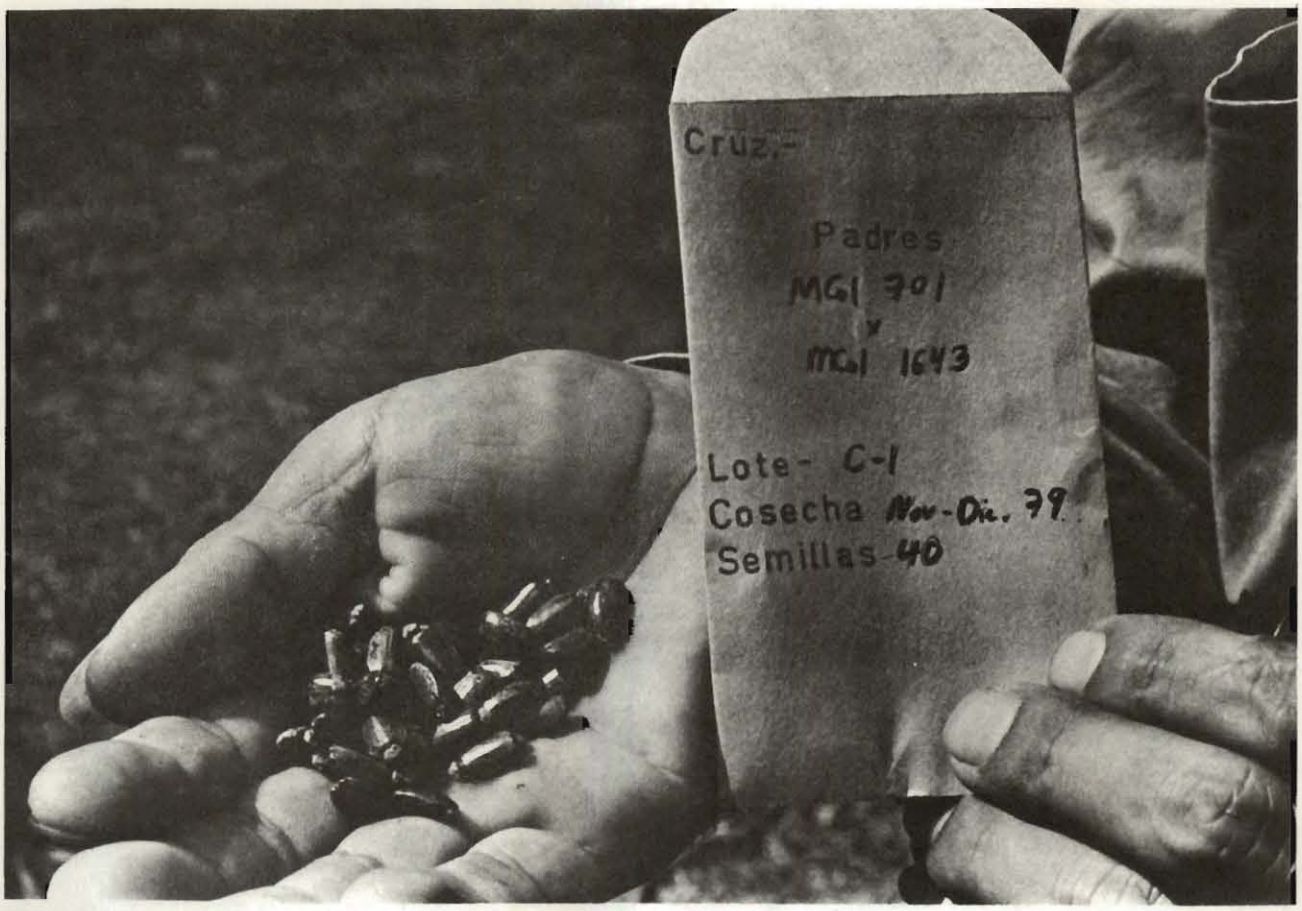


Fig. 12 Empaque de las semillas

REFERENCIAS

Chandraratna, M.F. and K.D.S.S. Nanayakkara. 1948. Studies in cassava. II. The production of hybrids. Trop. Agri. 194: 59-74.

Doughty, L.R. 1958. Cassava breeding for resistance to mosaic and brown streak virus. A review of twenty-one years' work. Record of Res. E. Afr. Agr. and For. Res. Org. Ann. Rep. p. 48-55.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1979. Germination of stored cassava seed at constant and laternating temperatures. Ann. Bot. 44: 677-684.

Graner, E.A. 1935. Contribuicao para o stude cytologico da mandioca. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 28 p.

_____. 1942. Genetica de Manihot. I. Hereditariedale da forma da folha e da colaboracao da pelicula externa das raizes em Manihot utilissima Pohl. Bragantia 2: 13-22.

Hahn, S.K. and A.K. Howland. 1972. Breeding for resistance to cassava mosaic. Proceedings Cassava Mosaic Workshop, IDRC/IITA.

____, and E. Terry. (In Press). Cassava breeding at IITA. Paper presented at the Third International Tropical Root Crop Symposium held at IITA, 1973.

IITA. 1979. Annual Report for 1978, Ibadan, Nigeria.

Jennings, D.J. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abst. 23: 271-278.

_____. 1976. Breeding for resistance to African cassava mosaic disease: progress and prospects. In African Cassava Mosaic, Report of an Interdisciplinary Workshop held at Maguga, Kenya, 19-22 February, 1976, B.L. Nestel, ed. IDRC-071e, p. 39-44.

Jos, J.S. and N. Hrishi. 1976. Inheritance of leaf shape in cassava. J. Root Crops 2: 10-12.

Kawano, K., A. Amaya, M. Rios and W.M.F. Goncalves. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Science. 18: 373-376.

Magoon, M.L., R. Krishnan and K. Vijaya Bai. 1969. The pachytene haryology of Manihot esculenta Crantz. Trop. Root and Tuber Crops Newsletter. 2:9.

Martin, F.W. and R. Ruberte. 1976. Germination and longenity of cassava seeds. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter no. 9: 54-56.

Moh, C.C. 1966. Preliminary observations of meiotic chromosome pairing in Manihot esculenta. The Applic. Nuclear Energy to Agr. Turrialba, Inst. Interamericano de Ciencias Agricolas, Ann. Rep.

Nassar, N.M.A. 1978. Genetic resources of cassava : 4 Chromosome behavior in some wild Manihot species. Ind. J. Gen. & Pl. Breeding 38: 135-137.

Perry, B.A. 1943. Chromosome number and phylogenetic relationships in the Euphorbiaceae. Amer. J. Bot. 30: 527-542.

Umanah, E.E. and R.W. Hartmann. 1973. Chromosome numbers and karyotypes of some Manihot species. J. Am. Soc. Hurt. Sci. 98: 272-274.

GERMOPLASMA DE YUCA: EVOLUCION, DISTRIBUCION Y COLECCION

Clair Hershey*
Alvaro Amaya**

La base del mejoramiento de un cultivo radica en su diversidad genética. Diversidad de respuesta a mejores prácticas agronómicas, resistencia a plagas y enfermedades y muchas otras características más. La utilización eficiente de la diversidad depende en primer lugar de una colección bien mantenida representativa de la diversidad disponible dentro de la especie y algunas veces entre especies relacionadas, segundo, de una completa evaluación de las características de cada introducción, tercero, de un programa de ensayos avanzados de los mejores materiales bajo condiciones bien representativas y finalmente de un programa de hibridación para combinar las características no encontradas en algún genotipo.

Este artículo presenta un resúmen de los conocimientos disponibles acerca de la evolución, distribución de la yuca y particularmente de su aplicación a los programas modernos de mejoramiento.

El Género Manihot

El género Manihot es un miembro de la familia de las Euforbiaceas, la cual consta de dos secciones: La Arborae que contiene tres especies y es considerada la más primitiva, y la Fruticosae la cual incluye arbustos adaptados a sabana, praderas o al desierto.

Manihot esculenta Crantz, pertenece a esta última. El género Manihot solo se encuentra en forma natural en el hemisferio occidental entre la parte sur de los Estados Unidos y la Argentina. (Fig.1). Rogers y Appan (1973) basados en un estudio de colecciones hechas en los trópicos del hemisferio occidental definen 98 especies dentro del género Manihot. De otra parte Nassar (1978) ha definido cuatro centros de diversidad para las especies de Manihot (Fig. 2). El primero lo constituye la parte Central del Brasil (al sur del Estado de Goia y al Occidente de Minas Gerais), con cerca de 38 especies y que a su vez representa el área de mayor diversidad. El segundo es la parte Sur-occidental de México y contiene 19 especies. El tercero es la parte Noreste del Brasil y el cuarto, la región Occidental del Mato Grosso y Bolivia.

Los grupos de especies de Norte y Sur América están marcadamente separados. Con la excepción de M. esculenta ninguna de las especies de Norte América se encuentra en Sur América y solamente una especie (M. brachyloba) de Sur América, ha sido reportada en Centro América.

---

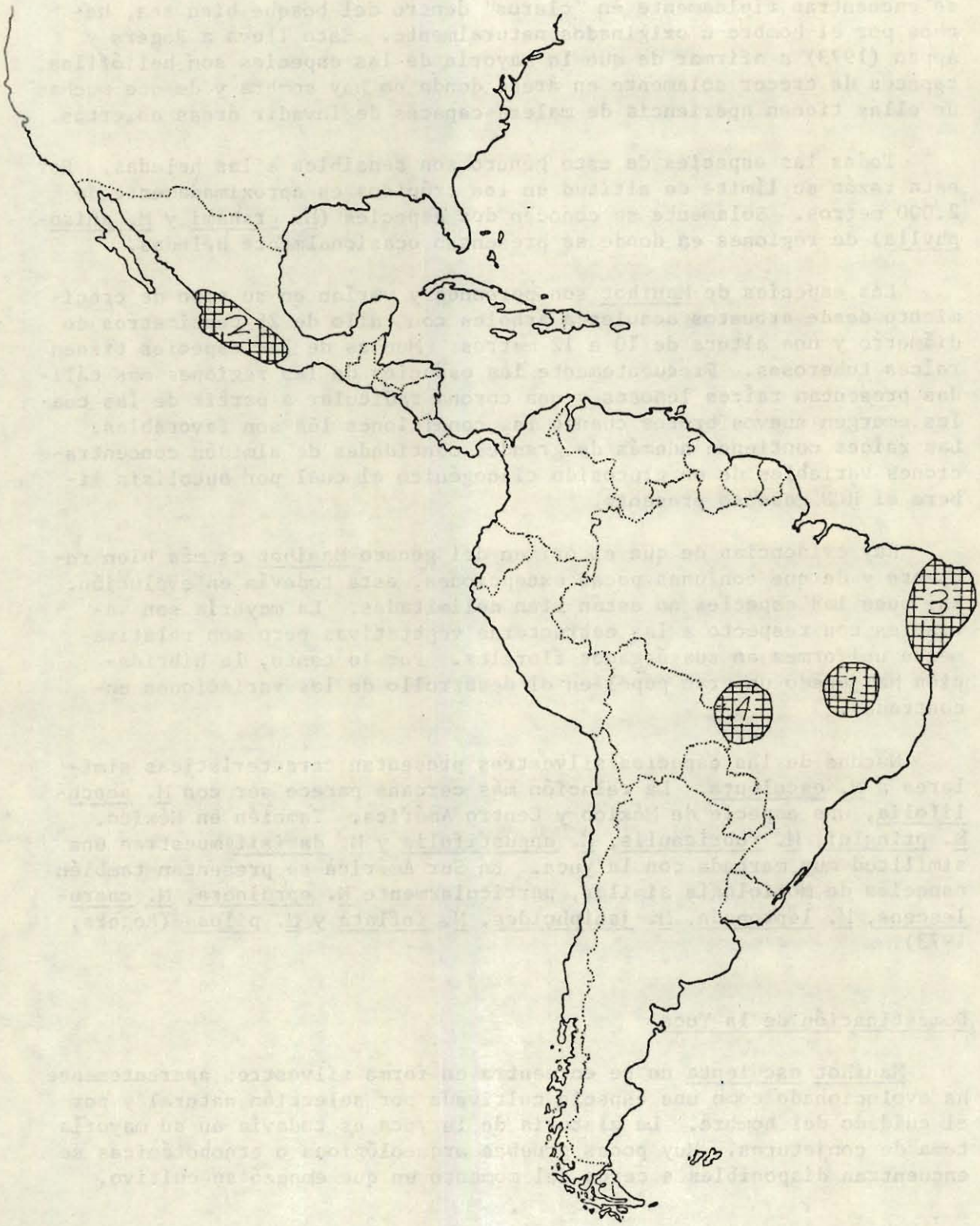
* Fitomejorador, CIAT
** Investigador Asociado, CIAT

FIG. 1. DISTRIBUCION DE ESPECIES DE MANIHOT EN EL HEMISFERIO OCCIDENTAL SEGUN ROGERS Y APPAN, 1973.



FIGURA 2. CENTROS DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE MANIHOT.

SEGUN NASSAR, 1978.



Las especies de Manihot son mas que todo esporádicas en su distribución y nunca llegan a ser miembros dominantes de la vegetación local. La mayoría de las especies se encuentran en regiones más bien secas y solamente algunas se encuentran en regiones de bosques lluviosos. Esas especies cuya distribución coincide con regiones de bosques lluviosos se encuentran típicamente en "claros" dentro del bosque bien sea, hechos por el hombre u originados naturalmente. Esto lleva a Rogers y Appan (1973) a afirmar de que la mayoría de las especies son heliófilas, capaces de crecer solamente en áreas donde no hay sombra y de que muchas de ellas tienen apariencia de maleza capaces de invadir áreas abiertas.

Todas las especies de este género son sensibles a las heladas. Por esta razón su límite de altitud en los trópicos es aproximadamente de 2.000 metros. Solamente se conocen dos especies (M. grahami y M. anisophylla) de regiones en donde se presentan ocasionalmente heladas.

Las especies de Manihot son perennes y varían en su tipo de crecimiento desde arbustos acaules a árboles con tallo de 25 centímetros de diámetro y una altura de 10 a 12 metros. Muchas de las especies tienen raíces tuberosas. Frecuentemente las especies de las regiones más cálidas presentan raíces leñosas y una corona radicular a partir de las cuales emergen nuevos brotes cuando las condiciones les son favorables. Las raíces contienen además de grandes cantidades de almidón concentraciones variables de un glucosido cianogénico el cual por autolisis libera el HCN gaseoso presente.

Hay evidencias de que el orígen del género Manihot es más bien reciente y de que con unas pocas excepciones, esta todavía en evolución. Así pues las especies no están bien delimitadas. La mayoría son variables con respecto a las estructuras vegetativas pero son relativamente uniformes en sus órganos florales. Por lo tanto, la hibridación ha jugado un gran papel en el desarrollo de las variaciones encontradas.

Muchas de las especies silvestres presentan características similares a M. esculenta. La relación más cercana parece ser con M. aesculifolia, una especie de México y Centro América. También en México, M. pringlei, M. rubricaulis, M. angustifolia y M. darisii muestran una similitud muy marcada con la yuca. En Sur América se presentan también especies de morfología similar, particularmente M. epruinosa, M. caerulescens, M. leptopoda, M. janiphoides, M. inflata y M. pilosa (Rogers, 1973).

Domesticación de la Yuca

Manihot esculenta no se encuentra en forma silvestre; aparentemente ha evolucionado como una especie cultivada por selección natural y por el cuidado del hombre. La historia de la yuca es todavía en su mayoría tema de conjeturas. Muy pocas pruebas arqueológicas o etnobotánicas se encuentran disponibles a cerca del momento en que empezó su cultivo.

La más antigua y hasta ahora mas sostenida hipótesis acerca del origen de la yuca se atribuye al botánico y geográfo de plantas de Candolle quien basado en la abundancia de especies silvestres en la parte Noreste del Brasil y en evidencias que muestran la antiguedad del cultivo de la yuca en dicha región propuso su hipótesis en la que sostiene que esta fué primeramente cultivada allí (Citado en Renvoize, 1973). Sin embargo, Harlan (1975) ha mostrado que para un determinado cultivo, los centros de domesticación y de diversidad pueden a veces no coincidir con los centros de diversidad de las especies silvestres. Rogers (1965, 1973) considera que la yuca fué probablemente cultivada por primera vez bien en Brasil, Venezuela o Centro América. En cada área de cultivo se encuentran numerosas especies silvestres las cuales pudieron hibridizarse con los cultivares existentes en el área; probablemente entonces la domesticación ocurrió simultáneamente en varias áreas. La yuca podría ubicarse en la categoría que Harlan (1971) llama cultivos "no-céntricos", es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en una área muy amplia. En las áreas más húmedas de América tropical que en su mayoría corresponden a las Cuencas del Amazonas y Orinoco, la preservación de materiales orgánicos primitivos es improbable. De otra parte, la evidencia arqueológica del cultivo de la yuca se basa en la presencia de cerámicas y pedazos de piedras presumiblemente derivados de un "rallador", artefacto asociado con el procesamiento de la yuca entre muchos grupos primitivos de indios de las tierras bajas de Sur América (Renvoize, 1973). La indicación más antigua acerca de la utilización de la yuca como alimento está en evidencias arqueológicas encontradas en la parte norte de Sur América. Estudios hechos en el norte de Venezuela y Colombia por Rouse y Cruxent (1963) y de Reichel - Dolmatoff (1957, 1965) dan evidencia de artefactos para procesar yuca de una edad entre 3.000 y 7.000 años. Esto en sí no indica que se haya cultivado la yuca puesto que podrían haber sido muestras de una especie silvestre.

En Mesoamérica las evidencias acerca del inicio del cultivo de la yuca son muy tenues. En la sierra de Tamaulipas, México, permanecen excavaciones de plantas disecadas que datan desde hace 2.500 años y que incluyen una semilla sexual y una hoja identificadas por Mac Neish (1958) como pertenecientes a Manihot dulcis. Pero como taxonomicamente este epiteto no es válido, la identificación debe ser entonces considerada como Manihot esculenta. En excavaciones hechas en Tehuacan, un poco más al sur, en México, se han encontrado tejidos de almidón de 2.100 a 2.800 años de edad. Sin embargo, estos podrían haber sido tejidos de cualquier otra raíz almidonosa. Mc Quown (citado por Bronson, 1966) indica que la palabra Maya para indicar que la yuca estuvo en uso hace cerca de 3.500 años, lo cual podría tenerse como una de las primeras indicaciones de la utilización de la yuca en Mesoamérica. La harina de yuca fue aparentemente importante en el comercio en la región Noroccidental de Sur América durante el segundo y tercer milenio antes de Cristo (Lathrap, 1973; Reichel Dolmatoff, 1965).

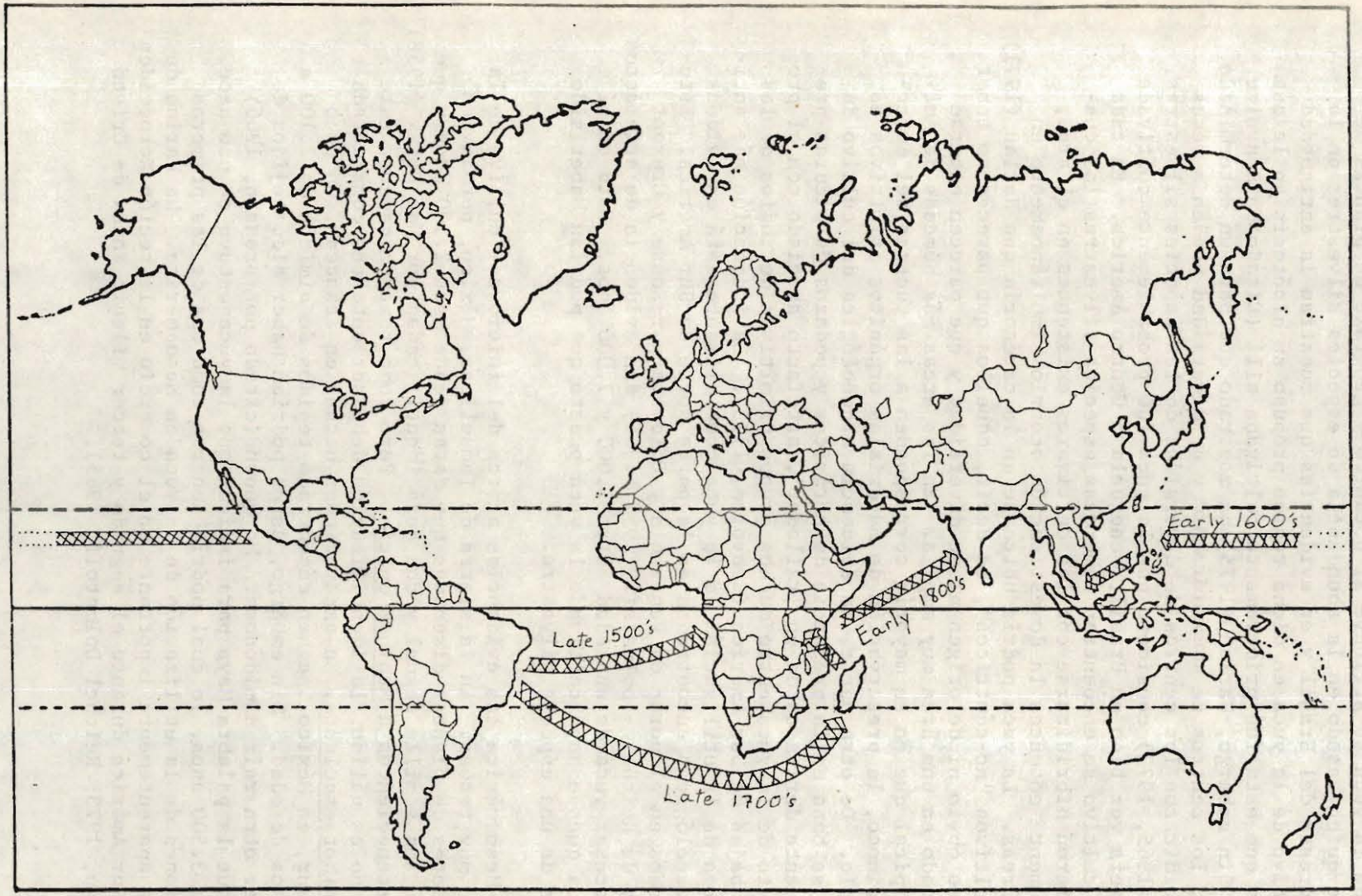


FIG. 3. DISTRIBUCION DE MANIHOT ESCULENTA AL VIEJO MUNDO DESPUES DEL DESCUBRIMIENTO DE AMERICA.

En todas las culturas del hemisferio Occidental Tropical los agricultores dividen los cultivares locales existentes en "dulces" y "amargos", en "mandioca" y "macacheira" o en "sweet" y "bitter". A pesar de que la clasificación entre dulces y amargas parece haber sido importante en las áreas donde se cultiva la yuca, desde un punto de vista taxonómico no hay justificación para hacer esta distinción. Las concentraciones de HCN están presentes en una forma continua de bajo a alto y no están correlacionadas con ninguna otra característica conocida bien sea morfológica o ecológica (Rogers y Appan, 1973).

Distribución

La yuca fue ampliamente distribuída por todo el trópico del hemisferio Occidental en el siglo 15. Ni la yuca ni las especies silvestres de Manihot existieron fuera de las Américas en tiempos precolombinos. Sin embargo, después del descubrimiento de América hubo una dispersión rápida. A finales del siglo 16 los Portugueses llevaron estacas de yuca a la costa Occidental de Africa vía el golfo de Benin y del Rio Congo. Posteriormente al final del siglo 18 la llevaron a la Costa Oriental vía las Islas Reunión, Madagascar y Zanzibar. En esta forma el cultivo de la yuca se difundió tierra adentro a partir de ambas costas. Los conquistadores y comerciantes españoles llevaron las especies de la Costa Occidental de Mesoamérica a las Filipinas y de allí al interior del Sureste Asiático. La introducción al Sur de la India desde la Costa Oriental de Africa parece haber sido un poco más tarde, probablemente en 1.800. Su importancia en el viejo mundo aumentó lentamente y solo hasta la mitad del siglo 19 cobró valor cuando llegó a ser ampliamente cultivada como fuente alimenticia teniendo en cuenta su tolerancia a la sequía, al ataque de langostas y por presentar un sistema de cultivo mínimo (Fig. 3).

Colección Internacional

Hasta hace algunos años se había mostrado poco interés por las Instituciones de investigación agrícola de la mayoría de los países productores de yuca a la investigación en este cultivo. Sin embargo un interés nuevo de parte de varios gobiernos y de dos Centros Internacionales de Investigación en Agricultura (el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria) han creado nuevas demandas por la colección y utilización. Previamente, fueron hechas algunas colecciones y mantenidas en un país y aún dentro de algunos estados. En 1969 el CIAT empezó la colección sistemática de cultivares de yuca en Colombia y más tarde esta se extendió hacia otros países de Latinoamérica. Al final de 1979, la colección mantenida en el CIAT consistía de 2512 clones originarios de 13 países (Tabla 1).

Estado actual de la colección de germoplasma de yuca del CIAT

País de origen	No. de clones mantenidos actualmente
Colombia	1778
Venezuela	256
Ecuador	128
Perú	99
Cuba	67
México	68
Brasil	52
Panamá	20
Puerto Rico	16
Costa Rica	16
República Dominicana	5
Paraguay	4
Bolivia	3
TOTAL	2512

Otras colecciones de yuca son mantenidas también en el IITA en Nigeria, en el Central Tuber Crops Research Institute en Trivandrum, India y en el Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMF), Cruz das Almas, Brasil.

Para la mayoría de las colecciones hasta ahora hechas, la información acerca de las características y usos de los cultivares en el área donde ellos fueron colectados es poca o muy escasa. Recientemente ha sido preparado por el CIAT un formato standard con el fin de ayudar a clasificar los cultivares de acuerdo a su adaptación, resistencia o plagas y enfermedades y a calidad de las raíces (Fig. 4).

Lo ideal al hacer una colección es hacerlo a través de material vegetativo (estacas o meristemos) con el fin de preservar el genotipo de cultivar original. Sin embargo, si esto no es posible, la colección a través de semillas puede preservar los genes favorables provenientes de los padres. Con este objeto, solamente se deben colectar plantas libres de micoplasmas o enfermedades virales y si es posible de otras enfermedades e insectos, especialmente de aquellas que no pueden ser eliminadas con el tratamiento de las estacas o que no están presentes en el área donde se va a mantener la colección. Generalmente el intercambio de material vegetal de un país a otro requiere de cuarentena para determinar su estado fitosanitario. Aún para colecciones dentro de un país, es deseable hacer cuarentena antes de hacer nuevas introducciones al banco de germoplasma. El método más seguro es pasar el material vegetativo a través de cultivos meristemáticos.

En cualquier programa de mejoramiento para asegurar una efectiva utilización de su diversidad genética es necesario mantener una buena colección así como evaluar las características que sean de interés. La yuca, como cultivo de propagación vegetativo presenta algunas dificultades en el manejo del germoplasma. Para mantener intacta cualquier introducción se requiere de propagación vegetativa continua, es decir de un mantenimiento en el campo. Esto exige tiempo y es costoso, además presenta el riesgo de que se presenten enfermedades, insectos, problemas de suelo etc., los cuales podrían causar pérdida de las introducciones. Por esta razón, el CIAT está desarrollando un sistema de almacenamiento por medio de meristemos y además se piensa mantener el banco de germoplasma en forma de plántulas dentro de tubos de ensayo en un medio con luz y temperatura adecuados. También en el futuro será posible almacenar indefinidamente los meristemos en Nitrógeno líquido de tal manera que tan solo se necesitará mantener plantas en el campo para hacer evaluaciones.

Cuando se vaya a mantener la colección en el campo se deben tener en cuenta algunos factores. El área para mantenerla debe estar libre o con un mínimo de problemas de enfermedades e insectos y un suelo moderadamente fértil y bien drenado. Con el fin de evitar pérdidas del material es preferible mantener la colección en dos sitios bien sea que vaya a sembrarse en el campo o mantenerse en tubos de ensayo. Para esto son suficientes 4 ó 5 plantas por localidad. Si el banco de germoplasma se usa también como fuente de material de siembra para otros ensayos entonces es necesario un mayor número de plantas. Además al sembrar el material en el campo se debe tener en cuenta de que cada cultivar tenga un espacio suficiente para su desarrollo y así evitar pérdidas por competencia con las parcelas vecinas.

La diversidad genética puede también ser mantenida en la forma de semillas sexuales. Sin embargo, puesto que la yuca es una especie altamente heterocigota, las plantas provenientes de semillas sexuales segregarán ampliamente. También en el caso de autopolinización probablemente se presentará una marcada depresión por efectos de consanguinidad y será difícil mantenerlas o de muy poco valor mas aún si ellas no florecen.

No. Internacional
de la Colección _____

REGISTRO DE COLECCION

Día _____/ Mes _____/ Año _____ Número de Colección del Campo: _____

Colectores: _____

País: _____ Dept./Provincia/Estado: _____

Municipio más Cercano: _____ Distancia y Dirección del Municipio: _____Km/Dir. _____

Nombre del Dueño
de la Finca: _____ Nombre de la Finca: _____

Procedencia Original de
la Semilla del Clon: _____ Nombre Regional del Clon: _____

Procedencia de la Colección:
1 = Finca
2 = Institución

Material de Propagación:
1 = Sémilla
2 = Estaca

No. de Semillas o de
Estacas (20 cm) Colectadas: _____

DESCRIPCION DEL MATERIAL COLECTADO

(Indicar el orden de prioridad: 1 a 3)

A. Usos Principales

1. _____ Consumo humano - fresco
2. _____ Consumo humano - seco o procesado
3. _____ Consumo animal - fresco
4. _____ Consumo animal - seco o procesado
5. _____ Extracción de almidón
6. _____ Forraje
7. _____ Otros _____

B. Cualidades Especiales (Cualidades mencionadas por el agricultor como razones para cultivación del clon)

1. _____ Rendimiento
2. _____ Contenido de almidón
3. _____ Calidad para comer
4. _____ Características del almacenamiento de las raíces
5. _____ Reacción a enfermedades
6. _____ Reacción a insectos o ácaros
7. _____ Reacción a factores edáficos
8. _____ Otros _____

SISTEMA DEL CULTIVO

A. Densidad de Siembra
1 = Baja (<4000/ha.)
2 = Media (4000-8000/ha.)
3 = Alta (>8000/ha)

B. Cultivos Asociados
_____
_____
_____

C. Nivel de Manejo
1 = Bajo
2 = Medio
3 = Alto

PLAGAS Y ENFERMEDADES

(Severidad: 1 = poco daño; 2 = daño moderado; 3 = daño severo)

A. Insectos y Acaros	Severidad	B. Enfermedades	Severidad
_____	____	_____	____
_____	____	_____	____
_____	____	_____	____

C. Calidad de Estacas en Base de la Condición de las Plantas

1 = Defoliación hasta el 80%

2 = Defoliación mayor del 80%, muerte descendente, pero en focos no mayores del 20% de la plantación. No presencia de CBB o Superalargamiento, virus o micoplasma.

3 = Más del 20% de la plantación muestra defoliación total y/o muerte descendente o total. Presencia de CBB, Superalargamiento, virus o micoplasma.

DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD

Latitude _____/ Longitud _____/ Altitud _____ metros

A. Topografía

1 = Pantanoso
2 = Rivera
3 = Plano
4 = Ondulado
5 = Colina
6 = Montañoso
7 = Otro _____

B. Textura del Suelo

1 = Arenoso
2 = Franco
3 = Arcilloso
4 = Orgánico
5 = Rocoso

C. Pendiente

1 = Plano o casi plano (< 4°)
2 = Suave o moderadamente pendiente (4-14°)
3 = Empinado o muy empinado (> 14°)

D. Drenaje del Suelo

1 = Mal
2 = Moderado
3 = Bueno
4 = Excesivo

E. Promedio de Lluvia Anual: _____ mm

F. Meses de Sequía por Año: _____ meses

G. Períodos de Sequía por Año: _____

H. Fotografías Tomadas (Sí o No): _____

OBSERVACIONES

REFERENCIAS

Bronson, B. 1966. Roots and the subsistence of the ancient Maya. Swest. J. Anthrop. 22: 251-279.

Harlan, J. R. 1971. Agricultural origins; Centers and noncenters. Science 174: 468-474.

. 1975. Crops and Man. Asa, Madison, Wisc. 295 p.

Lathrap, D.W. 1973. The antiquity and importance of long-distance trade relationships in the moist tropics of Pre-Colombian South America. World Archaeology 5: 170-186.

Mac Neish, R. S. 1958. Preliminary archeological investigations in the Sierra de Tamaulipas, México. Trans. Am. phil. Soc. 48: 1-210.

Nassar, N.M.A. 1978. Conservation of the genetic resources of cassava (Manihot esculenta): determination of wild species localities with emphasis on probable origin. Econ. Bot. 32: 311-320.

Reichel- Dolmantoff, G. 1957. Momil: a formative sequence from the Sinv Valley, Colombia. Am. Antig. 22: 226-234.

1965. Colombia: ancient peoples and places. Series No. 44. London.

Renvoize, B. S. 1973. The area of origin of Manihot esculenta as a crop plant - a review of the evidence. Econ. Bot. 26: 352-360.

Rogers, D.J. 1965 Some botanical and ethnological considerations of Manihot esculenta . Econ. Bot. 19: 369-377.

1973. Some further considerations on the origin of Manihot esculenta Crantz. Trop. Root and tuber Crops Newsletter No. 6:4-14.

Rogers. D.J. and S.G. Appan. 1973. Manihot, Manihotoides (Euphorbiaceae). Flora Neotropica. Monograph No. 13, New York, Hatner, 272 p.

Rouse, I. and J.M. Cruxent. 1963. Venezuelan Archeology. Yale.

MEJORAMIENTO GENETICO DE YUCA PARA PRODUCTIVIDAD

Kazuo Kawano

Clasificación de cultivos por métodos de mejoramiento genético

1. Cultivos de propagación vegetativa. Yuca, camote, papa, caña de azúcar y pastos como Brachyaria, pertenecen a este grupo, La propagación vegetativa tiene enorme ventaja en manejo de mejoramiento genético porque es posible de multiplicar cualquier tipo genético una vez que el fitomejorador lo encuentre. Usualmente los cultivos que pertenecen a este grupo son altamente heterosigotos y esta heterosigosidad se mantiene fácilmente por propagación vegetativa. Siendo la heterosigosidad la característica de la planta, el fitomejorador usualmente no tiene necesidad de preocuparse por heterosis. Tales factores como la incapacidad de las plantas para reproducirse sexualmente o crosincopátibilidad, ocasionalmente pueden ser un factor negativo de este grupo de cultivos para mejoramiento genético. En general, este grupo de cultivos se considera el más fácil en cuento método de mejoramiento.

2. Cultivos de propagación sexual por auto-fecundación. Arroz, trigo, fríjol y soya son los representativos de este grupo. El manejo genético de estos cultivos es relativamente fácil porque las plantas se auto-fecundan por su cuenta. Sin embargo, el fitomejorador tiene que esperar 7 o 8 generaciones antes de que él pueda multiplicar algunos buenos materiales sin cambiar su constitución genética porque las plantas de F_1, F_2, F_3, etc. siempre segregan, reproduciéndose los hijos genéticamente distintos. Sin embargo, este grupo de cultivos se considera relativamente fácil en cuanto a metodología de mejoramiento.

3. Cultivos de propagación sexual por polinización cruzada de capacidad de propagación vegetativa. Varias especies de forrajes pertenecen a este grupo. Las plantas que pertenecen a este grupo tienen tendencia de ser extremadamente susceptibles a "inbreeding depresion". Porque casi cualquier forma de propagación sexual tiene tendencia hacia "inbreeding", uno de los factores críticos en manejo genético de estos cultivos es mantener suficiente nivel de heterosigosidad. Se necesita un programa separado para producción de semillas comerciales y se requiere mantener más de 2 genotipos para cada variedad recomendada. La capacidad de propagación vetativa del cultivo ayuda mucho al fitomejorador a mantener los genotipos de padres sin cambiar su constitución genética. Sin embargo, todo el esquema de trabajo es más complicado en comparación con los grupos 1 y 2.

4. Cultivos de propagación sexual por polinización cruzada sin capacidad de propagación vegetativa. Maíz es un representativo de este grupo. Los cultivos de este grupo son en general, sumamente sensitivos a "inbreeding depression" por eso, las semillas comerciales tienen que ser híbridos. Para producir una gran cantidad de semillas híbridas hay que mantener más de 2 genotipos como padres. Las plantas no pueden

propagarse vegetativamente y son susceptibles a "inbreeding". Como consecuencia, el mantenimiento de los padres para producción de semillas híbridas es bastante trabajoso. Es decir, se necesita otro programa para mantenimiento de los padres que se usan en programas de producción de semillas híbridas. El método de mejoramiento para estos cultivos se considera el más complicado.

Clasificación de cultivos por factores fisiológicos que afectan rendimiento.

1. Pastos y forrajes. En estos cultivos, un 90% (de biomas) del total de la planta constituye el rendimiento. El fitomejorador tiene que preocuparse de un solo factor fundamental que es la producción total de la planta, aunque siempre hay otros factores importantes tales como contenido de proteína, minerales, etc.

2. Raíces y Tuberosas. Yuca, camote y papa; aunque caña de azúcar no es raíz ni tuberosa, pertenece a este grupo. En estos cultivos, la producción total de la planta y distribución de este producto a la parte de rendimiento (en caso de yuca, raíz) son los dos factores fundamentales para el rendimiento. Las plantas pueden llenar el rendimiento(en caso de yuca, raíz) a largo plazo y no hay época crítica para la formación del rendimiento. Usualmente la parte económica queda en la parte baja de la planta, por eso no hay peligro de perder rendimiento por volcamiento. Las plantas tienen mucha flexibilidad en la formación de rendimiento. Para el fitomejorador, este grupo de cultivos es un poco más complicado que pastos y forrajes.

3. Cereales. Arroz, trigo y maíz son los representativos de este grupo. Estos cultivos son similares al grupo de raíces y tuberosas en que la producción total y su distribución son los factores fundamentales para la formación de rendimiento. Sin embargo, hay épocas críticas para la formación de rendimiento, enfermedades e insectos o bajas temperaturas, pueden causar una pérdida completa. Por ejemplo, en arroz, las bajas temperaturas durante el período de meiosis o un ataque de Piricularia a cuellos de panojas pueden causar una pérdida completa. Además, hay una época para determinar el nivel máximo de rendimiento (época antes de floración, determinación de número total de espiguillas) y otra época después para tratar de alcanzar este nivel (época después de floración; llenado de los granos). El rendimiento queda en la parte superior de la planta, por eso, hay peligro de volcamiento cuando las plantas tratan de alcanzar un rendimiento demasiado alto. Por consecuencia de estos factores, las plantas tienen muy poca flexibilidad para la formación de rendimiento.

El fitomejorador tiene que pensar en la balanza muy delicada entre numerosos órganos de la planta. Habiendo tantas épocas críticas, hay correspondiente número de enfermedades e insectos que afectan el rendimiento. Habiendo tantos factores que el fitomejorador tiene que pensar simultáneamente, se duplica la complexidad del trabajo de mejoramiento.

4. Granos leguminosos. Fríjol y soya son los representantes de este grupo. El rendimiento de estos cultivos se compone de proteína y carbohidrato. Además de todos los factores de los cuales el fitomejorador de cereales tiene que preocuparse, se suma la balanza entre proteína y carbohidratos. El número de factores fisiológicos y enfermedades e insectos es el más alto en estos cultivos. Por consiguiente, el trabajo de fitomejoramiento es más complicado en estos cultivos.

Mi definición de mejoramiento genético de cultivos

"Un acto de alcanzar el nivel máximo de productividad a través de la modificación genética de la planta y para luego defender este alto nivel de productividad de los factores negativos."

La historia de mejoramiento genético de casi cualquier cultivo de mayor importancia comienza con la modificación del tipo de planta. Cuando alcanza a cierto nivel de rendimiento, ya no se puede esperar un aumento espectacular de rendimiento y por lo tanto el énfasis de trabajo se mueve hacia la resistencia a enfermedades e insectos. Trigo, maíz y papa en EU y Europa, y arroz en Japón alcanzaron cierto nivel de rendimiento hace veinte años y la primera importancia de trabajo de fitomejoramiento en estos países pasó a resistencia a enfermedades e insectos. Trigo y arroz en tierra con riego en el trópico alcanzaron un nivel máximo de rendimiento hace diez años y el énfasis de trabajo pasó a las resistencias.

Cuanto más sean los factores fisiológicos que afectan el rendimiento, más tiempo se demora para alcanzar el nivel máximo. Según esta teoría, no debería demorar mucho el mejoramiento de yuca para alcanzar el nivel máximo.

Objetivo de mejoramiento genético de yuca

Obtener nuevos genotipos que den el más alto rendimiento de calo-ría por unidad de área, por unidad de tiempo, bajo diversas condiciones ambientales.

1. Por su uso

   a. Para consumo humano.
   b. Para consumo de animales.
   c. Para producción de almidón y alcohol.

2. Por área ecológica

   a. Seleccionar genotipos que den mejor rendimiento en los trópicos bajos donde se siembra yuca corrientemente.
   b. Seleccionar genotipos para obtener una eficiente producción de calorías en las áreas savanna de oxisoles que no se utilizan en este momento.
   c. Seleccionar genotipos adaptados a las zonas de bajas temperaturas.

Características biológicas de la yuca relacionadas con el trabajo de fitomejoramiento.

El número de chromosomas de yuca (Manihot esculenta) es 36 y la especie generalmente se considera como "allotetraploid". M. esculenta es una especie altamente heterosigota mantenida fácilmente a través de propagación vegetativa. Polinización cruzada y auto-polinización ocurren naturalmente. La proporción de polinización cruzada en una cierta población depende del hábito de floración de los genotipos y la colocación física de la población. La yuca es una especie monoecia con el estigma y las anteras colocadas separadamente en diferentes flores dentro de la misma planta. Las flores femeninas y masculinas que estan en la misma rama, nunca se abren al mismo tiempo, sin embargo, es común que las flores femeninas y masculinas de las diferentes ramas se abran al mismo tiempo.

No hay ningún mecanismo fisiológico o genético para impedir autofecundaciones. Sin embargo, fuerte "inbreeding depression" se presenta en la mayoría de genotipos y en la mayoría de los casos las plantas procedentes de autofecundación no sirven para nada. Esta fuerte - "inbreeding depression", además de propagación vegetativa, es el principal mecanismo biológico por el cual la alta heterosigocidad de la especie se mantiene. Se encuentra con alta frecuencia macho-estéril y - esto es muy efectivo en prevenir auto-polinizaciones.

Variación genética y selección

1. Germoplasma. La yuca se originó y completó la mayoría de su diversificación en el continente latioamericano. Esto significa que la mayor variación genética existe en este continente. En el CIAT, existe una colección de unos 2.400 cultivares de yuca que se han coleccionado de todos los sitios de latinoamerica. Algunos de estos cultivares tienen alta capacidad de rendimiento y otros tienen resistencia a cierta clase de enfermedades e insectos. Hasta ahora, hemos encontrado - fuentes de resistencia a la mayoría de las enfermedades e insectos que tienen alta importancia en producción. Sin embargo, no se ha encontrado ningún cultivar en esta colección que contenga todas las características deseables para que el CIAT pueda recomendarla como una nueva variedad de yuca. Por lo tanto, para combinar varias características deseables en una nueva variedad hay necesidad de hacer miles de hibridaciones para producir nuevos genotipos y luego seleccionar.

2. Selección de padres para hibridaciones. Existe muy buena correlación entre los valores de padres y sus hijos (híbridos F_1) en tales características como índice de cosecha (Fig. 1), contenido de materia seca en la raíz (fig. 2) y el grado de pudrición de raíz (Fig. 3). La correlación en rendimiento de raíz es un poco baja (Fig. 4) comparado con las características mencionadas anteriormente. Sin embargo, esto no causa mucho problema porque el índice de cosecha es aún mas importante que el rendimiento cuando las plantas están evaluadas en base a una planta individual o a una sola hilera en el campo en lugar de la población (ver sección más tarde).

Además la resistencia a tales enfermedades como bacteriosis (CBB) y Cercospora se trasnmite relativamente fácil a las progenies cuando los genotipos con resistencia están incluidos en las hibridaciones.

Estos datos sugieren que en yuca muchas de las características importantes son altamente heredables y el efecto de genes aditivos es muy significativo. La propagación vegetativa del cultivo y el modo aditivo de herencia en las características importantes sugieren que el esquema de hibridación y selección puede ser bastante sencillo. Identificación de buenos padres y eficiente "screening" de las decendencias son factores más importantes que los detalles de metodología. Prácticamente el fitomejorador debe incluir cualquier genotipo que tenga alguna característica deseable en su plan de hibridaciónes. Acumular genes favorables sin provocar "inbreeding depression" es casi el único punto crítico sobre el cual el fitomejorador tiene que tener mucho cuidado.

Solamente cuando se sabe que las características buscadas estan controladas por un gene recesivo, todo el plan de trabajo se hace bastante complicado. Pero esto es una posibilidad muy remota en este momento.

3. Selección en plántulas ("seedling"). Las plantas que vienen directamente de semillas sexuales (plántulas) tienen apariencia muy distinta de las plantas provenientes de estacas por lo menos durante los primeros tres meses de siembra. Después de tres meses, las plántulas comienzan a tener una apariencia en la parte de arriba del suelo muy similar a las plantas sembradas con estacas, sin embargo, la colocación de raíces en las plántulas es siempre muy diferente de las plantas sembradas con estacas.

Afortunadamente, la correlación entre los datos de las plántulas y los datos de los mismos genotipos sembrados con estacas es muy alta en las características importantes tales como rendimiento de raíz, peso total de planta e índice de cosecha (Fig. 5). Esto indica claramente que la selección con plántulas es sumamente efectivo.

4. Selección en pruebas de hileras y de poblaciones. Las plántulas seleccionadas en el campo pasan inmediatamente a la prueba en hileras que consiste en una sola hilera o caballon para cada linea seleccionada ("Campo de observación" en el CIAT). Usualmente se siembran cinco plantas por caballon. Las lineas sobresalientes de esta prueba pasan a la prueba de población ("Ensayo de rendimiento" en CIAT) usualmente se siembran 30 plantas por linea genética con un mínimo de 2 replicaciones.

Los rendimientos obtenidos en la prueba de hileras son completamente diferentes de los rendimientos obtenidos en la prueba de población y no hay ninguna correlación entre estas dos pruebas (Fig. 6). - Porque los datos de rendimiento que tienen valor son los datos obtenidos en condiciones de población, los datos de rendimiento en las pruebas de hileras casi no significan nada. En cambio, los valores de índice de cosecha obtenidos en la prueba de hilera estan altamente co-

rrelacionados a los de la prueba de población (Fig. 7). En las pruebas de población, índice de cosecha está altamente correlacionado con los rendimientos (Fig. 8). En consecuencia, en pruebas de hileras, índice de cosecha es mejor indicador que el rendimiento en sí mismo, para rendimiento real (Fig. 9). Esto ocurre como consecuencia de la competencia entre genotipos; los genotipos con alto vigor y bajo índice de cosecha siempre puede dar mayor rendimiento en campo de plántulas o en prueba de hilera ocupando los espacios que pertenecen a otros genotipos. Sin embargo, estos genotipos no pueden rendir bien en condición de población.

Indice de cosecha es un indicador de balanza entre producción total de la planta y su distribución a la raíz, es altamente heredable (Fig. 1) y existe enorme variación genética entre las variedades sembradas en los campos de agricultura. Indice de cosecha es la mejor característica para usar como un indicador durante la selección de padres para cruzamiento y las selecciones en campos de plántulas y de pruebas de hileras. Nuestro objetivo de selección en este momento es seleccionar las plantas que tienen más de 0.60 de índice de cosecha en los campos de plántulas y pruebas de hileras.

CONCLUSIONES

Mejoramiento genético de cultivos es un acto de alcanzar el nivel máximo de productividad a través de la modificación genética de la planta y luego defender este alto nivel de productividad de los factores negativos tales como enfermedades e insectos. El germoplasma existente de yuca generalmente está muy lejos y debajo de su nivel potencial o nivel máximo de productividad. Hasta ahora la yuca ha recibido muy poca atención de parte de los fitomejoradores. Botánica y fisiológicamente la yuca pertenece al grupo de cultivos en los cuales la metodología de mejoramiento genético debe de ser fácil. Además los análisis genéticos sobre herencia de varias características importantes sugieren que no debe haber muchas complicaciones en el manejo genético de este cultivo. Por estas razones, el impacto de mejoramiento genético debe ser grande y no debe demorar mucho tiempo antes de que se alcance el nivel máximo de productividad. Un factor clave para aumentar eficiencia de trabajo es seleccionar a traves de índice de cosecha.

Después de cuatro años de trabajo, el programa de fitomejoramiento de yuca en CIAT, tiene ahora líneas híbridas que rinden más de 50 ton/ha/año o 100% arriba de los cultivares locales en suelo de CIAT y más de 30 ton/ha/año o 50% más de los cultivares locales en oxisol de los Llanos Orientales. Ahora, la pregunta no es cómo vamos a mejorar las plantas ni si podemos hacerlo sino cuál vamos a recomendar. El énfasis de trabajo se mueve gradualmente hacia resistencias a enfermedades, insectos y otros factores negativos tales como suelos especiales y bajas temperaturas.

REFERENCIAS

Anonym. 1976. Inequality, the main cause of world hunger. Science 194: 1142. Cited from Malnutrition and poverty. John Hopkins Univ. Press.

Arraudeau, M. 1969. Cassava in the Malagasy Republic; research and results. International Symposium on Tropical Root Crops, Proceedings. St. Augustine, University of the West Indies. 180-184.

CIAT. 1973. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p 59-118.

CIAT. 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p 53-109.

CIAT. 1975. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p B1-57.

CIAT. 1976. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p B1-76.

CIAT. 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program.

Cock, James H., David Franklin, G. Sandoval and Patricia Juri. (in press). Cassava ideotype for maximum production.

FAO. 1971. Production year book. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. Vol 25.

Irikura, Yukio; James H. Cock and Kazuo Kawano (in press). Temperature x genotype interaction in cassava.

Kawano, Kazuo; Alvaro Amaya, Pablo Daza and Mario Rios. (in press). Hybridization and selection for productivity in cassava (Manihot esculenta Crantz).

Kawano, Kazuo; Pablo Daza, Alvaro Amaya, Mario Rios and Wania M. F. Goncalvez. (in press). Evaluation of Cassava (Manihot esculenta Crantz) germplasm for productivity.

Leon, Jorge. 1976. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. Proc. 4th Symp. Int. Soc. for Tropical Root Crops. IDRC-080e. Int. Development Res. Center. Ottawa, Canada. p 20-40.

Martin, Franklin W. 1970. Cassava in the world of tomorrow. Proceedings of the 2nd International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. 1: 51-58.

Nestel, Barry. 1973. Current utilization and future potential for Cassava. Chronic cassava toxicity. 11-26. International Development Research Centre. Publication IDRC-010e, Ottawa, Canada.

Nestel, Barry. 1974. Current trends in cassava research. International Development Research Centre, Publication IDRC-036e, Ottawa, Canada.

Nojima, Kazuma and Shohei Hirose. 1977. An outline of bibliographical studies on cassava - A guide to cultivation of cassava. Agricultural Development Cooperation Department. Japan International Cooperation Agency. Tokyo, Japan.

Phillips, Truman P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Publication IDRC-020e, Ottawa, Canada.

Vries de, C.A., J.D. Ferwerda and M. Flach. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. Neth J. Agric. Sci. 19: 241-248.

CUADRO 1. Comparación entre la progenie S_1 autopolinizada y los padres*

	No. de S1 Genotipos	Rdto. (k/plant) S1	Padre	Planta total (k/plant) S1	Padre	Indice de cosecha S1	Padre	Altura planta (m) S1	Padre
LLanera	9	1.9	4.5	4.1	8.7	.32	.52	1.67	1.82
M Col 9	6	0.9	4.0	4.7	12.6	.20	.32	1.64	2.43
M Col 51	23	1.3	3.0	2.8	5.1	.52	.60	1.40	1.67
M Col 173	20	1.3	2.6	5.6	8.2	.21	.31	2.72	2.77
M Col 340	26	1.8	4.8	6.5	12.0	.28	.40	1.78	2.30
M Col 562	14	1.6	3.2	3.7	7.5	.41	.50	1.82	2.30
M Col 647	36	2.0	4.0	4.4	9.8	.45	.40	1.58	2.30
M Col 667	5	0.6	4.8	1.6	11.0	.38	.44	1.52	2.80
M Col 688	10	2.5	4.2	5.3	7.8	.45	.53	2.14	2.43
M Col 971	15	3.8	3.1	9.5	5.4	.40	.57	1.97	1.50
Extranjera	12	1.4	2.9	3.2	7.7	.41	.38	1.43	2.43
M Ven 179	16	1.4	3.5	5.4	13.4	.44	.25	2.00	2.00
Promedio		1.71	3.72	4.73	9.10	.373	.466	1.81	2.23

* Datos de ensayos en surcos simples (2 m entre genotipos, 1 m entre plantas del mismo genotipo, promedio de tres plantas por genotipo).

CUADRO 2. Diferencia genética en el número de semillas obtenidas por polinización.

Cruces	No. de flores femeninas polinizadas	No. de semillas obtenidas		No. de semillas obtenidas por flor femenina
M Col 1684 x M Col 22	91	72		0.79
M Col 1684 x M Col 638	350	63		0.18
M Col 1684 x M Mex 55	78	40		0.51
M Col 1684 x CM 309-56	225	53		0.24
M Col 1684 x CM 309-239	115	65		0.57
M Col 1684 x CM 309-260	130	20		0.15
			Promedio	0.41
M Col 638 x M Col 1684	274	268		0.98
M Col 638 x M Mex 55	220	284		1.29
M Col 638 x M Ven 218	357	402		1.13
M Col 638 x M Pan 70	324	257		0.79
M Col 638 x M Pan 114	217	313		1.44
M Col 638 x Popayan	285	484		1.70
M Col 638 x CM 309-11	105	191		1.82
M Col 638 x CM 309-26	144	212		1.47
M Col 638 x CM 309-29	99	154		1.56
M Col 638 x CM 309-56	143	206		1.44
M Col 638 x CM 309-143	64	136		2.13
			Promedio	1.43
M Col 755 x Llanera	161	279		1.73
M Col 755 x M Col 22	278	500		1.80
M Col 755 x M Col 647	233	424		1.82
M Col 755 x M Col 667	144	234		1.63
M Col 755 x M Mex 55	284	517		1.82
M Col 755 x M Mex 59	154	284		1.84
M Col 755 x M Ven 185	90	157		1.74
M Col 755 x M Ven 209	162	204		1.88
M Col 755 x M Ven 270	163	308		1.89
M Col 755 x M Ven 307	203	379		1.87
			Promedio	1.80
SM 76-66 x M Col 638	488	946		1.94
SM 76-66 x M Mex 59	59	132		2.24
SM 76-66 x Popayan	221	427		1.91
SM 76-66 x CM 157-9	111	186		1.68
SM 76-66 x CM 170-2	106	239		2.25
SM 76-66 x CM 204-5	75	156		2.08
SM 76-66 x CM 309-37	112	218		1.95
SM 76-66 x CM 309-56	143	221		1.55
SM 76-66 x CM 334-19	119	241		2.03
			Promedio	1.96

CUADRO 3. Resultados seleccionados de ensayos de rendimiento en tres localidades.

Localidad	Genotipo	Rendimiento de raíces ton/ha/año	
		Peso seco	Peso fresco
CIAT	CM 309-211	17.9	50.8
	CM 308-197	17.6	50.3
	CM 323-30	16.6	48.3
	CM 308-1	16.3	43.3
	CM 321-15	15.9	46.1
	CM 321-170	15.8	47.8
	CM 317-16	15.4	48.1
	CM 307-135	15.4	44.0
	CM 309-84	15.4	41.1
	CM 152-12	14.7	45.0
	M Col 113 (Varidad local)	8.4	25.6
	Llanera (Testigo)	7.9	24.7
	M Col 22 (Testigo)	7.1	19.7
Carimagua	SM 92-73	10.6	33.0
	CM 323-52	10.0	33.0
	CM 308-197	9.9	30.6
	CM 314-2	8.4	25.7
	CM 323-99	7.8	24.3
	CM 323-142	7.5	26.0
	CM 309-2	7.5	23.3
	CM 321-88	7.1	21.5
	CM 305-11	6.9	24.0
	CM 323-41	6.6	24.0
	Llanera (Variedad local)	6.9	21.5
	M Col 22 (Testigo)	6.0	19.4
	M Col 113 (Testigo)	2.7	10.4
Caribia	CM 320-2	13.7	42.0
	CM 309-50	13.7	41.7
	CM 309-163	12.8	44.3
	CM 323-75	12.2	37.8
	CM 323-41	12.2	37.6
	CM 322-20	12.1	36.7
	CM 321-85	11.6	36.1
	CM 308-197	11.4	34.5
	CM 309-128	11.1	34.8
	CM 321-78	11.0	38.0
	M Col 22 (Testigo)	11.4	33.6
	Llanera (Testigo)	6.0	20.7
	Manteca (Variedad local)	5.0	18.1
	Montero (Variedad local)	4.3	12.6

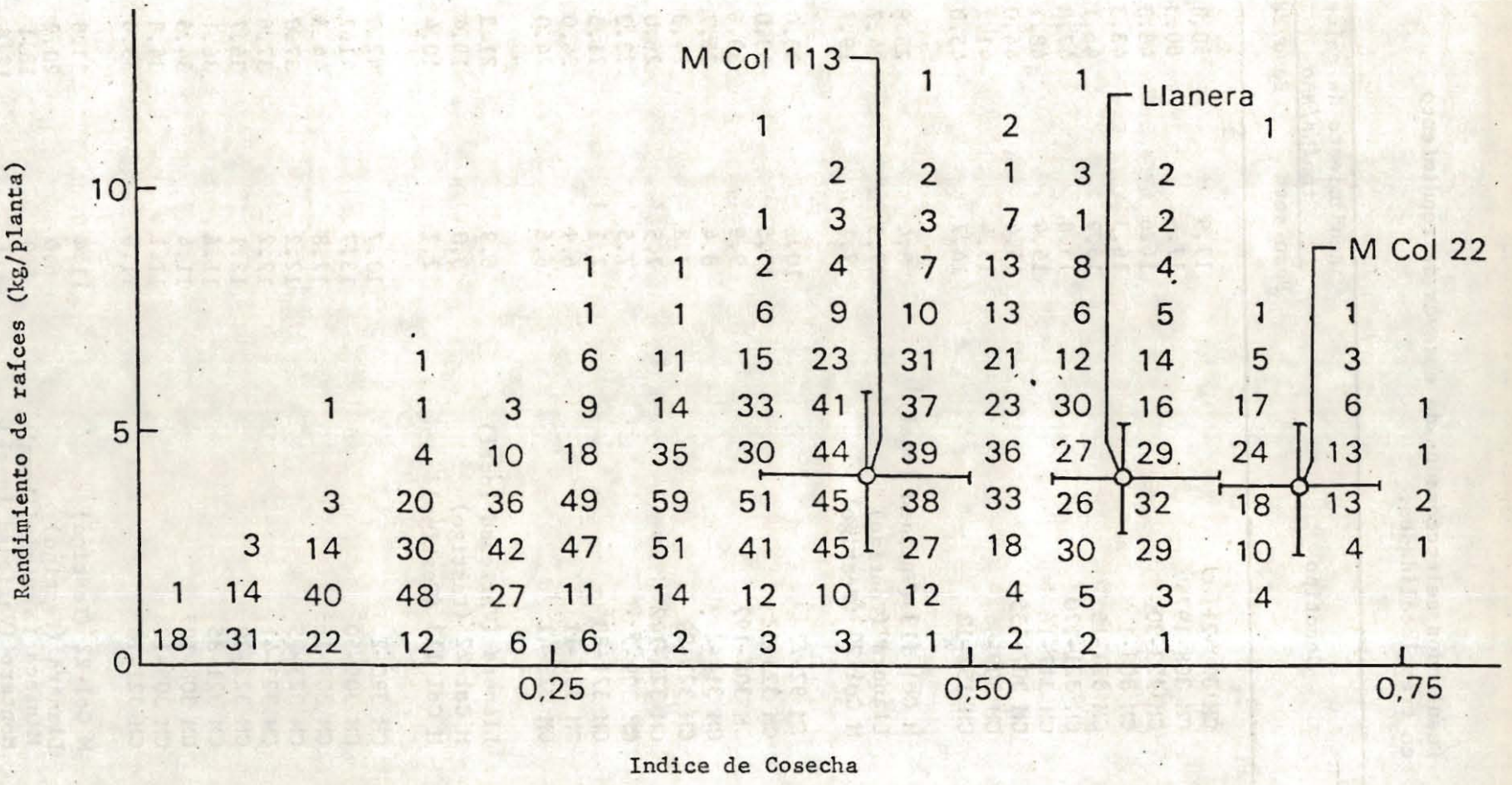


Fig. 1. Relación entre el índice de cosecha y el rendimiento de raíces de 1900 cultivares evaluados en surcos simples (El número representa el número de cultivares y los valores de los cultivares testigos se muestran con la desviación estandar)

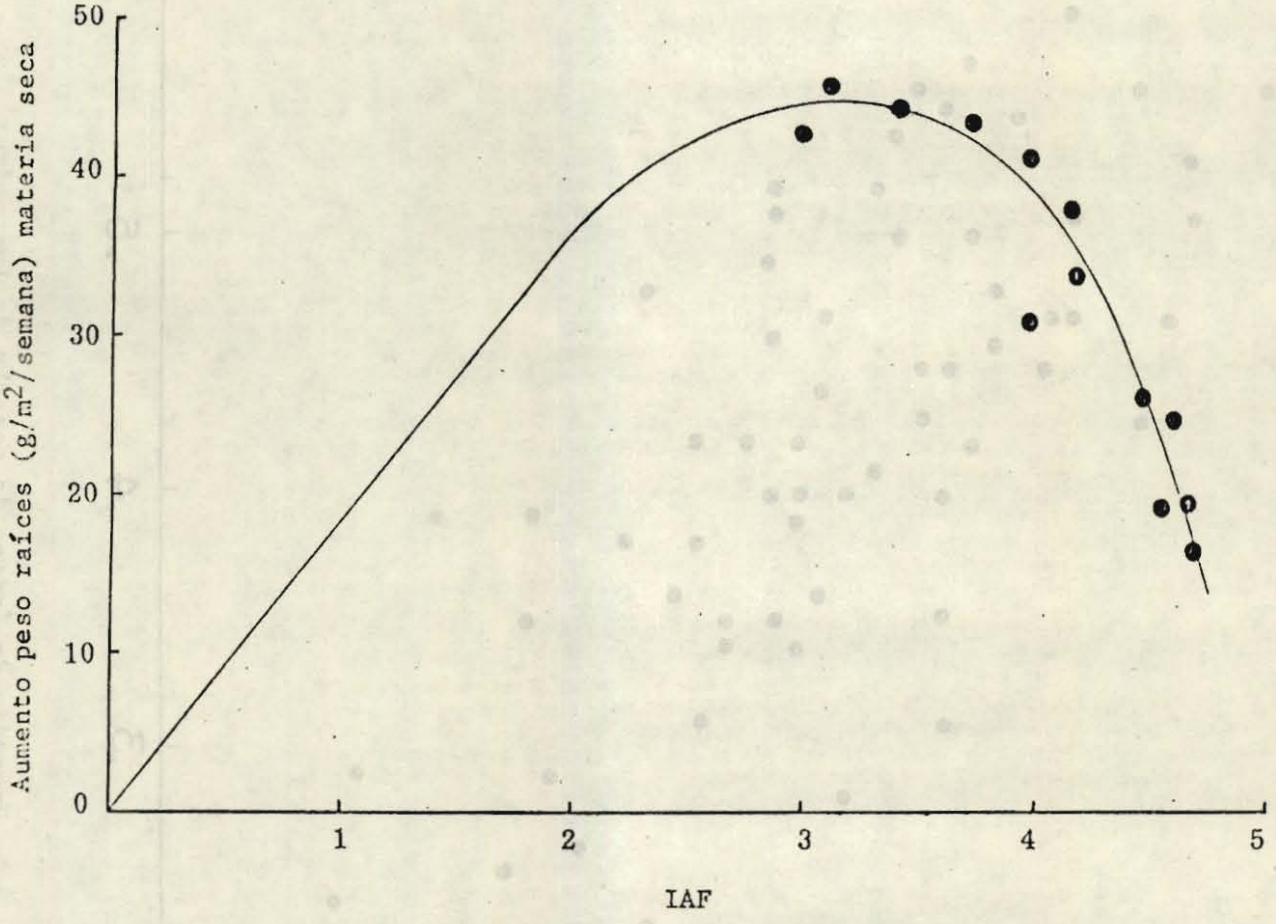


Fig. 2. Aumento del peso de las raíces como una función del IAF en la variedad M Col 113 en CIAT. (Cock, CIAT, 1975)

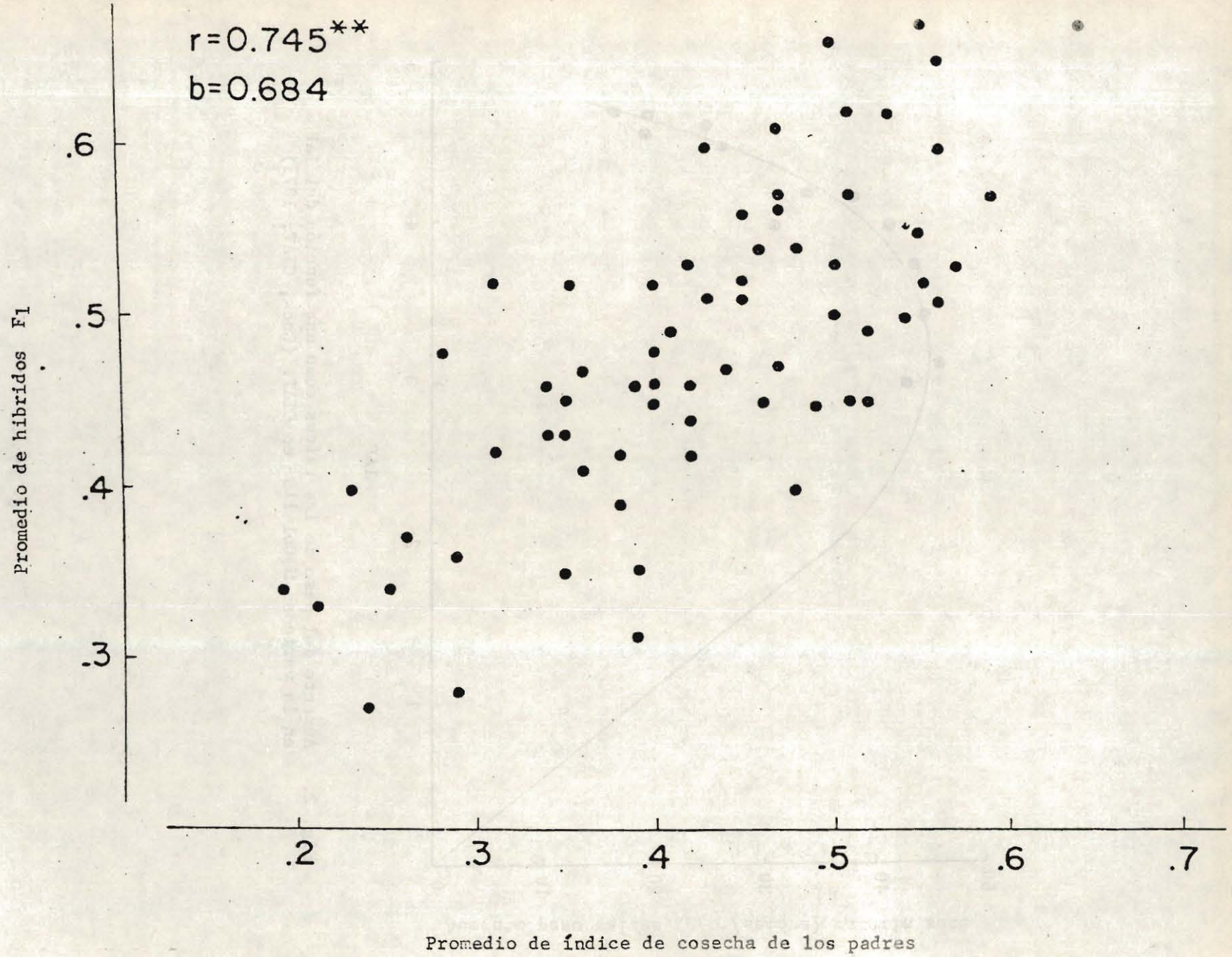


Fig. 3. Relación entre los padres y sus hijos en índice de cosecha.

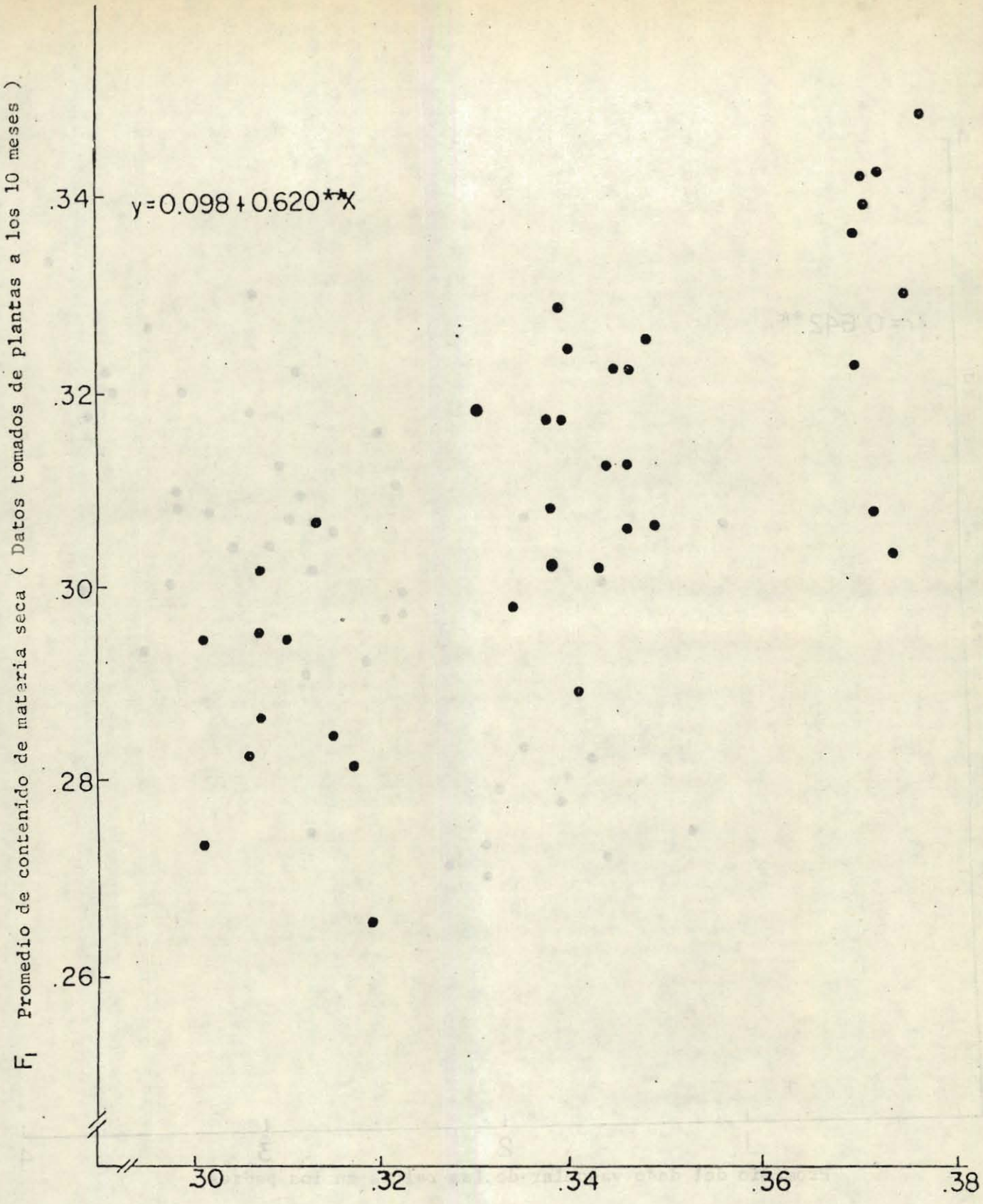


Fig. 4. Relación entre los padres y sus hijos en contenido de materia seca (Datos tomados de surcos individuales en CIAT).

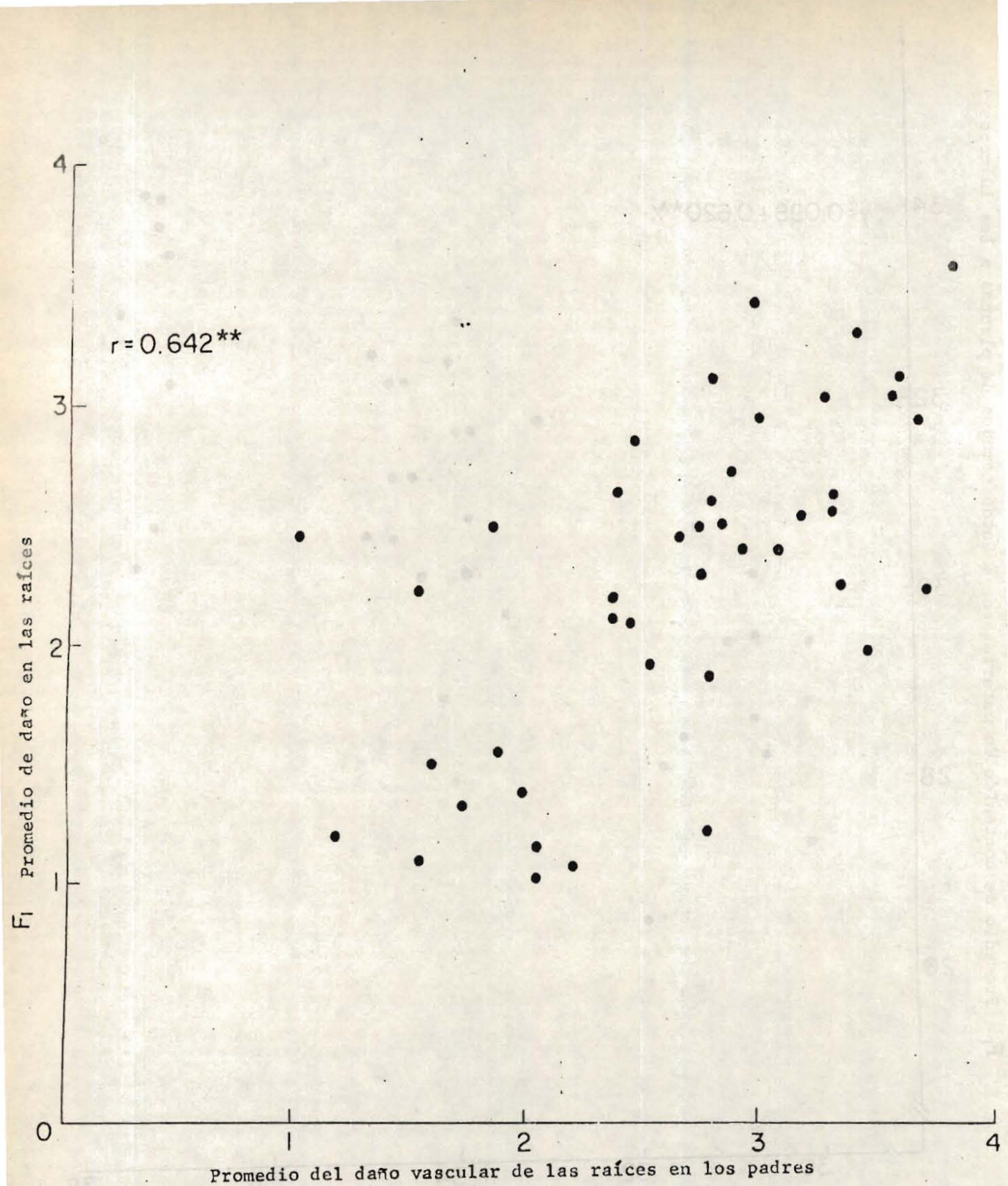


Fig. 5. Regresión del promedio de F_1 en la mitad de los padres en la deterioración de las raíces posterior a la cosecha (calificación para daño en la raíz o ningún daño o daño total).

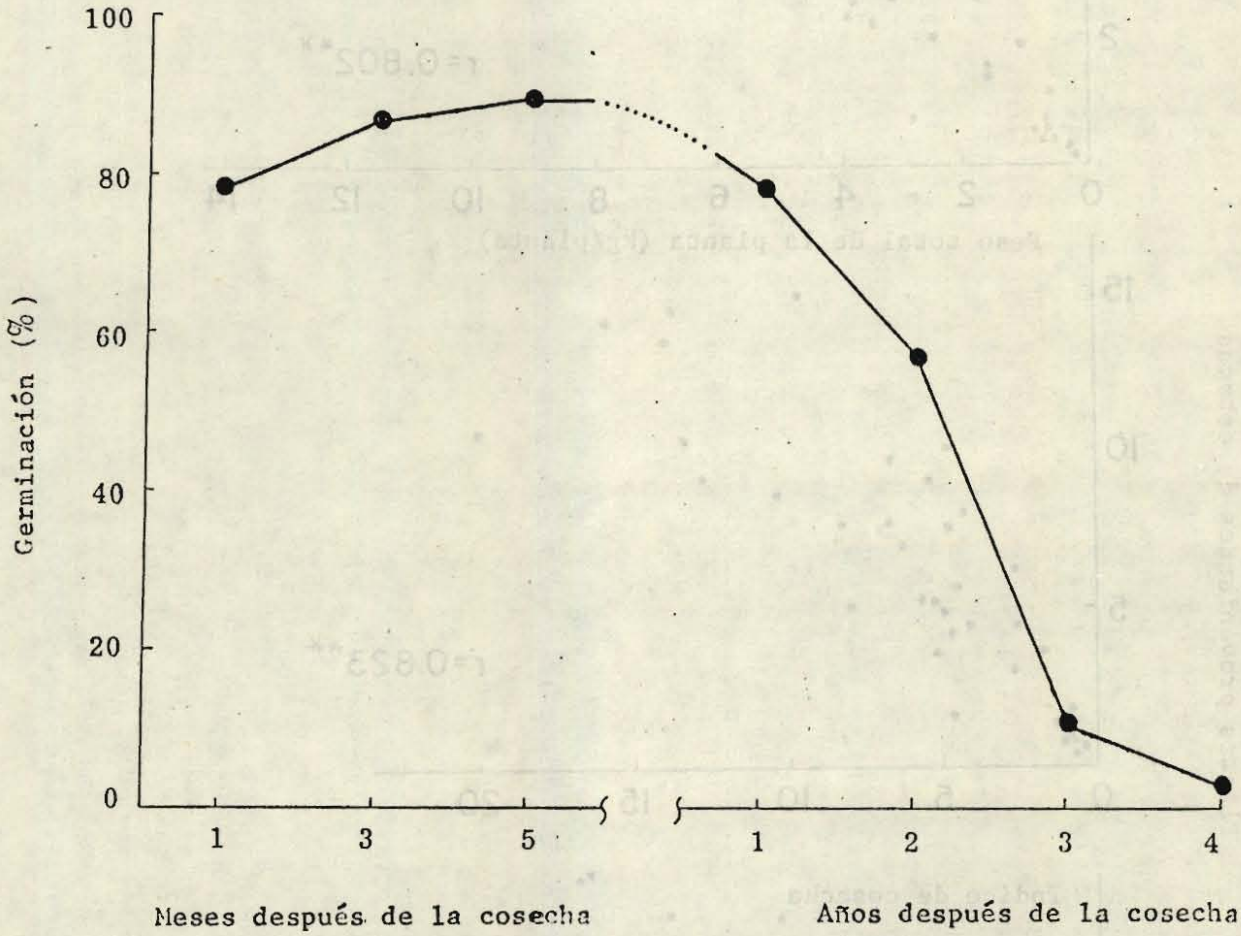
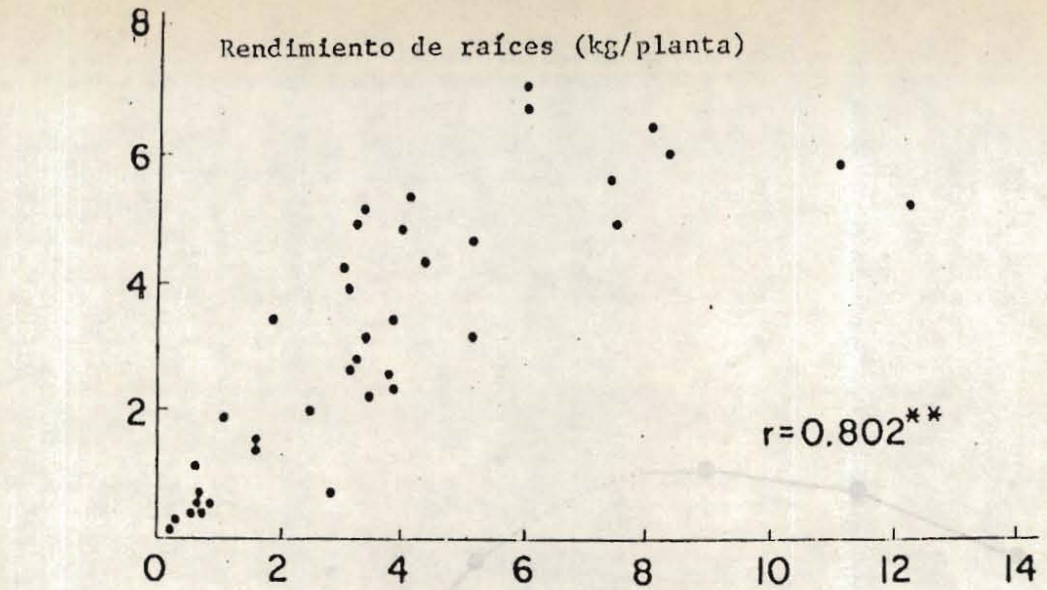
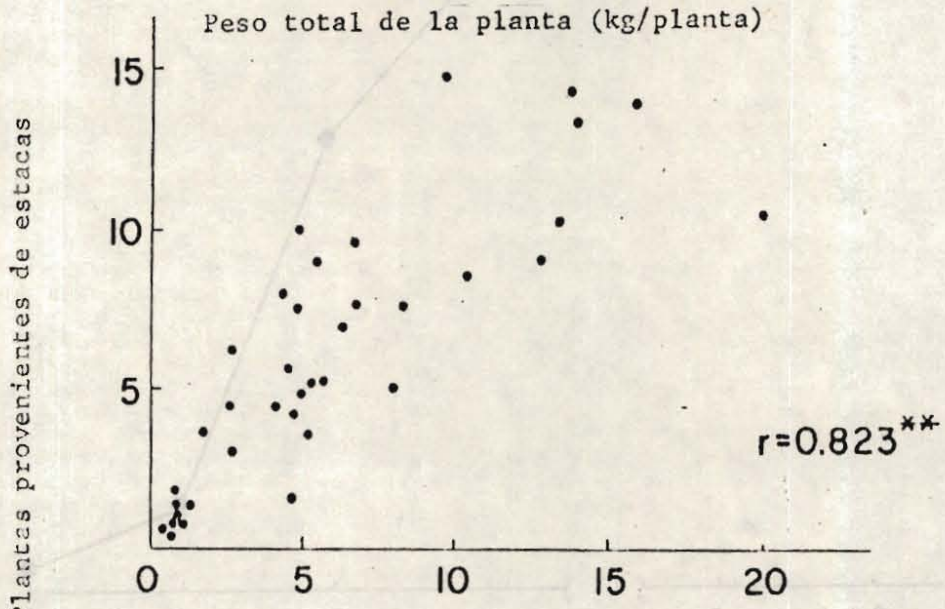
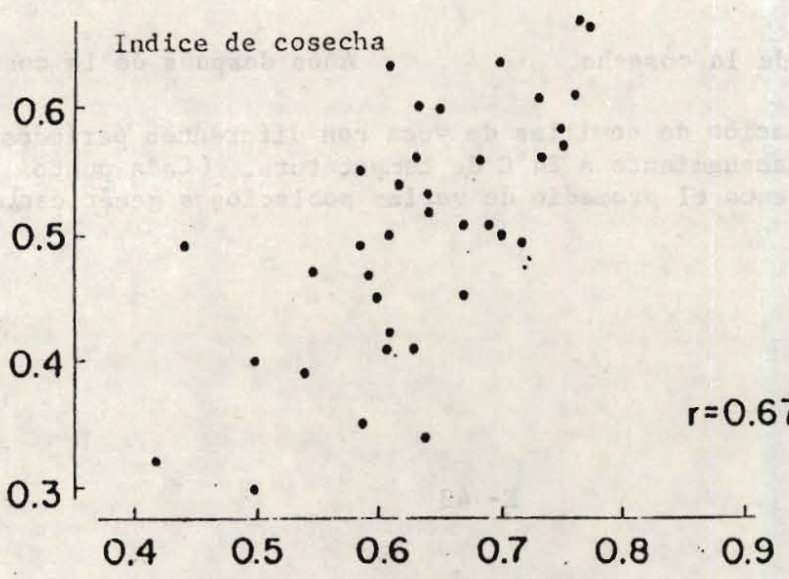


Fig. 6. Germinación de semillas de yuca con diferentes períodos de almacenamiento a 24°C de temperatura. (Cada punto representa el promedio de varias poblaciones genéticas).







Plantas provenientes de estacas

Plantas provenientes de semillas

Fig. 7. Correlación de datos de cosecha 7 meses después de la siembra entre plantas del mismo genotipo provenientes de semillas y de estacas en CIAT.

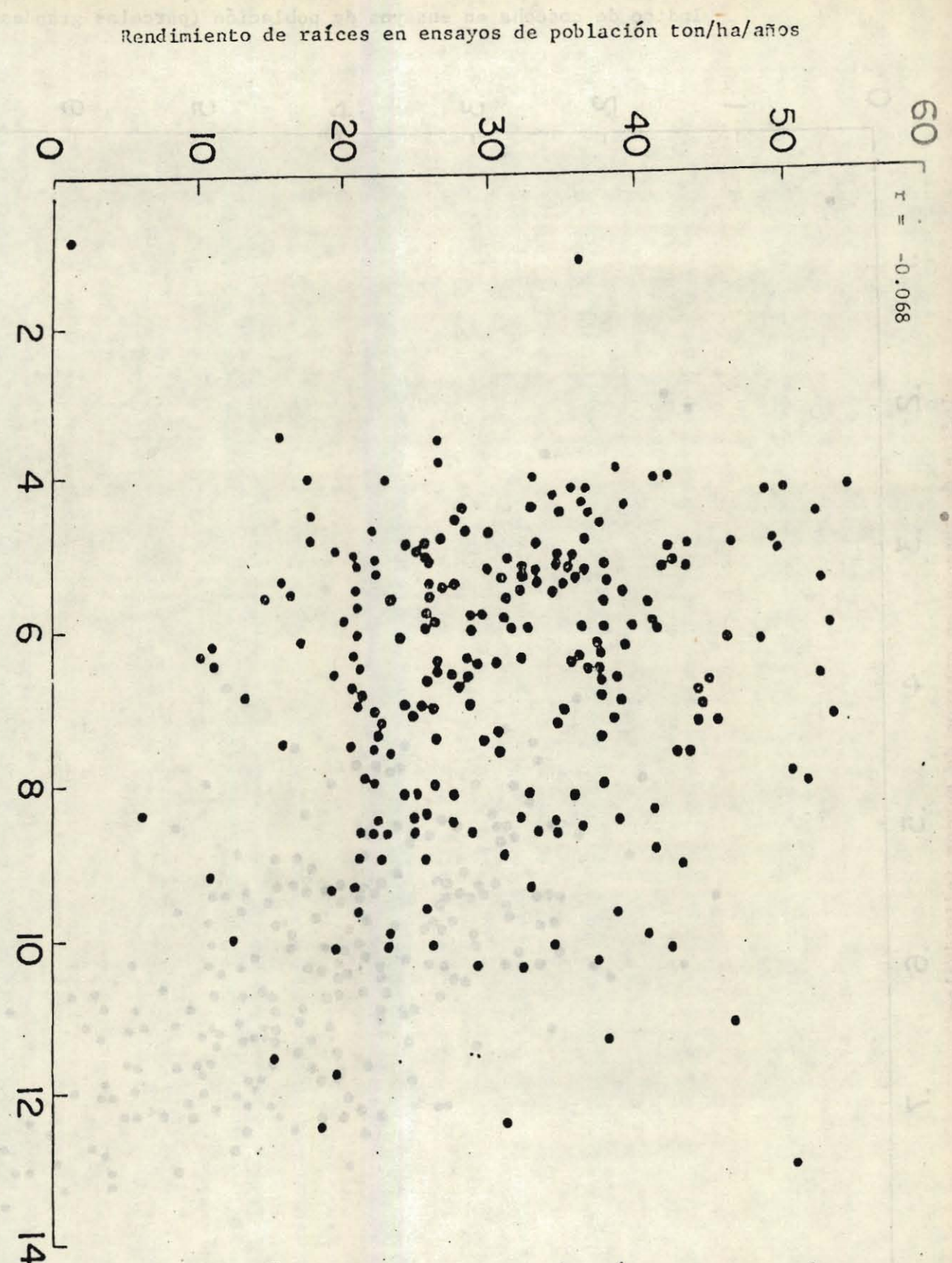


Fig. 8. Relación entre el peso fresco de raíces en ensayos de surcos individuales y ensayos de población en CIAT.

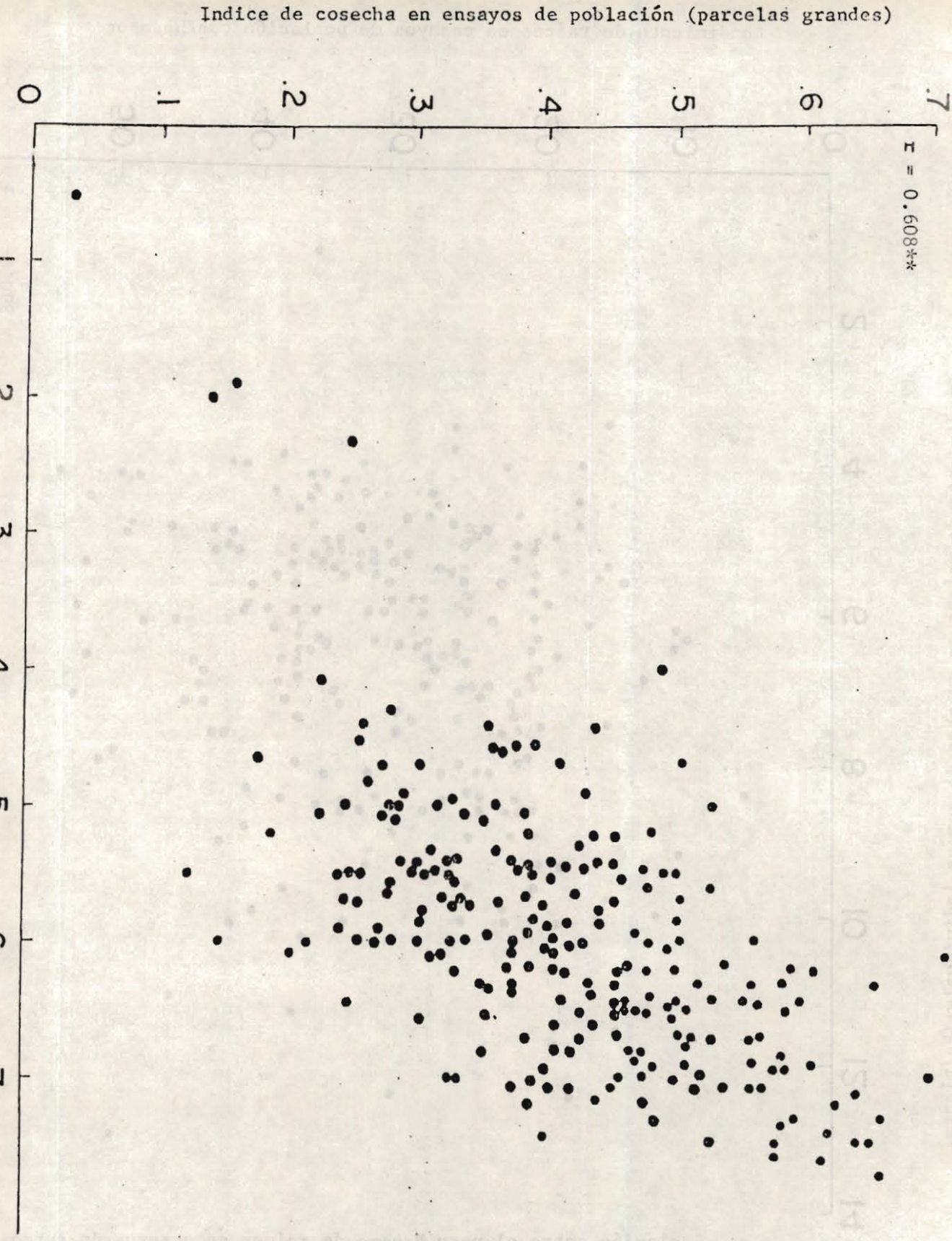


Fig. 9. Relación entre el índice de cosecha en ensayos de surcos individuales y en ensayos de población en CIAT,

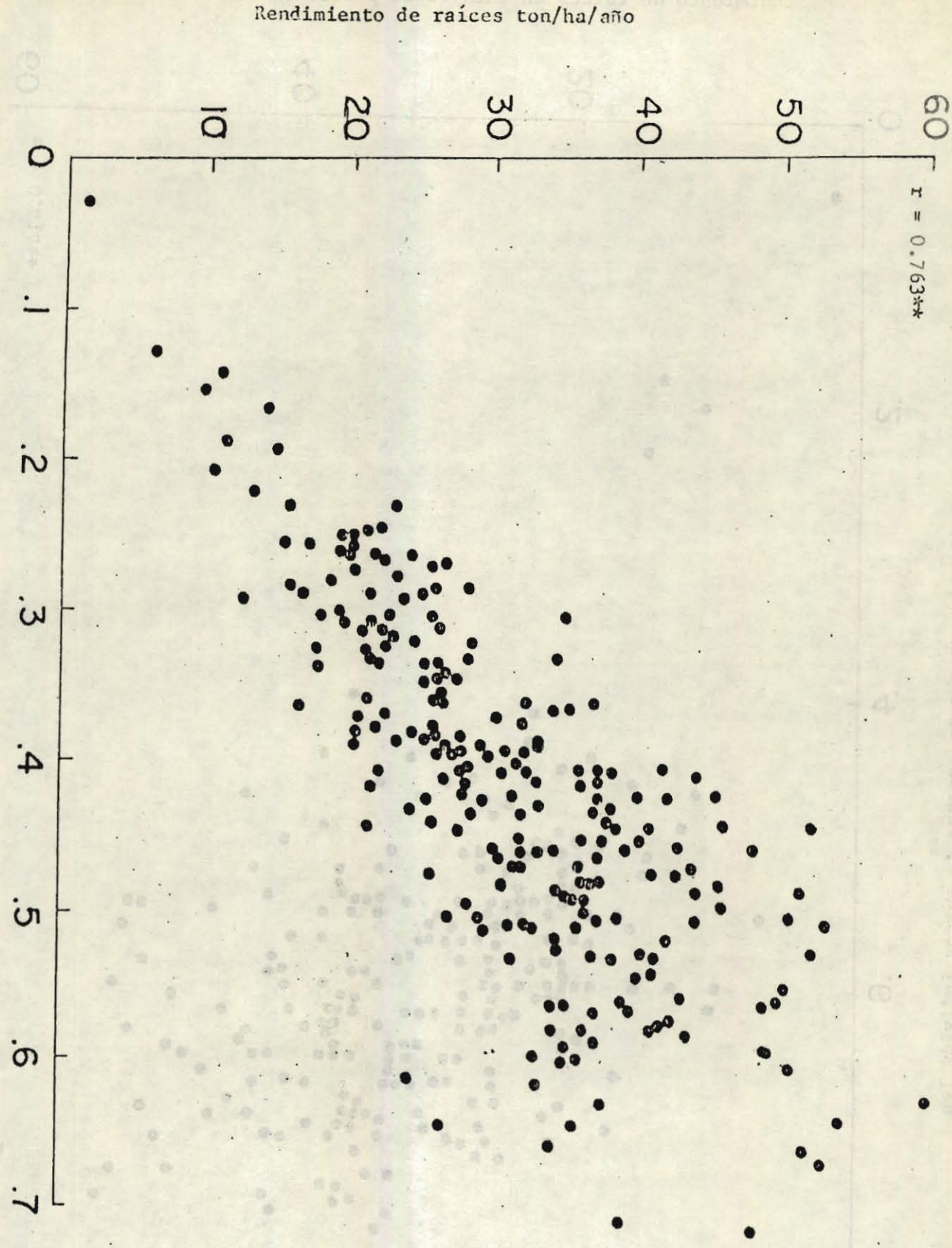


Fig. 10. Relación entre el índice de cosecha y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

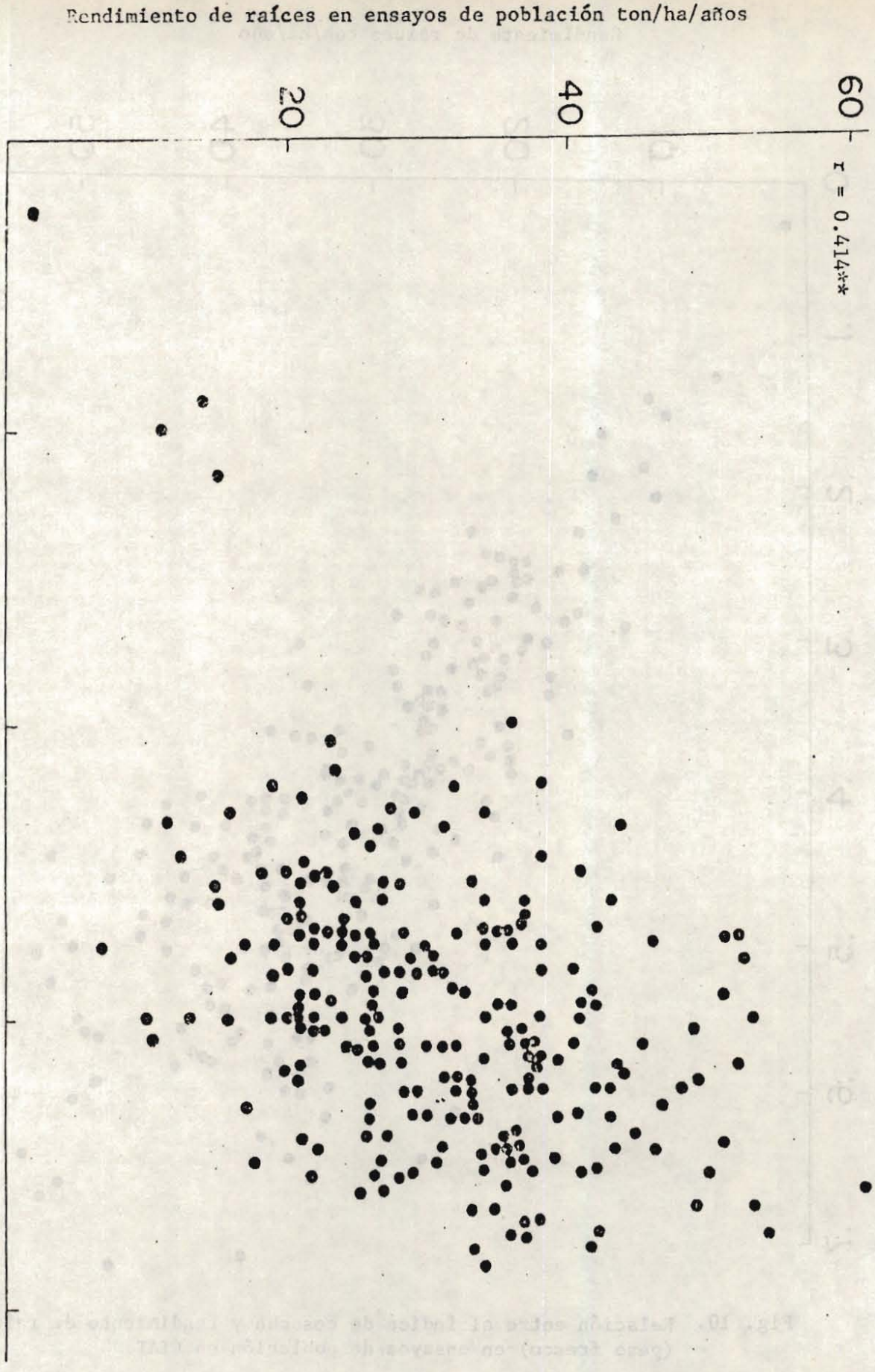


Fig. 11. Relación entre el índice de cosecha en ensayo de surcos individuale y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

INFLUENCIA DEL ECOSISTEMA EN LAS ESTRATEGIAS DEL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA[1]

J.C. Lozano *
D. Byrne **
A. Bellotti *

La yuca (Manihot esculenta Cramtz) originaria de América con un centro principal de diversificación en América del Sur y uno secundario en Guatemala y México (17, 20) ha sido cultivada en este continente por más de 5.000 años. Hace aproximadamente 400 años fue introducida al Africa y más recientemente al Asia (13, 17, 25). Está compuesta por clones bajo cultivo y no se han encontrado clones silvestres o sus ancestros.

La especie tiene 36 cromosomas y es generalmente reconocida como tetraloide (34). Los clones son altamente heterocigotos (4, 15) pero no heterogéneos debido principalmente a la propagación vegetativa y a la pérdida de vigor por consanguinidad (Imbreeding depression).

En una población muticlonal la yuca tiene una alta proporción de autopolinización, pero éstas plantas no compiten bien con las que provienen de polinización cruzada debido a la pérdida de vigor por consanguinidad (14,15). Las plantas provenientes de semilla botánica no compiten bien con aquellas que provienen de estacas o con las malezas y por lo tanto, son poco usadas por los agricultores.

La yuca ha sido cultivada tradicionalmente en asociación con otros cultivos usando pedazos de tallo de diferentes clones para la siembra en tierras nuevas. Este sistema se usa mucho todavía en las Américas (J.K. Lynan, economista, CIAT. Programa de yuca, comunicación personal). Recientemente se ha introducido el sistema de monocultivo, pero conservando la población muticlonal tradicional.

Las primeras plantaciones de yuca fueron aisladas, localmente por los bosques y regionalmente por las montañas. Las áreas productoras de yuca en las Américas se caracterizan por una gran diversidad de condiciones edáficas y climáticas. Los suelos varían en pH (3.5, 9.5) textura, cantidad de macro y/o micronutrimentos, salinidad, toxicidad de minerales (aluminio) y contenido de materia orgánica. Las condiciones climáticas dependen de la elevación (excepto en Paraguay y el Suroeste de Brasil y Perú): La temperatura puede ser estable o fluctuante de los 8 a los 33°C; los fotoperíodos van de ecuatoriales a subecuatoriales; semidesiertos a regiones muy húmedas (500 - 6000 mm/año) con 1 o 2 períodos de lluvia o sequía de 1 a 8 meses/año; y humedad relativa que fluctúa entre 15% hasta cerca de saturación durante algunos períodos del año. Todos estos factores se combinan para formar una gran variedad de ecosistemas con características muy diferentes.

---

* Patólogo y Entomólogo respectivamente. Programa de Yuca, CIAT, Cali, Col.

** Científico visitante, Cornel University, N.Y. USA.

1 Traducido del inglés por Carlos Dominguez. Programa de Adiestramiento Yuca, CIAT, Cali, Colombia.

Debido al relativo aislamiento en que viven los agricultores, generalmente siembran material vegetativo proveniente de los cultivos anteriores o de fincas vecinas. La introducción de nuevos clones ha ocurrido muy ocasionalmente y éstos han sido seleccionados por los agricultores comparándolos con el comportamiento de los clones locales en base a la adaptación al ecosistema, estabilidad del rendimiento e intrinsicamente a la resistencia a enfermedades e insectos del nuevo ecosistema.

Aunque la investigación ha mostrado el alto potencial de rendimiento de M. esculenta (8, 14), los rendimientos comerciales son muy bajos (9). Estos han sido atribuídos generalmente al uso de prácticas agronómicas inadecuadas y a la falta de cultivares mejorados que tengan alto rendimiento y resistencia al ataque de enfermedades y plagas. Se han reportado avances notorios en las prácticas culturales (4, 7, 34), pero las selecciones promisorias o líneas mejoradas han dado resultados muy variables cuando se siembran en regiones distintas de aquellas donde fueron seleccionadas. Esto sugiere la necesidad de probar regionalmente las variedades y de planificar programas para incorporar resistencia específica a los factores negativos de producción (FNP) en ecosistemas específicos.

La relación entre la planta de yuca y los FNP existentes en las diferentes áreas de producción de yuca se estudiarán en base a los resultados experimentales obtenidos durante los últimos 10 años en el CIAT con énfasis en los problemas fitopatológicos; se discute además la importancia de estos problemas en las estrategias de mejoramiento.

Programas de mejoramiento: Impacto de las estrategias pasadas:

Los programas de mejoramiento genético de la yuca son muy recientes; uno de los primeros fue iniciado hace 50 años en el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil (28). Más tarde se inició un programa en Africa para desarrollar variedades resistentes al virus del mosaico Africano (31). Durante la última década, el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y algunos programas nacionales, han iniciales proyectos de mejoramiento (25, 26).

El programa de mejoramiento del IITA contempla cruces masivas y selecciones para combatir dos enfermedades: Añublo bacterial de la yuca (Bacteriosis) y el virus del mosaico africano. Las semillas mejoradas provenientes de la interpolinización de padres seleccionados con fuentes de resistencia y otras características agronómicas deseables son producidas en un solo centro y distribuídas a otras localidades en los países del Africa. El programa del CIAT ha usado el sistema convencional de cruzamiento de líneas superiores seguido por el método de pedigree. El material seleccionado en un centro es vegetativamente distribuído y probado en tres diferentes localidades. Sin embargo, el impacto de estos programas en la especie hasta la fecha ha sido muy limitado. Los cultivares regionales tienen probablemente la mayoría de las características genéticas de los primeros clones domésticados y seleccionados a través de los siglos por su adaptabilidad ecológica, resistencia a enfermedades e insectos y buenas características agronómicas. Estos clones constituyen una excelente fuente de material básico para los programas de mejoramiento y su éxito depende de su correcta identificación y uso.

Resultados experimentales relacionados con las estrategias de mejoramiento.

Los resultados de la investigación durante los últimos 10 años, nos han llevado a creer que:

a. La incidencia de las enfermedades y de los insectos y la severidad de los ataques de estos, están relacionados con las características ecológicas de una región dada.

b. La especialización de razas patogénicas dentro de los agentes causales de enfermedades de la yuca son muy escasas.

c. Se encuentra en la especie Manihot esculenta resistencia estable a la mayoría de los NPFs.

d. Los clones que existen hoy en día son cultivares regionalmente adaptados, que han sobrevivido en el ecosistema debido a que poseen características deseables;

e. En un ecosistema específico se pueden encontrar clones con resistencia a los principales NPFs.

1. Los estudios más recientes han mostrado que las enfermedades y los insectos de la yuca están especificamente distribuídas en regiones y que su severidad es cíclica, durante ciertos períodos del año: La mancha de Cercospora en la hoja[Cercosporidium (Cercospora) henningsii y Cercospora vicosae], antracnosis (Colletotrichum y Gloeosporium spp.) y roya (Uromyces. spp.) no han sido encontrados o su ataque es muy moderado en áreas donde la temperatura es estable, independiente de la estación lluviosa o de la cantidad de lluvia en un período dado (7, 32). La mancha de anillos concéntricos (Phyllosticta spp.) y la mancha blanca de la hoja (Phaeoramularia manihotis = Cercospora caribaea) se presentan en regiones donde la temperatura baja de 18°C durante la estación lluviosa y durante el invierno en las zonas subtropicales del soroeste brasileño y peruano, el norte del Argentina, Uruguay y Paraguay (23). Las pudriciones de la raíz producidas por Phytophthora y Pythium son más prevalentes en los suelos pesados y mal drenados (3, 23, 29), mientras que las pudriciones de la raíz causadas por Armillaria, Rosellinia causan pérdidas considerables cuando la yuca se siembra después de que en el campo han habido bosques o cultivos perennes (3, 23). Las pudriciones del tallo son severas en áreas donde la humedad relativa está cerca a la saturación por períodos prolongados. La incidencia del mosaico Africano es muy alto cuando hay altas poblaciones de su vector Bemisia spp. en la estación lluviosa (2, 18). Este es el caso también de la bacteriosis del tallo causada por Erwinia carotovora p.v. carotovora, encontrada en asociación con las moscas de la fruta (22). Las poblaciones de ácaros, thrips y chinches de encaje son particularmente altas cuando hay períodos prolongados de sequía (1).

2. Con una exceptición (6, 7)(el agente causal del superalargamiento, que posiblemente evolucionó en un húesped diferente a M. esculenta), hasta la fecha no existe evidencia de especialización de razas dentro de los patógenos de la yuca. Nuestra investigación en la variabilidad patogénica de los agentes causales de la bacteriosis, manchas de la hoja causadas por Cercospora

(tres especies), manchas de anillos concéntricos en la hoja y antracnosis (tres especies de Colletotrichum y dos de Gloeosporium) han mostrado que la variabilidad es dada por la agresividad y no por una interrelación gene a gene con su hüesped.

Esta aparente falta de especialización de razas, podría deberse al hecho de que la yuca, un cultivo homogéneo, de ciclo largo (8 a 18 meses), es básicamente heterocigoto (4, 15) y a que la mayoría de sus insectos y enfermedades no son parásitos obligados.

3. La resistencia a los FNP, particularmente enfermedades e insectos, es estable; esto es lo que ocurre en las variedades regionales, porque si tuvieran una resistencia inestable las variedades regionales no podrían sobrevivir en un cultivo que tiene una composición genética estática, en donde siempre existieran materiales susceptibles. Asumiendo que los patógenos y los insectos tienen una mayor capacidad para cambios genéticos que los cultivos propagados vegetativamente, ellos romperían la resistencia más rápidamente que lo que el cultivo puede evolucionar.

En el área de Caicedonia en Colombia, por ejemplo, la variedad chiroza ha mantenido unos rendimientos estables de alrededor de 26 t/ha durante los últimos 7 años (S. García, Federación Nacional de Cafeteros, comunicación personal). Las variedades llaneras, en los Llanos Orientales, y Valluna, en Santander de Quilichao, han mantenido rendimientos consistentes por muchos años, lo cual se nos permite decir que la resistencia estable existe y que ha sido explorada por los agricultores durante muchos años.

4. Los clones que se siembran en los sistemas tradicionales están adaptados regionalmente y han sido seleccionados en ecosistemas con distintos grupos de FNP. Los clones seleccionados y desarrollados en áreas donde hay pocos FNP generalmente dan rendimientos estables en estos sitios; pero se llevan a otros ecosistemas, estos mismos clones muestran grandes fluctuaciones en sus rendimientos de un año a otro (Tabla 1). Esto es debido a que las variedades seleccionadas en áreas con pocos FNP no tienen resistencia para todos los FNP de otros sitios; por lo tanto, los rendimientos variarán dependiendo de la presión biótica y abiótica que se presente entre un año y otro.

Se han observado bajas considerables en el rendimiento cuando una variedad regionalmente adaptada se siembra en un ecosistema con diferentes FNP. Por ejemplo, en el caso de la línea CMC 92, adaptada a las regiones de Popayán en Colombia, y la línea M Mcol 22, adaptada a las condiciones del CIAT (Tabla 2); cuando CMC 92 se sembró en el CIAT, su rendimiento pasó de 20 a 8 t/ha. Por otra parte el rendimiento de M Mcol 22 bajo de 40 a prácticamente nada (0 - 1 t/ha) cuando se sembró en Popayán. Lo mismo ha sido observado para la variedad Santa Catalina en Brasil (A. Takatsu, comunicación personal) y muchas variedades de Kenya que fueron sembradas en diferentes sitios del Africa (R. Terry, comunicación personal.).

5. La resistencia a la mayoría de los FNP existentes en los diferentes ecosistemas probablemente existe en Manihot esculenta, ya que ésta ha sido seleccionada bajo un amplio rango de ecosistemas. La más amplia expresión de resistencia se encuentra donde la presión debida a los FNP es más alta. Así por ejemplo, clones con resistencia a los siguientes factores adversos han sido reportados: bajos niveles de fósforos, altos niveles de aluminio, suelos salinos (11); estabilidad para bajas temperaturas (12); Cercospora spp., Phoma sp., Colletotrichum y Gloeosporium spp., Sphaceloma manihoticola (16, 21, 23), mosaico Africano (2, 10), ácaros, thrips y chinches de encaje (1, 7).

Resistencia a grupos específicos de FNP

Aunque se han identificado fuentes de resistencia para la mayoría de las enfermedades, para la mayor parte de los insectos y ácaros, y la tolerancia para los factores edáficos y climáticos adversos, la combinación de estos caracteres en una sola variedad presenta un problema muy serio para los programas de mejoramiento, ya que esto requeriría una gran cantidad de cruces y muchas generaciones de pruebas. Consecuentemente, el énfasis se ha concentrado en la identificación de líneas tolerantes para muchos FNP. El trabajo en el CIAT se ha concentrado en dos regiones de Colombia, las cuales tienen diferentes factores adversos que pueden reducir en un alto porcentaje los rendimientos. (Tabla 1).

Ecosistema Popayán:

Los FNP más importantes en este sitio son las enfermedades que producen manchas en las hojas, las bajas temperaturas y el bajo pH en el suelo. La reacción de una línea resistente (CMC 92), una linea intermedia (CMC 39) (resistente a bajas temperaturas y pH pero no a las manchas de la hoja), y una línea susceptible (M Mcol 22) han sido estudiados por un período de seis años (Fig. 1).

La línea susceptible consistentemente rindió entre 0 y una ton/ha. mientras que la intermedia fluctuó entre 8 y 26 t/ha, dependiendo de la intensidad de las enfermedades presentes (principalmente determinada por la cantidad de lluvias) (tabla 3). La línea resistente rindió consistentemente 18 - 22 t/ha.

En una prueba de selección de dos años, el primer año mostró que los rendimientos estaban relacionados con la resistencia a los FNP en este ecosistema (Fig. 2). En el segundo año, cuatro líneas que habían sido catalogadas como susceptibles durante el primer año resultaron ser resistentes y sus rendimientos fueron tan buenos como los de las líneas resistentes. Estudios posteriores revelaron que estas líneas eran resistentes a los factores edáficos y climáticos, pero no a los problemas causados por enfermedades (7). Los resultados obtenidos se debieron a que el segundo año fue anormalmente seco y por lo tanto, se presentaron pocas enfermedades, razón por la cual estas líneas dieron buenos rendimientos.

Ecosistema Carimagua.

Aunque esta área es representativa de una porción muy grande de las áreas con un mayor potencial para el incremento de la producción de yuca, existen muchos FNP (bacteriosis, superalargamiento, baja fertilidad de suelos, bajo pH, toxicidad de aluminio, ácaros) (Tabla 2). En pruebas de selección de 800 clones durante dos años, fueron seleccionadas ocho líneas como resistentes.

Estrategia de mejoramiento recomendada.

Las consideraciones presentadas anteriormente sugieren que para producir variedades con amplio rango de resistencia (a la mayoría de los FNP), los programas de mejoramiento deberían ser descentralizados. Se deberían escoger como sitios de selección varios ecosistemas representativos, en donde el material básico y la progenie pudiera ser evaluada por varios años, tanto para resistencia como para características agronómicas. La producción de híbridos para diferentes ecosistemas podría hacerse centralizada. Una mayor cantidad de material vegetativo seleccionado en varios sitios podría volver a la localidad central para hibridización usando la técnica descrita por Lozano y Wholey (24) para la producción de material libre de bacteriosis y otras enfermedades.

Los progresos de estos programas de mejoramiento varietal dependerían de las características genéticas deseadas, del número de características que deban ser incorporadas, de la efectividad de las técnicas de evaluación y del número de progenies evaluada cada año. En algunas áreas, por ejemplo, las variedades locales pueden no tener resistencia para un factor pero están bien adaptadas, producen buenos rendimientos y buena calidad. En este caso la variedad local podría ser mejorada incorporandole resistencia, cruzando la variedad local con variedades que tengan estas resistencias y seleccionado para resistencia y las características de la variedad local. Para alcanzar estos objetivos se requiere de varios ciclos. Un caso extremo sería aquella área donde no exista una buena variedad local (ejemplo, Carimagua). En este caso, se deberían evaluar posibles padres antes de iniciar un programa de mejoramiento por población recurrente (cruces al azar entre padres, selección de la progenie, cruces al azar entre selecciones, etc.).

Estos programas descentralizados producirían progenies con la resistencia necesaria para el ecosistema en cuestión, adicionalmente con altos y estables rendimientos.

Este material podría ser luego distribuído y evaluado en ecosistemas similares por algunos años.

La validez de esta estrategia de distribución está basada en los rendimientos obtenidos de algunas variedades adaptadas al CIAT, Popayán y Darién, por ejemplo, y sus respectivos rendimientos en otros sitios (Tabla 4). Con algunos programas de mejoramiento localizados regionalmente podrían evitarse las producciones inestables dadas por las variedades de alto rendimiento, producidas en otros ecosistemas.

Finalmente debería mantenerse siempre presente que la yuca está en equilibrio con las enfermedades y los insectos que están presentes hoy en día y que para mantener este balance, evitando el desarrollo de razas patogénicas especializadas, debe tenerse mucho cuidado.

Tabla 1. Fluctuación de rendimiento de materiales seleccionados en el CIAT sembrados en ocho localidades por tres años (1975-1977) en Colombia.

Lugar	Rendimiento (t/ha.)	Variación D. E.	Variación standar C. V.
Media Luna	12.7	5.0	39.7
Carimagua	15.3	9.1	59.2
Nataima	23.3	6.0	25.8
Rio Negro	23.3	6.5	27.8
Caicedonia	31.0	10.5	34.0
Pereira	29.3	11.6	39.5
Popayán	9.0	2.7	29.4
CIAT	31.0	3.0	9.7

TABLA 2. Algunos factores climáticos y edáficos, enfermedades, insectos y ácaros que inducen reducción del rendimiento (factores negativos de producción FNP) en Popayán, Darién, Carimagua y CIAT.

F N P	Localidad			
	Popayán	Darién	Carimagua	CIAT
Climáticos				
Temperatura media (°C)	18.0(+)*	19.5(+)	26.1(-)	24.0(-)
Precipitación (mm/año)	2500(-)	1500(-)	2031(-)	1000(+)
Duración de la lluvia (meses)	6(2 períodos)(-)	6(2 períodos)(-)	8(1 período)(+)	5(2 períodos)(-)
Edáficos				
pH	4.1(+)	4.3(+)	4.7(+)	6.8(-)
Concentración AL	alta(+)	Alta(+)	Alta(+)	baja(-)
Fertilidad del suelo	Buena(-)	Mediana-baja(+)	Baja(+)	Buena(-)
Textura del suelo	Franco-arcilloso(-)	Franco-limoso(-)	Franco-arenoso(-)	Arcilloso(±)
Enfermedades				
Mancha de la hoja por Phoma	+	+	-	-
Antracnosis	+	+	+	-
Mancha blanca	+	+	-	-
Bacteriosis	-	-	+	-
Superalargamiento	-	-	+	-
Mancha parda	-	-	+	±
Cercospora	-	-	+	+
Insectos y ácaros				
Acaros: *Oligonychus sp.*	±	±	±	±
Mononychellus sp.	-	-	+	+
Trips				
Insectos escamas	-	-	+	-
Perforadores del tallo	-	-	+	+
Chinches de encaje	-	-	-	+

*/ + = Daño severo; ± = Daño moderado; - = Sin daño

TABLA 3. Evaluación en campo de resistencia a los factores de producción (FNP) en el ecosistema de Popayán en relación a la precipitación *

Ciclo de crecimiento (15 meses)	Relación de los FNP de Popayán/Variedad**			Precipitación durante ciclo de 15 meses (mm)
	M Col 22	CMC 39	CMC 92	
1972-73	4.9***	4.1	2.1	3119
1973-74	3.5	2.0	1.5	2475
1974-75	4.8	4.0	1.9	3103
1975-76	5.0	3.9	1.9	3319
1976-77	4.8	3.5	2.0	3365

* ASNM 1760 m, temperatura media 18°C (4°C min, 20°C max).

** Promedio tomado de 36 plantas/variedad durante un período de 15 meses.

*** Reacción a los FNP:
1 = Crecimiento normal, sin ataque de enfermedades o insectos;
2 = Menos de 30% de hojas caidas por ataque de enfermedades o insectos y/ó factores ambientales o edáficos, crecimiento de planta normal;
3 = Hasta 80% de hojas caidas y chancros en el tallo o daños debidos a ataques de insectos o enfermedades y/ó otros factores ambientales o edáficos, muestras de enanismo y amarillamiento;
4 = Defoliación total, chancros en el tallo, enanismo y muestras de muerte decendente debido a enfermedades, insectos y/ó factores ambientales o edáficos;
5 = Enanismo severo o muerte de plantas debido a enfermedades, insectos, ácaros o factores ambientales o edáficos.

TABLA 4. Rendimiento de diferentes clones con diferentes reacciones a Factores Negativos de Producción (FNPs) existentes en Popayán (precipitación 1760 mm, temperatura media 18°C, ASNM 1760 m), Darién (precipitación 1500 mm, temperatura media 19.5°C, ASNM 1450 m) y CIAT (precipitación 901 mm, temperatura media 23.5°C, ASNM 1000 m).

CLONE	Rendimiento (t/ha)* y reacción a FNP					
	Popayán		Darién		CIAT	
	Rendimiento	Reacción	Rendimiento	Reacción	Rendimiento	Reacción
CMC 92	22.3	R**	26.6	R	8.2	R
Morada	16.5	R	18.3	R	-	-
M Col 80	13.7	R	15.3	R	-	R
M Col 235	14.5	R	11.5	R	-	R
M Col 230	11.3	R	10.3	R	-	R
M Col 307	6.5	T	6.7	T	-	R
CMC 39	8.6	T	8.8	T	13.0	R
M Col 22	0.3	S	0.0	S	39.4	R
M Mex 59	0.9	S	2.4	S	33.1	R
CMC 40	3.8	S	5.3	S	42.2	R
CMC 84	1.0	S	4.0	S	40.3	R
CMC 76	0.5	S	1.4	S	36.0	R
M Col 113	5.0	S	2.5	S	26.8	R
CMC 9	0.5	S	0.1	S	31.7	R
M Mex 23	1.0	S	1.0	S	34.3	R

* Datos tomados durante 1974-75 por la secciones de Agronomía y Patología del Progr
ma de Yuca del CIAT (4,5).

** R = Plantas con menos de 50% de defoliación y crecimiento normal;
T = Plantas con muestras de enanismo y/ó defoliación total pero que se recuperan durante períodos secos;
S = Enanismo severo, muerte decendente y/ó muerte total. Recuperación parcial o no recuperación durante períodos secos.

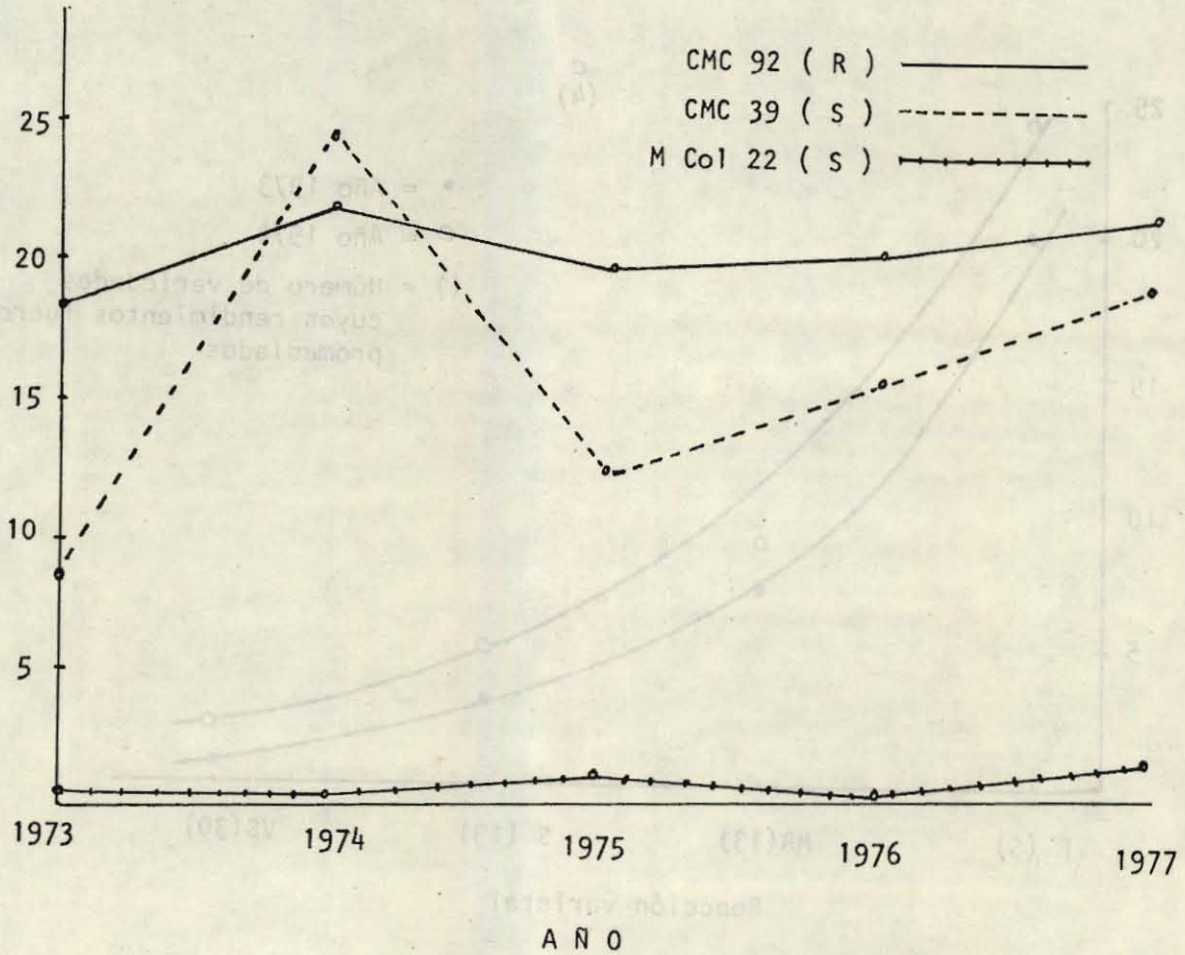


Fig. 1 Rendimiento de tres variedades en Popayán durante cinco años

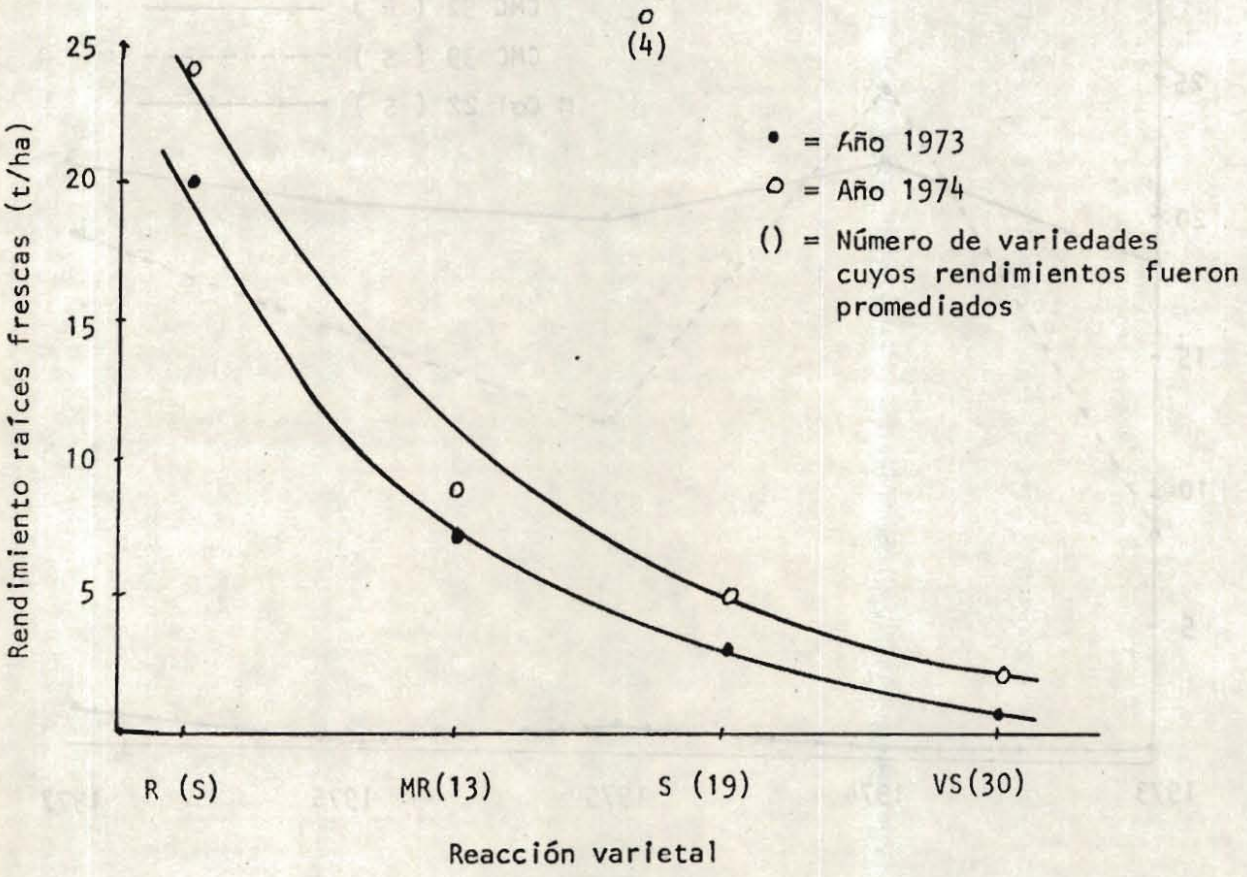


Fig. 2. Rendimiento de 67 variedades, en Popayán, con relación a los Factores Negativos de Producción de este ecosistema.

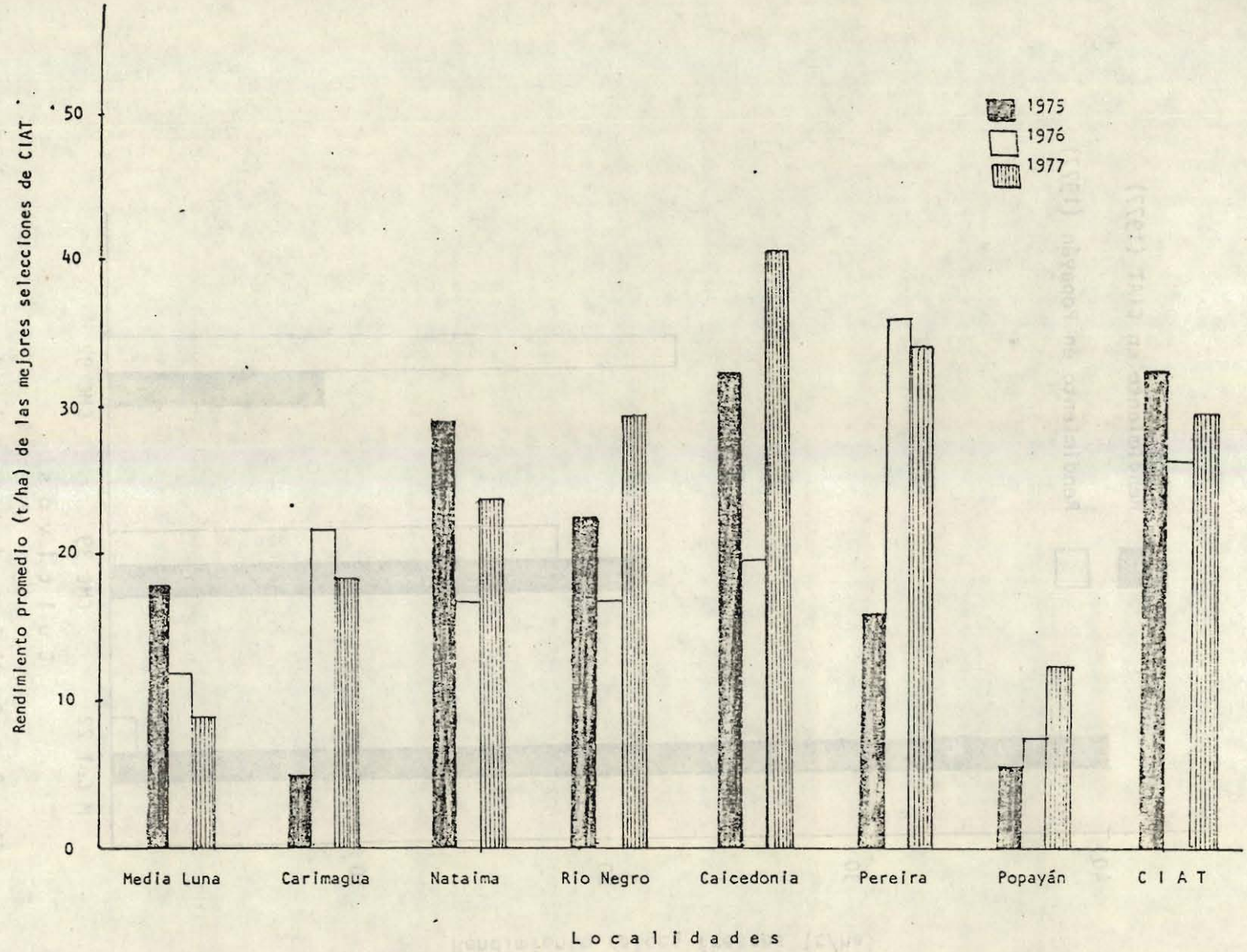


Fig. 2 Fluctuación del rendimiento de los materiales seleccionados por CIAT en ocho localidades durante tres años.

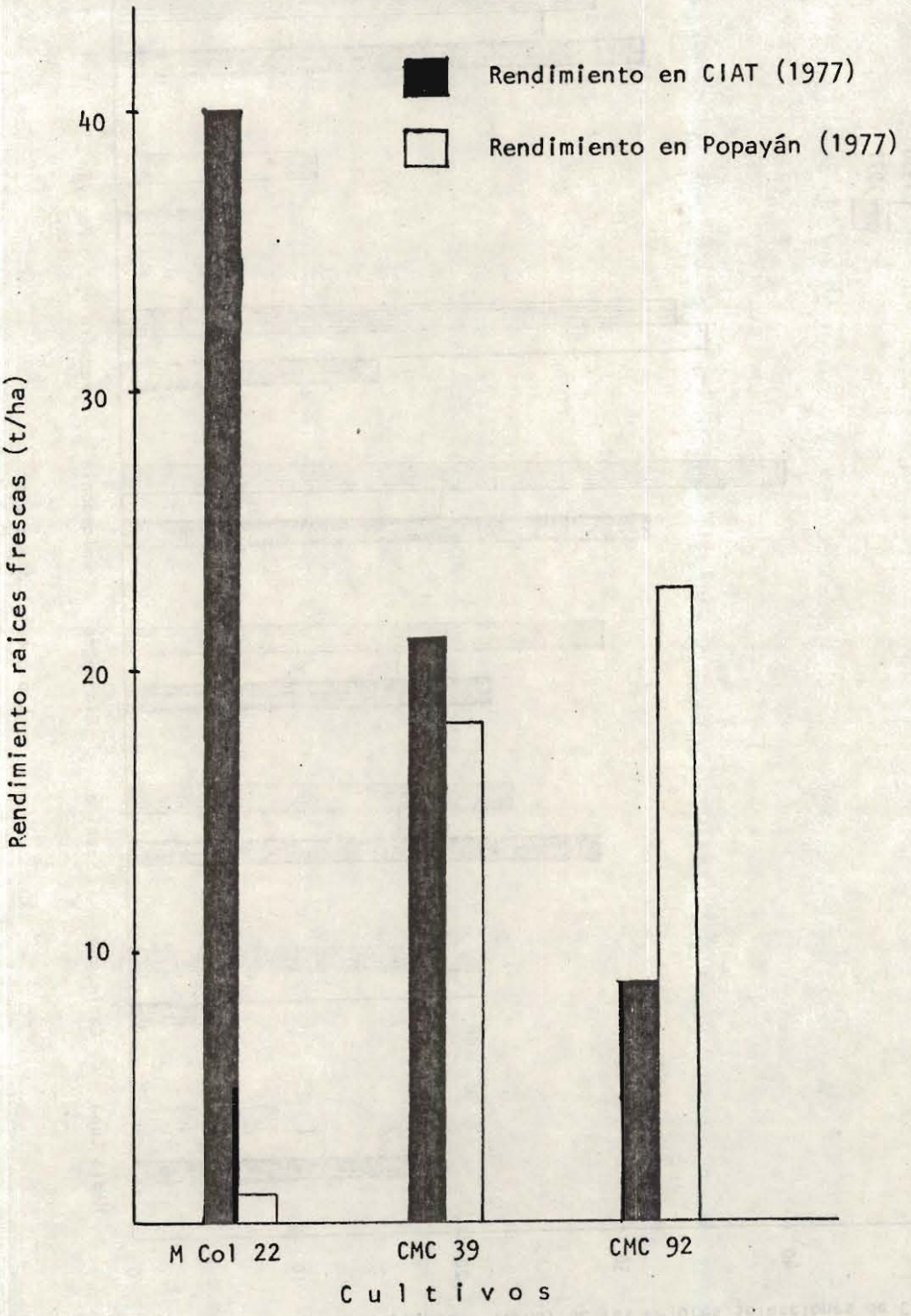


Fig. 3. Rendimiento de tres variedades en los ecosistemas de CIAT y Popayán.

Literatura citada

1. Bellotti, A. and A. van Schoonhoven. 1978. Mite and insect pests of cassava. Ann. Rev. Ent. 23:39-67.

2. Bock, K.R. and E.J. Guthrie. 1977. African mosaic disease in Kenya. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

3. Booth, R.H. 1978. A review of root rot diseases in cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

4. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1976. Cassava Production System Program . In: CIAT Annual Report 1975. CIAT, Cali, Colombia, pp. B1-B63.

5. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1977. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1976. CIAT, Cali, Colombia, pp. B1-B76.

6. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1978. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1977. CIAT, Cali, Colombia, pp. C1-C68.

7. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1979. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1978. CIAT, Cali, Colombia pp. A1-A100.

8. Cock, J.H. 1974. Agronomic potential for cassava production. In: Proceedings of the Cassava Processing and Storage Workshop. Int. Develop. Res. Centre. IDRC-031e.

9. Food and Agriculture Organization. 1071. Agricultural Commodity Projections 1970. FAO, Rome.

10. Hahn, S.K. 1979. Breeding of cassava for resistance to diseases in Africa. In: Proceedings of the International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgium, 316 pp.

11. Howeler, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. In: Cassava Production Course, CIAT, Cali, Colombia, Book I, 407 pp.

12. Irikura, Y.; J.H. Cock; and K. Kawano. 1979. Temperature X genotype interaction in cassava (in press)

13. Jennings, D.L. 1976. Cassava, Manihot esculenta (Euphorbiaceal). In: Evolution of Crop Plants. Simmonds, N.W. ed. Longman, London, 81-84pp.

14. Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (Manihot esculenta Crantz) for productivity. Tropical Agriculture Research Center (TARC), Min. Agr. and Forestry, Yakabe, Tsukuba, Ibaraki, Japan. Series No. 11:9-21pp.

15. Kawano, K.; A. Amaya; P.Daza; and M. Rios. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Science 18:373-376.

16. Krauz, J.P.; J.C. Lozano; and H.D. Thurston. 1978. Superelongation : a Sphaceloma disease of cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

17. Leon, J. 1977. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. In: Proceedings of the 4th. Symposium of the International Society of Tropical Root Crops. CIAT, Cali, Colombia, 277pp.

18. Leuschner, K. 1977. Whiteflies: biology and transmission of African mosaic disease. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

19. Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS 21: 38-43.

20. Lozano, J.C. 1977. Cassava (Manihot esculenta Crantz). In: Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio, 346pp.

21. Lozano, J.C. 1978. General considerations on cassava pathology. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

22. Lozano, J.C. and A. Bellotti. 1979. Erwinia carotovora pv. carotovora causal agent of bacterial stem rot of cassava: etiology, epidemiology and control. PANS 24: 467-479.

23. Lozano, J.C. and R.H. Booth. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS 20:30-54.

24. Lozano, J.C. and D.W. Wholey. 1974. The production of bacteria-free planting stock of cassava. World Crops 26:115-117.

25. Mauny, R. 1953. Notes historiques autour des principales plantes cultivées d'Afrique occidentale. Bull. Inst. Franc, Afrique Noir 15:684-730.

26. Nestel, B. 1974. Current trends in cassava research. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada. IDRC-036e, 32pp.

27. Nestel, B. and J. Cock. 1976. Cassava: The development of an international research network. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada. IDRC-059e, 69pp.

28. Normanha, E.S. and A.S. Pereira. 1950. Aspectos Agronómicos da cultura da mandioca (Manihot utilissima Pohl.). Bragantia 10:179-202.

29. Oliveros, B.; J.C. Lozano; and R.H. Booth. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58:703-705.

30. Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, IDRC-020e, 182pp.

31. Storey, H.H. and R.F.W. Nichols. 1938. Virus diseases of East African plants. VII. A field experiment in the transmission of cassava mosaic. East African Agricultural Journal 3:446-449.

32. Takatsu, A. 1977. Epidemiological aspects of bacterial blight of cassava in Brazil. In: Proceedings of the International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve. Belgium, 316 pp.

33. Teri, J.M.; H.D. Thurston; and J.C. Lozano. 1978. The cercospora leaf diseases of cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

34. Toro, J.C. and S.P. García. 1977. Caicedonia: an improved cassava-growing area with integrated control. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

35. Umanah, E.E. and R.W. Hartman. 1973. Chromosome number and Karyotypes of some Manihot species. J. Amer, Soc. Hort. Sci. 98:272-274.

CULTIVO DE TEJIDOS EN YUCA

W. M. Roca

Introducción

En general, se entiende por "cultivo de tejidos" al cultivo in vitro de cualquier parte de la planta, sea ésta una célula, un grupo de células o un órgano.

Ensayos de laboratorio han demostrado (15, 16) que todas las células vivas de la planta son totipotentes, lo que significa que cada célula contiene la información genética necesaria para la formación de una planta completa bajo condiciones apropiadas que se pueden crear artificialmente. Sin embargo, es una tarea difícil mantener las células aisladas en tubos de ensayo puesto que son meros fragmentos de vida. Por este motivo, para muchos casos de aplicación práctica, se prefiere empezar con un grupo de células o con un órgano.

Una vez aislado de la planta, el tejido debe ser nutrido en forma precisa y controlada. Todos los nutrientes y factores de crecimiento que se encuentran en el cuerpo de la planta deben ser provistos artificialmente. Estos incluyen elementos minerales, una fuente de carbohidrato (sucrosa), vitaminas y reguladores de crecimiento de tipo hormonal. La clase y concentración hormonal puede variar para cada especie y para cada tipo de tejido ; por lo tanto requiere ensayos especiales.

La clase de crecimiento que se desarrollará a partir del tejido aislado(proliferación celular, formación de callo, diferenciación de raices, yemas, plántulas completas)depende principalmente de los nutrientes y de las hormonas.

Ciertos factores como temperatura, calidad, intensidad y duración de la luz también deben ser apropiadamente provistos a los cultivos de tejidos.

En los últimos años se ha avanzado significativamente en la utilización de las técnicas de cultivo de tejidos para resolver algunos problemas en agricultura. Esto es especialmente cierto en el caso del "cultivo de meristemas" y del "cultivo de ápices". Las aplicaciones más importantes de estas técnicas son: propagación vegetativa rápida (7,12), erradicación de patógenos sistémicos (8), conservación (11) y transferencia internacional de germoplasma (13).

El meristema apical es una cúpula diminuta (0.1-0.3 mm) de tejido localizado en el extremo terminal del tallo. Está formado por un grupo pequeño de células embrionales de crecimiento rápido. Las yemas axilares también poseen meristemas cuya actividad es mínima durante el crecimiento de la yema terminal del tallo (dominancia apical) pero se reactiva cuando la yema terminal cesa su crecimiento vegetativo.

Contrastando con el cultivo de células aisladas y de otros tejidos, el cultivo de meristemas y de ápices (meristema apical acompañado por varias hojitas jóvenes) permite la regeneración de plantas completas en forma rápida y consistente. Esto se debe a que el ápice meristemático tiene gran potencial organogénico, es decir, que posee la capacidad inherente de formar órganos indefinidamente bajo condiciones apropiadas. Debido a la alta organización del meristema apical, las plantas regeneradas in vitro mantienen fielmente sus características varietales (propagación clonal).

Cultivo de Meristemas en Yuca

Se han reportado algunos trabajos en yuca sobre la formación de callos (proliferación celular sin organogénesis) a partir de segmentos de tallo (2,10). Por primera vez se reportó (3) la utilización del cultivo de meristemas de yuca para la eliminación de la enfermedad del mosaico africano.

A continuación se describe la técnica de cultivo de meristemas de yuca, enfatizando en los procedimientos y aplicaciones que se están desarrollando para su utilización en el CIAT.

A. Material

Previa desinfección con Orthocide y Bavistín (5), plantar las estacas de yuca en potes individuales o en cámaras de propagación rápida (1). Regar las estacas con una solución de Hoagland (3) o con un fertilizante soluble.

Brotes de 3-5 cm. de longitud son apropiados como fuente de meristemas (fig. 1a.). Cortar los brotes, sacarles las hojas más grandes y proceder a la esterilización superficial (fig. 1b y c) con una solución muy diluida de Hipoclorito de Calcio o de Sodio.

B. Excisión de Meristemas

La operación de excisión de meristemas debe realizarse bajo condiciones de asepsia para mantener la esterilidad de los tejidos. Se debe evitar la disecación de los tejidos internos que son suculentos y prevenir daños mecánicos de las partes que se van a aislar.

Trabajando con un microscopio esteroscópico de magnificación variable (10X-40X) y con una buena fuente de iluminación, remover las hojas más grandes de la yema (fig. 1d), que son las más externas, usando agujas de disección y bisturíes delgados. Cuando se ha llegado a los primordios más pequeños, usar agujas de disección delgadas y cortarlos hasta que se observe claramente el meristema apical, el cual es plateado - brillante (fig.1e). Usando una micro-cuchilla, cortar los residuos de tejido dejados alrededor del meristema apical y hacer luego un corte limpio a la altura del "cuello" del meristema (fig. 1f).

Con la punta de la micro-cuchilla, rápidamente transferir el meristema a la superficie del medio de cultivo (Fig. 1g). El meristema acompañado de uno á dos de los primordios foliares más jóvenes, mide aproximadamente 0.4-0.6 mm. (fig. 1f). Cuando está acompañado por cuatro a cinco primordios el explante recibe el nombre de "ápice" y mide 0.8-1.5 mm.

C. Medio de Cultivo.

El medio basal de Murashige-Skoog (6)-MS de macro y micro nutrientes minerales y vitaminas es suplementado con 2 % de sucrosa y reguladores de crecimiento: 0.1 mg/l NAA (ácido naftaleno acético)
0.05-0.1 mg/l GA (ácido giberélico)
0.02-0.2 BAP (benzil aminopurina)

El pH del medio es ajustado a 5.7-5.8; se agrega 0.6% de agar, se distribuye en tubos de ensayo y se esteriliza en el autoclave a 121°C por 10 min.

D. Incubación

Temperatura: 28 ± 2°C.
Luz: 500 lux de iluminación durante los primeros 3-4 días y luego subir a 2.000 lux. Se puede usar fluorecentes de tipo "Luz de día" y un fotoperíodo de 16 horas.

E. Respuestas

A los pocos días de incubación, el tejido aumenta de volumen y se diferencia la pigmentación: verde en la parte superior y blanca-amarillenta en la parte basal del explante. Seguidamente, el axis del explante se alarga y las primeras raíces se inician. Generalmente, se desarrolla un callo en la base del axis. A las 2-3 semanas, las hojitas se desarrollan y las raíces crecen aún más. Después de 4-5 semanas, una plántula completa de $\pm$ 5 cm., con 4-5 nudos, se ha desarrollado a partir del meristema (fig.1g).

Mediante la modificación de la composición química del medio, especialmente del balance de citoquininas/auxinas, así como de las condiciones experimentales del cultivo, es posible inducir la diferenciación de numerosas yemas; este sistema puede conducir a la producción de numerosas plantas a partir de un ápice aislado.

Pueden ocurrir algunas variaciones a la respuesta general descrita arriba, dependiendo de la variedad y de las condiciones del cultivo; por ejemplo: formación de tallo con hojas pero falta de enraizamiento. En este caso, transferir el tallo al "medio de enraizamiento": MS (3% sucrosa) + 0.1 mg/l NAA (con 0.8% de agar); las raíces de formarán en 4-6 días. Alternativamente, se puede cortar la yema terminal y todos los nudos del tallito y transferirlos al medio de "cultivo de nudos": MS (3% sucrosa) + 0.01 mg/l NAA + 0.2 mg/l GA ; después de 1-2 semanas, se desarrollarán tantas plántulas completas como nudos que se aislaron.

F. Transplante de plántulas a potes y al campo

Una semana antes del transplante a potes, aumentar la iluminación de los cultivos a ± 5.000 lux. Un substrato de vermiculita, y arena fina (1:1) contenido en potes tipo "jiffy" facilita el transplante.

Trabajando en un lugar limpio, sacar las plantitas de los tubos de ensayo, lavar las raíces con agua para eliminar los residuos de agar y colocar las plántula en un orificio abierto en el centro del pote; el substrato ha sido previamente humedecido. Presionar levemente alrededor de la plántula y colocar el pote en un lugar limpio bajo alta iluminación. Colocar los potes en una cámara de propagación rápida (1) acelera el crecimiento de las plantas.

Los riegos durante los primeros días hacerlos con agua y luego con una solución diluída de Hoagland o con un fertilizante soluble diluído.

Una semana antes de la transferencia al campo, aclimatar las plantitas a condiciones de baja humedad; remover gradualmente la cubierta plástica de la cámara de propagación rápida. Para el transplante al campo, escoger un día nublado o hacerlo en la tarde y el suelo debe estar suficientemente húmedo para reducir al mínimo los riegos de secamiento. Abrir el suelo con una pala, colocar el pote y cubrir con suelo el pote incluyendo 2-3 nudos inferiores de la plantita, presionar levemente el suelo alrededor de la planta y si es necesario regar inmediatamente. El transplante al campo se facilita grandemente cuando se han usado potes tipo "jiffy" puesto que no es necesario sacar la planta del ponte. Tomar todas la precauciones para evitar ataque de insectos durante la primera fase de crecimiento de las plantitas.

Aplicaciones de la Técnica en Yuca

A. Eradicación de patógenos sistémicos

Como consecuencia de la propagación asexual (por estacas) de la yuca, ciertas enfermedades causadas por patógenos sistémicos (5) tienden a contaminar el material completamente. La detección y control de estas enfermedades es aún más difícil cuando se presenta en forma latente; la enfermedad es transmitida en la"semilla" de una generación a otra. Se han reportado bajas considerables en el rendimiento de raíces debido a enfermedades virosas (9).

La distribución de partículas virales en la planta es irregular: su concentración disminuye con la aproximación al ápice del tallo; el meristema apical mismo se encuentra normalmente libre de virus, salvo algunas excepciones (4).

El aislamiento y cultivo de meristemas permitirá, por lo tanto, propagar con alta probabilidad plántulas libres de virus. Es necesario la aplicación de pruebas de detección de virus para asegurar la limpieza de las plantas regeneradas a partir de cultivo de meristemas y de ápices.

Cuando el tejido es tratado con altas temperaturas (termoterapia)(17), hay una disminución de la infectividad de ciertos virus. En una planta, la síntesis y translocación de las partículas virales parece ser afectada por la termoterapia puesto que su concentración disminuye en los tejidos meristemáticos en crecimiento. La aplicación de la termoterapia a las plantas o brotes en crecimiento ha aumentado la taza de erradicación de virus por cultivo en meristemas en muchas especies, incluyendo la yuca (3,14).

En el CIAT se está estudiando el efecto de la duración y la intensidad de la termoterapia, durante el brotamiento de estacas, sobre la erradicación de enfermedades de tipo viral y su relación con el tamaño del explante para cultivo de meristemas. Así mismo se estudia el efecto de la aplicación de calor en forma simultánea con el cultivo de meristemas.

B. Propagación Clonal Rápida

El atractivo del cultivo de ápices para la multiplicación vegetativa reside en que el material producido se encontraría libre de enfermedades así como en su potencial para constituir una fuente contínua de material juvenil. Esto es deseable principalmente en el caso de variedades o líneas promisorias que se encuentren completamente atacadas por enfermedades sistémicas y cuando se requiere la producción de un núcleo de "semilla"certificada.

En el CIAT se está desarrollando métodos simples para la producción de gran número de propágulas a partir de pocos ápices y/o yemas. Los cultivos pueden ser inducidos a proliferar para formar masas de tejido con múltiples yemas adventicias y axilares; estas pueden ser divididas manualmente (o el proceso puede ser automatizado) para aumentar la propagación.Las plántulas desarrolladas, o aún las yemas si se desea, podrían ser "cosechados" en una forma más o menos contínua para ser transplantados a otros medios de cultivo in vitro o a potes y por último al campo.

Estas propágulas (yemas y/o plántulas) pueden a su vez ser utilizadas para la distribución a otros países o para su conservación en un banco de germoplasma en el laboratorio..

C. Conservación de Germoplasma

El cultivo de meristemas ofrece un gran potencial para la conservación de material clonal a largo plazo. Los cultivos de meristemas requieren pequeño espacio, las posibilidades de contaminación por plagas y enfermedades es prácticamente anulada y el potencial de propagación es alto. Otros problemas que se presentan en el mantenimiento convencional de germoplasma en el campo y/o invernadero, tales como: necesidad de control de insectos y de

sanitación, pruebas frecuentes para detección de patógenos sistémicos, la labor intensa y costosa de mantenimiento, el peligro de erosión genética, etc. prácticamente no existen en un sistema de conservación pro cultivo meristemáticos.

Se están estudiando dos sistemas para la conservación de germoplasma de yuca como cultivos de meristemas:

1. Como un enfoque para el futuro, se investiga la conservación de meristemas de yuca a temperaturas super bajas (nitrógeno líquido:-196°C), en una forma similar a la conservación de los líquidos seminales de los animales. Este trabajo, que se realiza en el Prairie Regional Lab. de Saskatoon-Canadá, requiere: la evaluación de diferentes tazas de enfriamiento, el uso de agentes protectores de congelamiento del protoplasma celular, tazas de re-calentamiento y métodos para regenerar plantas después de su extracción del nitrógeno líquido, etc.

2. En el CIAT se está estudiando un método alternativo de conservación para el futuro inmediato. El método básicamente consiste en mantener los cultivos de meristemas bajo una taza de crecimiento mínima, de tal forma que se extienda lo más posible el intervalo entre pasajes de los cultivos a medios frescos.

La ventaja de un sistema de "conservación en condiciones de crecimieno mínimo" reside en que se asegura una alta viabilidad del material, el procedimiento es simple y rápido evitandose así pérdidas en la colección.

A través de pasajes periódicos de los cultivos a medios frescos, el método adquiere un carácter de mantenimiento a largo plazo.

Resultados preliminares indican que nudos provenientes de plántulas meristemáticas pueden ser inoculados en medios conteniendo alta concentración de azúcar y almacenados a 18-20°C. En estas condiciones la taza de crecimiento (in vitro)(4-5 cm/mes) se reduce a 0.2 - 0.4 cm/mes. Este crecimiento mínimo permitiría un cambio de medio de cultivo cada dos años y un poco más.

D. Transferencia internacional de germoplasma

El movimiento de plantas y partes de plantas de una región o país a otros cumple un rol importante en el proceso de transferencia de tecnología realizado por instituciones nacionales e internacionales. Este rol, sin embargo, está restringido por regulaciones que previenen la introducción de germoplasma, especialmente de propagación vegetativa, debido a los riesgos reales de diseminar pestes y enfermedades.

Los cultivos de meristemas debido a su condición aséptica deben encontrarse libres de insectos, nematodos y de la mayoría de hongos y bacterias que crecerían en un medio sintético. Si los patógenos (especialmente de tipo

sistémico) se encuentran presentes en el explante inicial, podrían ser vistos o contaminarían el medio. En el caso de virus, el uso de la termoterapia en combinación con el cultivo de meristemas deben ser aplicados para su eliminación.

En el CIAT se desarrolla un sistema para la transferencia internacional de germoplasma de yuca en la forma de cultivos asépticos de ápices y/o plántulas. El método se usará tanto para aliviar las regulaciones de cuarentena que restringen la introducción de germplasma de yuca del CIAT a otros países así como para la importación de germoplasma valioso de otros países. Uno de los factores más importantes en este trabajo es el entrenamiento de personal de los países receptores en las técnicas de recepción, multiplicación y utilización de los materiales que se distribuyen.

Literatura

1. Cock, J.H., Wholey, D., Lozano, J.C. and Toro, J.C. 1976 Sistema rápido de propagación de Yuca.Ciat, Cali, Colombia.

2. Eskes, A.B., Varga, A., Starisky, G. and Bruinsma, J.1974 Callus growth and rooting of cassava (Manihot esculenta, Crantz) stem segments cultured in vitro. Acta Bot. Neerl.23:315-320.

3. Kartha, K. and Gamborg, O.L. 1975. Elimination of cassava mosais disease by meristem culture. Phytopath. 65:826-828.

4. Krylova, N.V., Stepenenko, V.I. and Reinfman, V.G. 1973 Potato virus X in potato apical meristems. Acta virol 17:122.

5. Lozano, J.C., Toro, J.C., Castro, A. and Bellotti, A.C. 1977. Producción de material de siembra de yuca. CIAT, Cali, Colombia.

6. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plantarum 15:473-497.

7. Murashige, T. 1974. Plant propagation through tissue culture. Ann. Rev. Plant Physiol. 25:135-166.

8. Murashige, T. 1974. Plant cell and organ culture methods for the establishment of pathogen free stocks. Dimock Lecture, Cornell Univ., Ithaca, N.Y.

9. Narasimhan, V. and Arjunan, G. 1977. Effect of mosaic disease on cassava.

10. Parke, D. 1978. Tissue culture of cassava on chemically defined media. Physiol. Plantarum. 42:195-201.

11. Roca, W.M., Westcott, R.J., Henshaw, G.G. and Grout, B.W. 1977. Tissue culture methods and germplasm storage in potato.Acta Hortic.78:45-49.

12. Roca,W.M., Espinoza, N.O.,Roca, M.R.and Bryan,J.E. 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes.Am.Potato J. 55:691-701

13. Roca,W.M., Bryan,J.E.,and Roca,M.R.1978. Tissue culture for the international transfer of potato genetic resources.Am.Potato J. 56:1-10.

14. Roca, W.R.1978. Introducción de germoplasma como cultivo de meristemas. Proceedings of II Latin American Botanical Congress, Brasilia-Brasil(in Press

15. Steward, F.C. 1958. Growth and development of cultivated cells.III.Interpretations of the growth from free cell to carrot plant. Am.J. Bot. 45:709-713.

16. Vasil, V., Heldebrandt, A.C. and Riker, A.J. 1964. Plantlets from free suspended cells and cell groups in vitro. Science N.Y. 146:76-77

17. Walkey, D.G.A. 1976. High temperature inactivation of cucumber and alfalfa mosaic viruses in Nicotiana rustica cultures. Ann. Appl. Biol. 84:183-192.

Fig. 1 CULTIVO DE MERISTEMAS EN YUCA: TECNICA



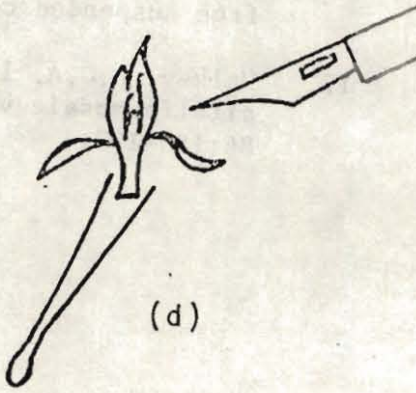
(a)



(b)



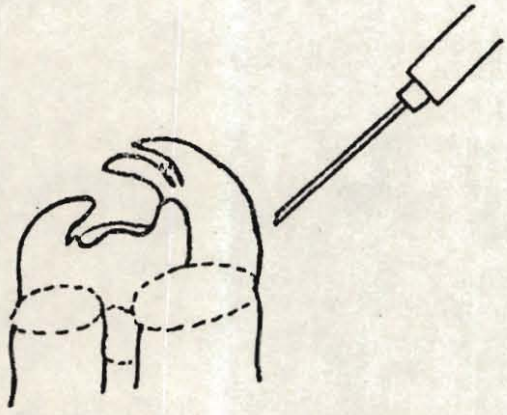
(c)



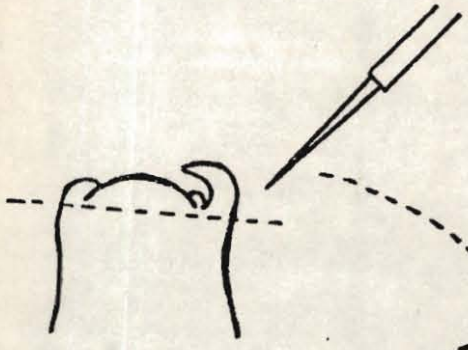
(d)



(d)



(e)



(f)



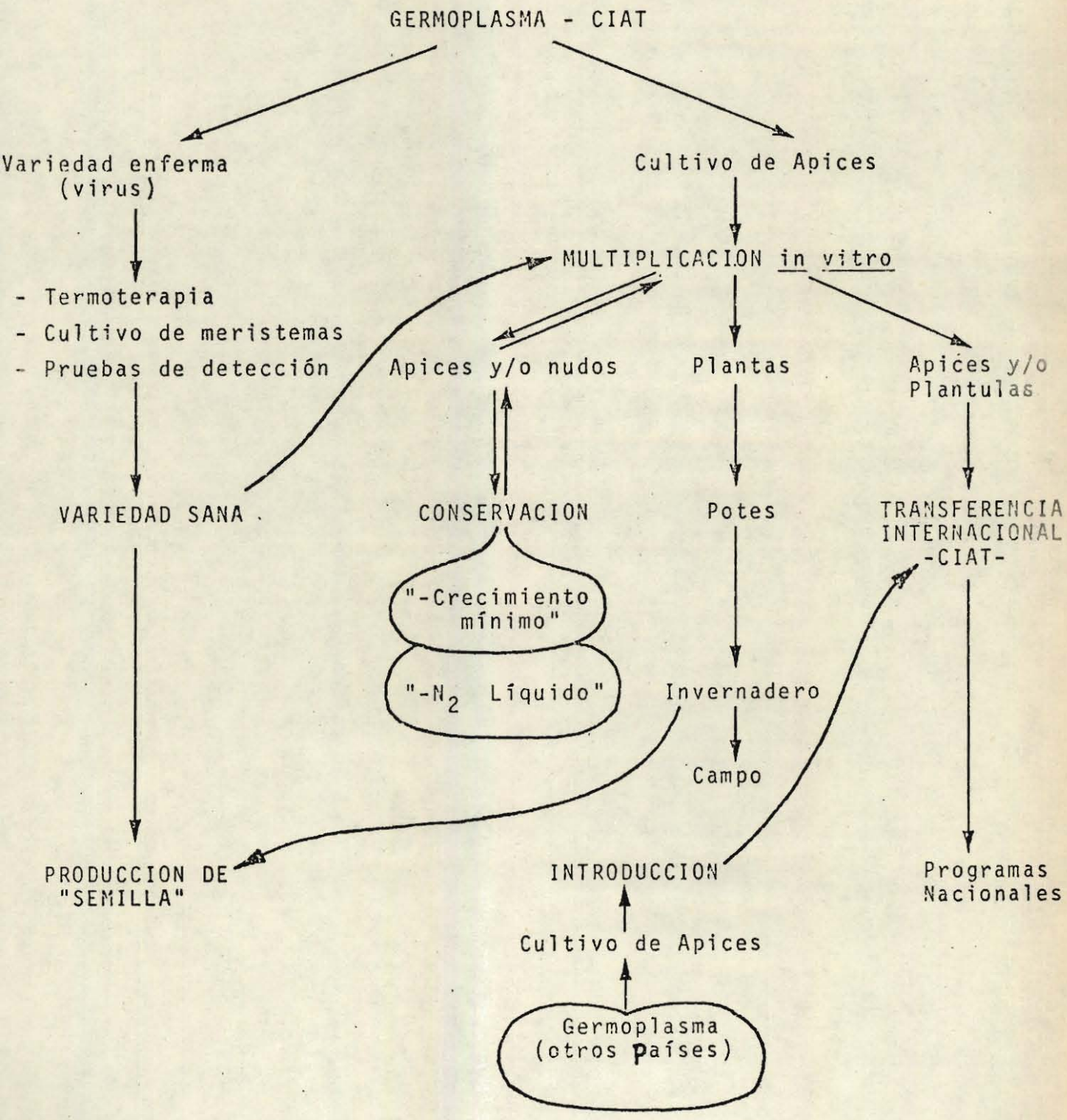


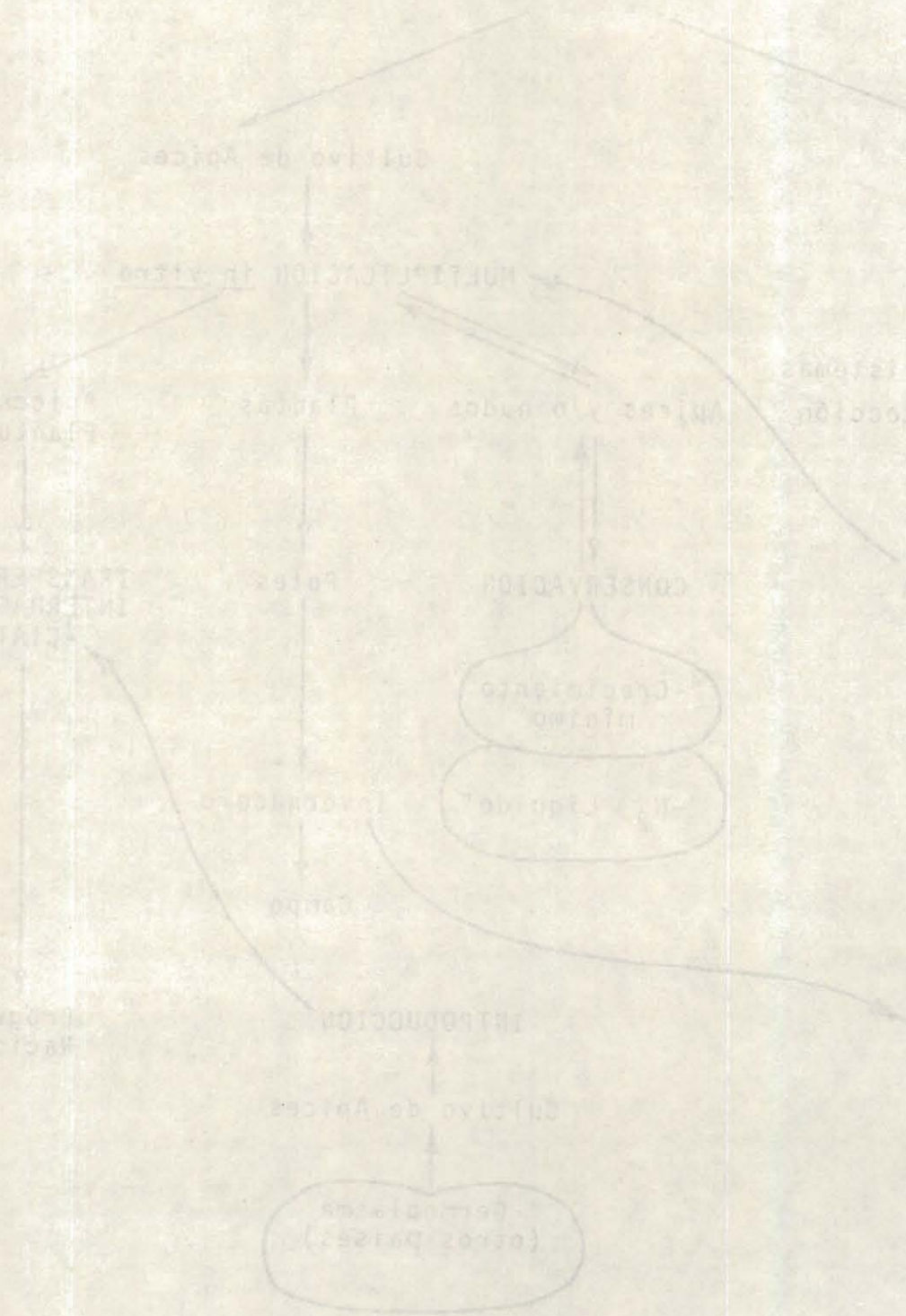
(g)



(h)

FIG. 2 CULTIVO DE MERISTEMAS EN YUCA: APLICACIONES





METODO PARA DETERMINACION DE CONTENIDOS DE MATERIA SECA Y ALMIDON EN LA YUCA POR EL SISTEMA DE GRAVEDAD ESPECIFICA

Ya que una parte significativa de la producción de yuca se emplea en la alimentación animal y para la extracción de almidón, el rendimiento puede expresarse en términos de materia seca en la raíz, rendimiento de almidón o rendimiento de raíces frescas.

La producción de materia seca y el contenido de almidón en la yuca son criterios muy importantes para establecer el potencial de producción de determinado material o variedad para propósitos industriales. La diferencia varietal, de acuerdo con estos factores es alta, por consiguiente, se recomienda la determinación de estos factores en las distintas variedades evaluadas en las pruebas regionales sembradas en los diferentes lugares.

Estas determinaciones se hacen por medio de métodos de laboratorio que requieren mucho tiempo y trabajo.

Debido a la relación existente entre la gravedad específica de la raíz y su contenido de materia seca, y entre la gravedad específica de la raíz y su contenido de almidón, es posible hacer un cálculo más rápido y eficiente, basado en la densidad específica de las raíces media en la balanza hidrostática.

Si se toma una muestra de 3.000 gr. de raíces (peso en aire) el contenido de materia seca y almidón se puede determinar conociendo el peso en agua de la misma muestra y empleando la siguiente tabla:

Contenido (%) de materia y almidón en yuca con base en el peso específico de las raíces

Peso en Aire = 3.000 gr.

Peso en agua	% M.S.	Peso en agua	% M.S.
58.8	20	296.0	34
77.4	21	311.8	35
95.8	22	327.4	36
112.6	23	342.8	37
130.6	24	359.0	38
148.3	25	371.9	39
165.8	26	386.7	40
173.1	27	401.5	41
198.9	28	416.0	42
215.8	29	430.4	43
232.5	30	443.5	44
248.9	31	457.6	45
265.2	32	471.5	46
280.1	33		

Nota: el % de almidón es % M.S. - 2

Esta tabla está probada para variedades cosechadas entre 10 y 12 meses en las condiciones de Colombia.

NUTRICION MINERAL
Y
FERTILIZACION

Nutrición Mineral y Fertilización de la Yuca F - 1 - 48
R. H. Howeler.

NUTRICION MINERAL Y FERTILIZACION DE LA YUCA

Reinhardt H. Howeler*

En general, la yuca se considera como un cultivo rústico que crece relativamente bien en suelos pobres sin la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes. Por otra parte, los agricultores consideran que la yuca agota el suelo y por eso prefieren sembrarla como último cultivo en los sistemas de rotación antes de que la parcela vuelva a barbecho. Hongsapan (1962) informa que en Tailandia los rendimientos disminuyeron de 25-36 toneladas a entre 12 y 18 ton./ha. como resultado de la producción continua de yuca. Aunque la yuca extrae grandes cantidades de K del suelo, él considera que en comparación con el maíz, la caña de azúcar, el banano y el repollo, la yuca no es el cultivo que más agota el suelo por tonelada de alimento producido. No obstante, como se observa a continuación - - (Kanapathy, 1974), la yuca absorbe más nutrientes del suelo que la mayoría de los cultivos tropicales:

Cultivo y producción	N	P	K	Mg
		(kg./ha.)		
Yuca (18,6 ton./ha. 6 meses)	87	37,6	117	35,1
Palma oleifera (18 ton./ha.)	61	9,9	84	13,6
Caucho (1,13 ton./ha.)	9	2,0	11	2,3
Maíz (3,4 ton./ha.)	82	20,7	69,2	14,7

En los suelos de turba del occidente de Malasia se podría cultivar yuca permanentemente manteniendo un nivel alto de rendimiento por medio de la aplicación adecuada de fertilizantes (Kanapathy, 1970). Según informes de Birkinshaw (1926) se obtuvieron excelentes rendimientos del caucho después de 15 cosechas consecutivas de yuca en un suelo bien fertilizado. O sea, que debido a su alta tasa de extracción de nutrientes, la yuca agota rápidamente el suelo cuando no se fertiliza, pero con la aplicación de niveles adecuados de fertilizantes se puede mantener su fertilidad.

Además de la extracción de nutrimentos por parte del cultivo, otro de los factores que afecta la fertilidad del suelo es la erosión ya que la yuca tiende a aumentarla, especialmente durante la siembra y después de la cosecha. Gómez (1975) calculó un índice de erosión para la yuca de 9,8 en comparación con 1,1 para la caña de azúcar, 1,7 para la piña, 1,0 para los pastos y 11,8 para el café en suelos de ceniza volcánica con pendiente del 60 por ciento en Colombia.

Absorción de nutrientes

Para mantener la fertilidad del suelo es necesario aplicar por lo menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya absorbido. Entre los cultivos tropicales, la yuca es tal vez la que más K extrae. Según Prevott (1958), la yuca tiene el índice de extracción K/N más alto (Figura 1). El banano, la palma oleifera, la piña, el coco y la caña de azúcar tienen tam-

* Especialista Suelos. Programa Yuca, CIAT.

bién un índice K/N alto, en tanto que el del maíz, el arroz y el algodón es relativamente bajo. En el Cuadro 1 se presenta la extracción de nutrientes por tonelada de yuca cosechada, de acuerdo a diferentes autores.

Aun cuando la información varía considerablemente entre los diferentes autores debido a las diversas condiciones de suelo, cultivares, etc., en promedio por cada tonelada de raíces la yuca extrae aproximadamente 2,14 kg. de N, 0,46 kg. de P, 3,5 kg. de K, 0,69 kg. de Ca, y 0,39 kg. de Mg. cuando se cosechan las raíces exclusivamente. Es decir que para dar un rendimiento promedio de 25 ton./ha. la yuca absorbería del suelo 53,5 kg. de N, 26,3 kg. de P_2O_5, 105 kg. de K_2O, 17,2 kg. de Ca y 9,75 kg. de Mg. Si se retirara la planta completa de la plantación estas cantidades ascenderían a 174 kg. de N, 72,1 kg. de P_2O_5, 200,7 kg. de K_2O, 71,7 kg. de Ca y 24,7 kg. de Mg., lo cual quiere decir que la yuca extrae una cantidad elevada de nutrientes del suelo en cada cosecha, pero que el dejar las hojas y los tallos sobre el terreno reduce considerablemente el agotamiento del terreno. Además del K, la yuca absorbe grandes cantidades de N, mientras que los niveles de extracción de P, Ca y Mg son relativamente bajos.

Acumulación de nutrientes en la planta

Mediante muestreos y análisis realizados cada dos semanas con diferentes partes de la planta, Orioli (1967) determinó en Argentina la acumulación y distribución de nutrientes en la planta hasta los seis meses de edad, tanto para plantas fertilizadas como para aquellas sin fertilizar. La Figura 2A muestra la acumulación y distribución de materia seca (MS) durante el ciclo de crecimiento. Se puede apreciar que la acumulación de MS fue lenta durante los primeros tres meses (cerca del 20 por ciento del total acumulado). Durante el cuarto y quinto mes, las plantas acumularon aproximadamente 25 por ciento de MS por mes mientras que en el mes siguiente la acumulación fué más lenta. Esta reducción en el índice de acumulación después del quinto mes se debe probablemente al comienzo del invierno en Argentina y no se presenta bajo condiciones tropicales.

El índice de acumulación de MS en las raíces fue relativamente constante durante todo el ciclo de crecimiento, pero en las hojas y en los tallos fue bajo durante el sexto mes. Aunque las plantas fertilizadas acumularon mayor cantidad de MS que aquellas sin fertilizar, la Figura 2B muestra que las curvas de acumulación relativa fueron casi idénticas en ambos casos.

La Figura 2B presenta la acumulación de N en la planta durante el ciclo de crecimiento. Nuevamente, la tasa de acumulación de N fue lenta durante los dos primeros meses y alcanzó un máximo durante el tercero y cuarto mes, en tanto que en los últimos dos meses se acumuló muy poco o ningún N e incluso se registraron pérdidas en las plantas sin fertilizar. Aunque a los seis meses de edad la MS está distribuída prácticamente por igual entre raíces, tallos y hojas, la Figura 2B muestra que el N se encuentra principalmente en las hojas y que la cantidad acumulada en raíces y tallos. Esto pone de manifiesto el alto contenido proteínico de las

hojas y el bajo contenido de las raíces. La tasa de acumulación de N en las hojas fué prácticamente constante durante todo el ciclo de crecimiento, pero en los tallos y las raíces ésta prácticamente fué nula en los últimos meses.

La acumulación de P y K fué similar a la del N, es decir lenta durante los dos primeros meses, alcanzó un máximo de casi 40 por ciento por mes durante el tercero y cuarto mes y luego disminuyó hasta llegar casi a cero en el sexto mes.

Nuevamente, la mayor parte de P y K se encontraba en las hojas; durante el último mes tanto las hojas como los tallos perdieron algo de P, mientras que las raíces y los tallos perdieron parte del K.

La acumulación de calcio se diferenció de la NPK en que después de los dos primeros meses, el índice de acumulación permaneció casi constante durante el ciclo de crecimiento. La acumulación de Ca en las hojas y en las raíces se detuvo después del tercer mes, pero la de los tallos continuó.

Las curvas de acumulación relativa de nutrientes de las plantas fertilizadas y sin fertilizar fueron muy similares aunque las plantas fertilizadas absorbieron mayores cantidades de nutrientes.

Nyholt (1935) determinó la acumulación de MS y nutrientes en diferentes partes de la planta hasta los 14 meses de edad, mediante el muestreo a intervalos mensuales de plantas de dos cultivares sembrados en un suelo lateritico ácido en Indonesia. La Figura 3 muestra la acumulación y distribución de materia fresca durante el ciclo de crecimiento. A diferencia de la información presentada anteriormente para Argentina, bajo las condiciones tropicales de Indonesia, la acumulación de MS continuó durante todo el ciclo de crecimiento y sólo disminuyó ligeramente después del sexto mes. Sin embargo, la acumulación de MS se detuvo en las hojas y disminuyó en los tallos después de los primeros seis meses, pero continuó en las raíces.

La Figura 4 presenta la distribución y acumulación de N,P,K, Ca y Mg durante el ciclo de crecimiento. La cantidad de N en la planta aumentó a una tasa casi constante hasta el sexto mes, permaneció invariable durante dos meses y comenzó a disminuir a partir del octavo mes. Esto se debió a la pérdida de hojas después de los primeros seis meses. Las raíces acumularon N únicamente hasta el octavo mes, a partir del cual la cantidad de N permaneció constante. Aunque el peso de las raíces continuó aumentando hasta los 14 meses, el contenido de N disminuyó de 1,03 por ciento a los dos meses hasta 0,17 por ciento a los 14. Solamente los tallos continuaron acumulando N durante todo el ciclo de crecimiento.

La acumulacion de P, K, Ca y Mg mantuvo una tasa bastante uniforme durante el ciclo de crecimiento, aun cuando el contenido de las hojas disminuyó después del sexto mes debido a la caída foliar. El K y el P se acumularon principalmente en las raíces, y el Ca y el Mg en el tallo.

Contenido de nutrientes en la planta

El contenido de nutrientes varía considerablemente entre las diferentes partes de la planta y durante el ciclo de crecimiento. El Cuadro 2 (Nyholt, 1935) muestra los cambios en la concentración de varios nutrimetos en las raíces, tallos y hojas en diferentes edades de la planta. Los contenidos de N,P, y K disminuyeron significativamente en las tres partes a medida que la planta envejecía. Los contenidos de Ca y Mg tendieron a aumentar en las hojas, pero disminuyeron en los tallos y en las raíces. O sea que, en general, todos los contenidos de nutrientes disminuyen durante el ciclo de crecimiento excepto el de Ca y posiblemente el de mg de las hojas, los cuales aumentan.

El contenido de N es muy alto en las hojas, mucho más bajo en los tallos y muy bajo en las raíces; de aquí que el contenido de proteínas de estas últimas sea bajo.

El contenido de K también es más alto en las hojas que en los tallos y en las raices, pero las diferencias son menores. Los contenidos de P, Ca y Mg son más altos en las hojas, seguidos por los de los tallos, y finalmente los de las raíces, con diferencias considerables entre los contenidos de las diferentes partes de la planta.

Cours (1961) determinó que existían diferencias marcadas entre las porciones jóvenes y viejas de la parte aérea de la planta. El Cuadro 3 muestra que las hojas jóvenes tienen contenidos más altos de N, P y K más bajos de Ca que las viejas. Los contenidos de N, P y Ca de los pecíolos de las hojas jóvenes son mayores que los de los pecíolos de las hojas viejas, pero los de K son menores. Las hojas tienen mayor cantidad de N y P, y menor de K y Ca que los pecíolos. Las ramas verdes superiores tienen un nivel más alto de N, P, K y Ca que las inferiores, las cuales a su vez tienen un contenido más alto que la rama primaria o el tallo principal. El feloderma del tallo principal tiene un nivel excepcionalmente alto de K, razón por la cual Cours (1961) recomienda emplear esta parte de la planta para diagnosticar la deficiencia de K. Cours (1953) determinó en un estudio más detallado que los contenidos de N, P, y K disminuyen de las hojas superiores a las inferiores de la rama primaria y de las ramas superiores a las inferiores, en tanto que los contenidos de Ca y Mg aumentan de las hojas superiores a las inferiores y de las ramas superiores a las inferiores.

El Cuadro 4 resume los informes de varios investigadores sobre el contenido de nutrimentos en varias partes de la planta. Los contenidos de nutrientes varían incluso entre las mismas partes de la planta a causa de las diferencias entre cultivares, niveles de fertilidad del suelo, edad de la planta y parte de la planta de la que se tomó la muestra. A fin de poder hacer diagnósticos precisos es necesario estandarizar la parte de la planta que se debe emplear para el muestreo y la edad fisiológica de la planta en el momento de tomar la muestra. Para el muestreo generalmente se utilizan las hojas superiores totalmente expandidas (cuarta o quinta hoja a partir de la copa de la planta) y se ana -

lizan los contenidos de todos los elementos en la lámina foliar y los contenidos de K, Ca y Mg en los pecíolos. La edad fisiológica más apropiada viene a ser más o menos a los tres meses cuando la planta alcanza el índice máximo de absorción de nutrientes (Ver Figura 2). No obstante, cuando la yuca se siembra antes de la estación seca, se debería posponer el muestreo hasta el comienzo de la estacion lluviosa, cuando las plantas comienzan a crecer de nuevo activamente.

Fox (1975) indica que un nivel de N del 5 por ciento entre los cuatro y los cinco meses de edad corresponde al rendimiento máximo. La Figura 5 - muestra la relación entre el rendimiento y el contenido de P en las láminas foliares a los cinco meses de edad (edad fisiológica de tres meses) y en ella se observa un nivel crítico de P de aproximadamente 0,4 por ciento. Roche (1957) sugiere que las hojas tienen un contenido crítico de K de 0,6 por ciento y el feloderma de 0,5 por ciento, en tanto que el del suelo es de 0,6 me/100 gm. En el artículo Essais de Fumure (1953) se sugiere que un contenido de menos de 0,7 por ciento de K indica deficiencia de este elemento. En el CIAT (1974) se obtuvieron los rendimientos más altos en un experimento en matera con un contenido foliar de K de 1,1-1,3 por ciento. Aunque aún no se han determinado exactamente los niveles críticos y éstos variarían de acuerdo con el cultivar empleado, se considera que los siguientes niveles son una aproximación bastante razonable: si las láminas foliares superiores totalmente expandidas contienen mas de 5,0 por ciento de N, 0,4 por ciento de P, 1,2 por ciento de K, 0,7 por ciento de Ca, 0,3 por ciento de Mg y 0,35 por ciento de S probablemente no habría respuesta a la fertilización.

La literatura sobre los contenidos de elementos menores es todavía más escasa que aquella sobre los elementos principales. El Cuadro 5 resume información suministrada por varios investigadores. La gran variabilidad de la información probablemente refleja la absorción de grandes cantidades de microelementos en suelos bien provistos. En el CIAT (1975) se ha registrado un nivel crítico de casi 60 ppm de Zn en las hojas superiores totalmente expandidas. Los síntomas de deficiencia de Zn generalmente aparecen cuando su contenido es inferior a 20 ppm. Como la deficiencia de Zn es bastante frecuente en la yuca es muy importante hace un diagnóstico apropiado por medio del análisis foliar.

Los niveles normales de microelementos en las láminas foliares superiores son aproximadamente 15-40 ppm de B, 60-100 ppm de Zn, 50-150 ppm de Mn, 6-12 ppm de Cu y 100-200 ppm de Fe (CIAT, 1974).

Con el objeto de poder suministrar a la planta los nutrimentos necesarios para obtener una producción óptima es importante conocer los requerimientos de la planta, diagnosticar correctamente cualquier deficiencia por - medio de la observación visual, o del análisis del suelo y de partes de la

planta, y aplicar los medios adecuados para corregir dicha deficiencia. A continuación se tratarán estos puntos para cada uno de los elementos.

Fertilización nitrogenada

El nitrógeno es un componente básico de las proteínas, la clorofila, las enzimas, las hormonas y las vitaminas.

La dificiencia de N es más frecuente en suelos arenosos o muy ácidos, donde los niveles tóxicos de Al y/o Mn reducen la descomposición microbiana de materia orgánica.

La deficiencia de nitrógeno también es común en suelos de ceniza volcánica, los cuales tienen normalmente un contenido alto de materia orgánica, pero su descomposición es lenta y no contribuye mucho al suministro de N.

Las plantas con deficiencia de N tienen hojas de color verde claro y generalmente sufren de enanismo (Krochmal, 1968; Asher, 1975; Lozano, 1976). Las primeras afectadas son las hojas más viejas, pero luego toda la planta puede volverse clorótica. En ensayos de solución de nutrientes (Forno, 1977), la yuca mostró solamente síntomas leves a concentraciones bajas de N, en tanto que el algodón, el sorgo y el maíz presentaron síntomas severos. El crecimiento de la yuca se redujo notablemente. Esto concuerda con observaciones hechas en el CIAT (Lozano, 1976) según las cuales la yuca con deficiencia de N presentó enanismo en lugar de síntomas de deficiencia. El nivel crítico de deficiencia de N en la lámina foliar es aproximadamente 5 por ciento (Fox, 1975).

La yuca extrae cantidades relativamente grandes de N del suelo, especialmente si se retiran las hojas y los tallos del terreno junto con las raíces. Por cada 25 toneladas de raíces el suelo pierde casi 50 kg. de N. Si la eficiencia del N es de cerca del 50 por ciento (43-69 por ciento, según Fox, 1975) se deberían aplicar más o menos 100 kg. de N al suelo para que éste mantenga su fertilidad. En Madagascar, los investigadores (Essais de Fumure, 1953; Le Manioc, 1952) recomiendan incorporar estiércol o abono verde como Mucana utilis Vigna o Crotalaria. Sin embargo, Crotalaria es muy susceptible a los suelos ácidos y no da buenos resultados cuando el pH es inferior a 5 (CIAT, 1974). De Geus (1967) y Kumar (1977) también indican que la yuca responde bien a la aplicación de estiércol, particularmente cuando se refuerza con la fertilización química con NPK. Lambourne (1972) obtuvo mejores resultados en Malasia con estiércol (10 ton./ha.) que con fertilizantes químicos o abono verde (Crotalaria + escoria básica).

En Ultisoles de Puerto Rico, Fox (1975) registró una respuesta positiva a 40 kg./ha. de N, pero no hubo respuesta significativa a los niveles más altos ensayados incluyendo 200 kg./ha. de N. El ICA (1971) obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de 50-60 kg./ha. de N en 16 de 23 ensayos efectuados en terrenos de agricultores en Colombia. La mejor respuesta se obtuvo en suelos de ceniza volcánica cerca a Popayán. El CIAT (1976) registró una respuesta positiva, pero no significativa, a 100 kg./ha. de N en Oxisoles de los

Llanos Orientales de Colombia en plantaciones sembradas durante la época seca (Figura 6). La aplicación en varias dosis fue tan efectiva como una sola aplicación básica en el momento de la siembra. Como se observa en la Figura 7, en el mismo suelo se obtuvo una respuesta significativa durante la estación lluviosa a la aplicación de 100 kg./ha. de N en forma de urea y de 200 kg./ha. de N en forma de urea recubierta con azufre (URA). En suelos similares, Ngongi (1976) obtuvo respuesta a 100 kg./ha. de N, pero sólo en presencia de 150 kg./ha. de K_2O, y la aplicación de 200 kg./ha. de N fué perjudicial. En suelos de ceniza volcánica en Colombia, Rodriguez (1975) obtuvo los mayores rendimientos con 145 kg./ha. de N en combinación con 194 kg. de P_2O_5 y 46 kg. de K_2O. Muchos investigadores (Vijayan, 1969; Acosta, 1954; Obigbesan, 1976; Fox, 1975) han encontrado que la yuca responde negativamente a aplicaciones altas de N, ya que estas estimulan el crecimiento excesivo del follaje y reducen la producción de raíces. Krochmal (1970) registró una disminución en el rendimiento de raíces del 41 por ciento y un aumento del crecimiento del follaje del 11 por ciento con aplicaciones altas de N. Vijayan (1969) observó una reduccion en el número de raíces y en el contenido de almidón con niveles de N superiores a 75 kg./ha. Otros investigadores (Vijayan, 1969; Muthuswamy, 1974; Obigbesan, 1976) registraron aumentos en el contenido de HCN debidos a las dosis altas de N. Aparentemente, los niveles altos de N estimulan la formación de productos nitrogenados como proteínas y HCN e inhiben la síntesis del almidón (Díaz, 1966; Malavolta, 1954).

En Costa Rica (Acosta, 1974) se observó una respuesta del rendimiento a 50 kg./ha. de n, y una reducción del mismo con niveles mayores. En Brasil, no se obtuvo respuesta a la aplicación de N en Sao Paulo (Silva, 1968), mientras que Normanha (1960) recomienda para los suelos estériles de Goias aplicar 20 kg./ha. de N en cobertura entre 3 y 5 meses de edad. Nunes (1974) obtuvo una respuesta positiva a 30 kg./ha. de N en Río de Janeiro. En Nigería Occidental, Amon (1973) recomienda una dosis de 25 kg./ha. de N en combinación con 60 kg. de K_2O, en tanto que Obigbesan (1976) obtuvo rendimiento de 56 y 64 ton./ha. en 15 meses aplicando 50 y 60 kg./ha. de N. En Ghana, Stephens (1960) obtuvo una respuesta del rendimiento principalmente a P, pero también hubo una respuesta leve a 25 kg./ha. de N. En el mismo país, Takyi (1972) logró incrementar los rendimientos en un 50 por ciento aplicando 60 kg. de N y 45 kg. de P_2O_5/ha., pero no observo respuesta alguna a la aplicación de K y de Cal. En Madagascar la yuca respondió principalmente al K, pero se recomienda aplicar 30-60 kg./ha. de N (Le Manioc, 1953; De Geus, 1967). En los suelos lateríticos ácidos del estado de Kerala en India, Mandal (1971) logró los mayores rendimientos con 100 kg./ha. de N, aplicados la mitad en una sola dosis básica y la mitad en cobertura a los dos meses. En suelos de turba de Malasia, Chew (1970) obtuvo la mayor respuesta a N aplicando 180 kg./ha. Kanapathy (1974) recomienda 120 kg./ha. de N para suelos similares. En Indonesia (Java), la yuca respondió principalmente al K y Den Doop (1937) no recomendaba la aplicación de N.

La mayoría de los investigadores (Samuels, 1970; Santana, 1975) no encuentra

diferencias significativas entre las diversas fuentes de N tales como urea, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$, aunque en India se considera que $CaNH_4(NO_3)_3$ es superior , probablemente debido a su contenido de Ca (Trivandrum, 1970). La URA no fué superior a la urea en Colombia (Figura 7) ni en Puerto Rico (Fox, 1975). Normanha (1959) obtuvo un establecimiento pobre cuando se aplicaron N y K en los surcos. El recomienda la colocación lateral del fertilizante en el momento de la siembra con una aplicación en cobertura de N a los tres meses (Normanha, 1968). En Malasia, Chan (1970) no encontró diferencias significativas entre la aplicación de N en cobertura o al voleo en el momento de la siembra. Rodríguez (1975) aconseja aplicar los fertilizantes en el momento de la siembra en lugar de en dosis separadas, en tanto que Samuels (1970) y Mandal (1971) prefieren aplicar la mitad en el momento de la siembra y la otra mitad de dos a dos meses y medio más tarde.

En resumen, normalmente la yuca no responde al nitrógeno o responde a dosis relativamente bajas, y produce un follaje excesivo y pocas raíces con tasas de aplicación altas. Se Observaron pocas diferencias entre las diversas fuentes de N. Se recomienda aplicar el fertilizante en su totalidad en el momento de la siembra o en dos dosis, una en el momento de la siembra y la otra de dos a tres meses más tarde.

Deficiencia de fósforo

El fósforo es un componente básico de las nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos, y de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía. El P es esencial para que puedan tener lugar procesos tales como la fosforilación, fotosíntesis, respiración, descomposición y síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas. A través de estos procesos, el P afecta el crecimiento de las raíces, la florescencia y la maduración de las frutas (Lotero, 1974; Fassbender, 1967). Como el P es esencial para el proceso de fosforilación en la síntesis del almidón, un buen suministro de P aumentará la producción de raíces y el contenido del almidón. Malavolta (1952) registró una reducción en el contenido de almidón de 32 a 25 por ciento cuando se eliminó el P de la solución de nutrientes. La aplicación de P no tuvo efecto alguno sobre el contenido de HCN de las raíces (Muthuswamy, 1974).

Aunque la yuca extrae cantidades relativamente pequeñas de P del suelo y crece en muchos suelos deficientes en P, Edwards (1977) encontró que su requerimiento de P es muy alto y se desarrolla al máximo en soluciones con concentraciones de P de 15-40 veces más altas que las que necesita el maíz. A concentraciones muy bajas de P la yuca produjo 18 por ciento del máximo, en tanto que el maíz y la soya produjeron 21 y 34 por ciento, respectivamente. Los síntomas de deficiencia de P aparecieron a concentraciones mucho más bajas en el follaje de P que en los del maíz y la soya. Por consiguiente, la yuca requiere niveles altos de P para desarrollarse al máximo, pero puede adaptar su índice de crecimiento a condiciones de deficiencia de este elemento (Edwards, 1977).

Krochmal (1968) observó que de los tres elementos principales, el P era el que más afectaba el rendimiento y que en un experimento en un cultivo de arena aumentó la producción de raíces en 93 por ciento. Krochmal no encontró síntomas de deficiencia de P y sólo una leve reducción del crecimiento en un cultivo de arena que no contenía P. Por su parte, Asher (1975) notó un enroscamiento hacia arriba y un amarillamiento de los niveles inferiores de las plantas deficientes en P. Posteriormente estas hojas se caen y el crecimiento de la planta se reduce en forma marcada. Se requirió una reducción del rendimiento de más del 70 por ciento para que se presentaran síntomas de deficiencia. La Figura 8 muestra la forma como los diversos niveles de nutrientes en la solución afectaron la producción de MS y el contenido de nutrimentos de la planta. Cuando la solución no contenía P, el crecimiento de la planta disminuyó a casi 10 por ciento del índice normal, pero no se presentaron síntomas de deficiencia. El contenido crítico de deficiencia de P fué aproximadamente 0,44 por ciento de P en la lámina foliar y 15 ppm de P en el suelo extraído con la solución Bray II, Olsen ó North Carolina.

La deficiencia de P es más frecuente en los Oxisoles y Ultisoles como los de Campo Cerrado del Brasil, los Llanos Orientales de Colombia y los Llanos de Venezuela, y en la mayoría de los suelos de Africa Tropical. En Asia, los Ultisoles son comunes en Malasia, parte de India e Indonesia. Muchos Inceptisoles como los de los Andes (Andosoles), parte de los Llanos en Colombia, la región que corre a lo largo del Amazonas en Brasil, los de Hawaii, Camboya, India e Indonesia se caracterizan por la deficiencia y fijación sumamente alta de P.

En Costa Rica, Acosta (1954) sólo observó respuesta al P en presencia de N. Rodríguez (1975) obtuvo el rendimiento máximo en suelos de ceniza volcánica de Colombia con 194 kg./ha. de P_2O_5. El ICA (1971) registró una respuesta positiva a 300 kg./ha. de P_2O_5 en 13 de 14 ensayos llevados a cabo en terrenos de agricultores, localizados principalmente en suelos deficientes en P de Cauca y Meta en Colombia. Ninguna encontró mucha correlación entre la respuesta y el contenido de P del suelo. En Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia, el CIAT (1976) obtuvo una respuesta altamente significativa a la aplicación de 200 kg./ha. de P_2O_5, y una respuesta adicional a 400 kg./ha. de P_2O_5 empleando escoria básica y superfosfato simple (SFS). El principal factor limitante de la yuca en estos suelos fue la escacez de P. La Figura 9 muestra como la producción de follaje de yuca aumentó linealmente con la aplicación de P, mientras que la de raíces aumentó cuadráticamente. O sea, que con dosis bajas e intermedias de P la planta presentó el índice de cosecha más alto y la producción más eficiente de raíces, en tanto que con dosis altas la planta produjo más follaje que raíces. Bajo las condiciones colombianas, la aplicación de 200 kg./ha. resultó más económica para la mayor parte de las fuentes de P, exceptuando la escoria básica cuya dosis más económica fue 400 kg./ha. de P_2O_5 (CIAT, 1976).

Normanha (1951, 1960) encontró que el P era el factor más limitante de la producción de yuca en Sao Paulo y Goias (Brasil). El recomendó la aplicación de 60-120 kg./ha. de P_2O_5 en forma de harina de hueso o SFS. En suelos

pobres arenosos del mismo estado, Silva (1968) no obtuvo respuesta significativa a P sino a K. En Río de Janeiro, Nunes (1974) registró un aumento del rendimiento del 86 por ciento con 40 kg./ha. de P_2O_5, en suelos cuyo principal factor limitante era el P. La aplicación de 67 kg./ha. de P_2O_5 fué más económica. En el estuario del Amazonas, Albuquerque (1968) obtuvo rendimientos máximos con 100 kg./ha. de P_2O_5 en forma SFS.

Amon (1973) no recomendó el uso de P en Nigeria Occidental, mientras que en Ghana, Stephens (1960) y Takyi (1972) alcanzaron los mayores rendimientos con 24 y 45 kg./ha. de P_2O_5. Aunque la yuca responde principalmente al K en Madagascar, De Geus recomendó el uso de 130 kg./ha. de P_2O_5.

Vijayan (1969) y Trivandrum (1971) lograron los mejores rendimientos en el estado de Kerala (India) con 100 kg./ha. de P_2O_5 en combinación con 100 de N y 100 de K_2O; la fuente más económica de P fué la escoria básica. Ghadha (1958) registró en el mismo estado un incremento del rendimiento hasta de 25 por ciento con 80 kg./ha. de P_2O_5. Para los suelos de turba de Malasia, Chew (1970) aconseja 50 kg./ha. de P_2O_5, aunque Kanapathy (1974) no notó una respuesta al P en estos suelos.

Las fuentes de P que se emplean con más frecuencia son superfosfato triple y simple. La escoria básica es tan efectiva como el SFT, especialmente en suelos ácidos, y donde se encuentra disponible es generalmente una fuente menos costosa (CIAT, 1976; Trivandrum, 1971). La Figura 10 muestra la respuesta de la yuca a varias fuentes de P en los Llanos de Colombia. El SFT fue superior al SFS (aplicado manualmente), y la escoria básica y la roca fosfórica incorporadas también fueron sumamente efectivas. La combinación de la roca fosfórica con azufre elemental o H_2SO_4 mejoró considerablemente su disponibilidad. La disponibilidad de P de las rocas fosfóricas provenientes de diferentes partes del mundo varía notablemente y la yuca responde a su aplicación de acuerdo con su solubilidad en citrato. Entre las mejores fuentes de roca fosfórica están Carolina del Norte, Marruecos y Perú (CIAT, 1976). La Figura 10 muestra que la aplicación de la escoria basica al voleo fué muy superior a la aplicación en banda. En el caso del SFT no se encontraron diferencias significativas entre los dos metodos, pero en los suelos que fijan mucha cantidad de P la aplicación en bandas es superior. Ofori (1970) sugiere que la aplicación de P al voleo una vez que la planta está establecida pudiera ser más eficaz toda vez que las raíces aún están absorviendo activamente y se encuentran en los primeros 10 cm. de suelo; una vez que las raíces comienzan a funcionar como receptáculos de almacenamiento de carbohidratos dejan de jugar un papel activo en la absorción de nutrientes. Campos (1974) y Sena (1973) encontraron raíces de yuca a una profundidad de 140 cm., pero calcularon que el 86 por ciento de las raíces se encuentran en los primeros 10 cm. de suelo. De aquí que la incorporación de fertilizantes no sea aparentemente benéfica.

Deficiencia de potasio

El potasio no es un componente básico de las proteínas, de los carbohidratos o de las grasas, pero toma parte en su metabolismo; el K es esencial para la translocación de carbohidratos desde el follaje hasta las raí

ces (Malavolta, 1954). Por consiguiente, la deficiencia de K da como resultado una producción excesiva de follaje y pocas raíces. Blin (1905) y Obigbesan (1973) informaron que el K incrementa el contenido de almidón y disminuye el de HCN en las raíces, o sea que ejerce el efecto contrario al del N. Muthuswamy (1974) no encontró efecto alguno del P y del K sobre el contenido de HCN de las raíces, mientras que Payne (1956) registró un contenido más alto de HCN en raíces provenientes de suelos deficientes en K. Como mencionamos anteriormente, la yuca extrae más K del suelo que de ningún otro elemento; un cultivo normal absorbe aproximadamente 100 kg./ha. de K_2O.

La deficiencia de potasio se caracteriza por una disminución del índice de crecimiento de la planta y en casos muy severos por moteado de color morado de las hojas más viejas de la planta, con enroscamiento de los márgenes foliares y clorosis y necrosis del ápice y de los bordes de las hojas (Asher, 1975; Krochmal, 1968). Las hojas más viejas y los pecíolos se envejecen prematuramente y se caen. La deficiencia de K también produce entrenudos más cortos y menor altura de la planta. Díaz (1966) observó una ramificación excesiva en plantas deficientes en K. Ngongi (1976) informó que la aplicación de K aumentaba el tamaño de las hojas, el número de lóbulos foliares, la retención foliar y la altura de la planta. El contenido crítico de K es 1,2 por ciento para la lámina foliar y 2,5 por ciento para los pecíolos.

La deficiencia de K en la yuca se encuentra a menudo en muchos suelos donde otros cultivos no responden al K. Entre los suelos más deficientes en K están los de los Llanos Orientales de Colombia. La mayor parte de los Aldosoles de Sur América tienen niveles razonables de K. La deficiencia de K también se puede dar en suelos arenosos.

En Puerto Rico, Samuels (1970) obtuvo una respuesta a 100 kg./ha. de K_2O, mientras que Murillo (1962) no encontró respuesta alguna en suelos lateríticos de Costa Rica. El ICA (1971) registró respuesta al K en 11 de 14 ensayos realizados en Colombia. Ngongi (1976) consiguió una respuesta significativa a 240 kg./ha. de K_2O en los Llanos Orientales y a 120 kg./ha. de K_2O en el Valle del Cauca (Figura 11). El K_2SO_4 fué superior al KCl en los Llanos por cuanto las aplicaciones altas de KCl indujeron deficiencia de S. Este problema se pudo solucionar aplicando K_2SO_4 ó mezclando S con KCl. Los niveles altos de K también disminuyeron los contenidos de Mg de las hojas y de los pecíolos, posiblemente al inducir deficiencia de Mg. Ngongi (1976) notó además una fuerte interacción N x K, a tal punto que el cultivo sólo respondía al N en presencia de K. El CIAT (1976) registró rendimientos máximos en los mismos suelos con 160 kg./ha. de K_2O.

En Brasil, Nunes (1974) no encontró respuesta significativa al K en Río de Janeiro, en tanto que Normanha (1960, 1961) recomienda aplicar 30-100 kg./ha. de K_2O en Sao Paulo y Goias. Silva (1968) obtuvo una respuesta significativa al K en los suelos arenosos pobres de Sao Paulo. Días (1966) - afirma que la deficiencia de K es más frecuente en Sao Paulo. Albuquerque

(1968) alcanzó rendimientos máximos con 180 kg./ha. de K_2O en el estuario del Amazonas.

En el oriente de Nigería, Irving (1947) obtuvo respuesta al K en suelos ligeramente ácidos, en tanto que Amon (1973) recomienda el uso de 60 kg./ha. de K_2O en el occidente nigeriano. Takyi (1972) no encontró respuesta al K en un Ocrosol forestal de Ghana.

La deficiencia de K fue el principal factor limitante en Madagascar (Roche, 1957) y se recomienda aplicar 110 kg./ha. de K_2O (DeGeus, 1967; Le Manioc, 1952; Essais de Fumure, 1953). La aplicación de K incrementó significativamente el contenido de este elemento en la felodermis (Cours, 1961) y disminuyó los de N y P. El contenido de K en las hojas puede aumentar con mayores niveles de K sin que por ellos se incremente el rendimiento (Ngongi, 1976).

En India, Kumar (1971) y Trivandrum (1969) lograron obtener una respuesta significativa con 100 kg./ha. de K_2O, mientras que Chadha (1958) registró un aumento del rendimiento hasta del 75 por ciento con 160 kg./ha. Este último autor encontró una fuerte interacción de N x K y recomendó la aplicación de N y K_2O en una proporción de 1:1,75. En los suelos turbosos de Malasia se puede cultivar la yuca continuamente aplicando 90 kg./ha. de K_2O y 120 kg. de N (Kanapathy, 1974). Chew (1971) recomendó 110-160 kg./ha. de K_2O para estos suelos. Tanto Nyholt (1935) como Den Doop (1937) consideran que el K es el principal factor limitante en Indonesia. Den Doop (1937) obtuvo una respuesta positiva a 150 kg./ha. de K_2O en la primera siembra, y un efecto residual fuerte a la aplicación de 300 kg./ha. de K_2O en la segunda y tercera siembras. (Figura 12). Según el mismo autor, la aplicación de K aumenta el requerimiento de P, y la disponibilidad de K disminuye durante las sequías. Kumar (1977) logró mejores resultados con la aplicación de la mitad de las dosis en el momento de la siembra y la mitad un mes más tarde. Normanha (1952) y Silva (1968) indicaron que la aplicación de KCl en contacto con el cangre es especialmente perjudicial para la germinación y recomendaron la colocación lateral del P y del K y la aplicación en cobertura del N a los tres meses. El CIAT (1976) no encontró diferencias significativas entre los diferentes métodos de aplicación de NPK (10-20-20), incluyendo la aplicación al voleo, en bandas, en círculo alrededor de la planta y localizada bajo el cangre.

Deficiencia de calcio y magnesio

El calcio desempeña un papel importante en la regulación del suministro de agua de la planta, mientras que el magnesio es un componente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis.

La deficiencia de Ca se manifiesta en una reducción del crecimiento de las raíces sin síntomas foliares definidos. Forno (1976) encontró que la escasez de Ca durante la propagación de la yuca en cámara húmeda daba como resultado pudrición radical. Esto podía evitarse agregando 150 uM de Ca a

la solución nebulizadora (Forno, 1976).

La deficiencia de Mg se caracteriza por clorosis de las áreas comprendidas entre las venas de las hojas inferiores la cual comienza por el ápice y los bordes foliares, mientras que las venas permanecen de color verde oscuro (Asher, 1975; Lozano, 1976). El nivel de Mg en las hojas inferiores que presentaban deficiencia era 0,05 ppm.y el de las hojas normales 0,26 ppm, en tanto que el de los pecíolos era 0,04 y 0,28 ppm, respectivamente. En general los pecíolos son más sensibles a la deficiencia de Ca y Mg que las láminas foliares.

Las deficiencias de Mg y Ca son más frecuentes en los Ultisoles y Oxisoles ácidos, estériles, pero la deficiencia de Mg en la yuca también se ha observado en los suelos de ceniza volcánica de Popayán (Colombia), los cuales presentan niveles bajos de Mg y altos de K.

La deficiencia de Ca se controla corrientemente aplicando cal aunque también puede emplearse una fuente más soluble como yeso o $CaSO_4$, especialmente si el suelo tiene un nivel bajo de S. La deficiencia de Mg se puede controlar con cal dolomítica ($CaCO_3 + MgCO_3$), MgO ó $MgSO_4$. Ngongi (1976) obtuvo en los Llanos Orientales una respuesta significativa a la aplicación de 50 kg./ha. de Mg en forma de $MgSO_4$ ó MgO, pero el $MgSO_4$ fue muy superior al MgO probablemente debido á su contenido de S y a su mayor solubilidad (Figura 13). Los niveles superiores a 50 kg./ha. de Mg dismunuyeron los rendimientos por cuanto seguramente indujeron deficiencia de Ca.

Toxicidad del aluminio y del manganeso y efecto del pH

Gran parte de los suelos de las regiones tropicales son improductivos debido al alto grado de acidez, el que en el caso de muchos suelos minerales generalmente va acompañado de toxicidad de aluminio y/o manganeso. Dichos suelos podrían convertirse en productivos por medio del encalamiento, el cual incrementa el pH y el contenido de Ca y reduce el Al intercambiable y el Mn (Figura 14). Sin embargo, el costo de la cal, incluyendo su transporte, es prohibitivo en muchas regiones, y sólo se pueden aplicar cantidades relativamente pequeñas para que no resulte tan oneroso. Para estas áreas es sumamente importante seleccionar cultivos que toleren la acidez del suelo y niveles altos de Al y de Mn. Entre los cultivos tolerantes hay algunos especialmente tolerantes a las condiciones adversas de este tipo; Edwards (1977) demostró que de tres cultivos ensayados, la yuca era la que mejor toleraba un pH bajo de la solución nutritiva. Además fué la que menos sufrió debido a los niveles altos de Al y Mn. La Figura 15 muestra que en los ensayos de selección en el campo con seis cultivos alimenticios, la yuca y el caupí produjeron 54 y 60 por ciento de sus rendimientos máximos sin aplicación de cal, en tanto que el arroz, el maíz y el fríjol prácticamente no dieron rendimiento bajo estas condiciones. Por consiguiente, aunque todos estos cultivos respondieron positivamente al encalamiento, la yuca y el caupí toleraron mucho mejor la acidez del suelo. Actualmente se están efectuando selecciones a grande escala en el campo y en soluciones nutritivas con el objeto de identificar los cultivares de yuca más tolerantes.

La toxicidad de Al se caracteriza por una falta general de vigor y un crecimiento radical muy pobre. Las hojas inferiores son amarillas y necróticas aun cuando esto también puede deberse a deficiencia de Mg, la cual se presenta a menudo simultáneamente con la toxicidad de Al en el campo. La Figura 16 muestra como el encalamiento del suelo puede realmente disminuir los rendimientos de la yuca al inducir deficiencia de Zn. La yuca, como la mayoría de los cultivos, únicamente dió una respuesta positiva a la aplicación de hasta 6 ton./ha. de cal en presencia de una cantidad suficiente de Zn. La Figura 17 muestra como el contenido de Zn disminuyó drásticamente con el encalamiento, alcanzando niveles inferiores al contenido crítico de Zn (60 ppm) cuando se aplicaron 6 ton./ha. de cal. La aplicación de Zn evitó que se llegara al nivel crítico y las plantas no sufrieron de deficiencia de Zn incluso con la dosis más alta de encalamiento. En consecuencia, se debe ser sumamente cuidadoso al encalar suelos poco fértiles a fin de no inducir deficiencias de oligoelementos tales como Zn, Cu, Mn y B.

Samuels (1970) obtuvo en Puerto Rico una respuesta positiva a la aplicación de 2 ton./ha. de cal a un suelo con un pH de 4,5. En Cruz das Almas (Brasil) no se logro obtener respuesta al encalamiento en 3 años de ensayos (Conceicao, 1.973). No obstante, Silva (1968) y Normanha (1961) recomiendan la aplicación e incorporación profunda de cal en los suelos de Sao Paulo. (Rodríguez, 1976) aconseja aplicar 1,5 ton./ha. de cal por cada me de Al/100 gm., aunque información del CIAT (1975) señala que la yuca puede tolerar relativamente bien de 2-3 me de Al/100 gm. Normanha (1951) sugiere utilizar 2 ton. de cal dolomítica si el pH del suelo es inferior a 5. En India, Trivandrum (1971) también recomienda la aplicación de 2 ton./ha. de cal y encontró que ésta aumentaba la disponibilidad de P.

En los suelos de turba de Malasia, Kanapathy (1970) y Lim (1973) observaron que la yuca sobrevivía sin encalamiento en suelos con un pH de 3,2 en tanto que el maíz y el maní murieron. Como el contenido de Al de estos suelos es muy bajo, este es principalmente un efecto directo del pH. Para obtener rendimientos óptimos, ellos recomiendan el uso de la cal, y aclaran que su efecto benéfico se debe principalmente al aumento del pH más que al suministro de Ca.

La yuca tolera relativamente bien los suelos ácidos pero no un pH sumamente alto, y es bastante sensible a la alcalinidad y salinidad del suelo. La Figura 18 muestra como los rendimientos de la yuca disminuyeron drásticamente cuando el pH era superior a 7,8, el porcentaje de saturación de Na era mayor de 2,5 por ciento, o la conductividad eléctrica superaba los 0,5-0,7 mmhos./cm. En cambio, estas condiciones no afectaron tanto los rendimientos del fríjol. Los cultivares de yuca tenían niveles de tolerancia muy diferentes y algunos eran adecuados para suelos con pH altos. Aun cuando la aplicación de 2 ton./ha. de S incrementó los rendimientos bajo las condiciones de pH alto del CIAT (1976), esta práctica es generalmente muy costosa para ser recomendada. Una solución más práctica es seleccionar otro cultivo o una variedad con mayor tolerancia a la salinidad.

Deficiencia de azufre

El azufre es un componente básico de varios aminoácidos y, en consecuencia, toma parte en la síntesis de las proteínas. Cuando el suministro de S es inadecuado, las plantas acumulan en las hojas cantidades excesivas de N inorgánico, aminoácidos y amidas y dejan de formar proteínas (Stewart, 1969). Krochmal (1968) y Asher (1975) observaron que la deficiencia de S se manifiesta en una coloración verde pálido a amarillo de las hojas superiores, similar a la ocasionada por la deficiencia de N. Ngongi (1976) encontró que en los Llanos Orientales de Colombia la aplicación de K_2SO_4 era significativamente mejor que la de KCl, pero que mezclando S con HCl se podía obtener un efecto similar. Por consiguiente, concluyó que el S era el factor limitante y que las aplicaciones altas de cloruros podían inhibir la absorción de sulfato e inducir la deficiencia de S.

Deficiencias de microelementos

Para diagnosticar las deficiencias de oligoelementos se recomienda efectuar análisis de suelo y/o foliares. En la parte inferior del Cuadro 5 se indican los niveles considerados normales. Los niveles críticos de deficiencia de Zn (determinados mediante extracción con 0,25 N H_2SO_4 + 0,05 N HCl) son aproximadamente 60 ppm en las láminas foliares y 2 ppm en el suelo; en el caso del B éstos son 15 ppm aproximadamente para las hojas (Forno, 1976) y 0,3-0,6 ppm de B soluble en agua caliente para el suelo.

Si bien la determinación de las deficiencias de elementos principales de la yuca con base en los síntomas visibles es bastante difícil, en el caso de los elementos menores éstos son muy claros y el diagnóstico es sencillo. Lozano (1976) tomó fotografías a color de dichos síntomas, los cuales se describen brevemente a continuación (Krochmal, 1968; Asher, 1975; Lozano, 1976):

Deficiencia de Zn:

Moteado blanco o amarillo de las áreas intervenosas de las hojas superiores y producción de hojas muy pequeñas de color verde pálido en el punto de crecimiento. En casos severos las hojas se decoloran y toman una coloración entre blanca y amarilla.

Deficiencia de Cu:

Moteado blanco de las áreas intervenosas similar al causado por la deficiencia de Zn. En casos extremos se presenta amarillamiento uniforme de la parte superior de la planta, deformación del punto de crecimiento y disminución del desarrollo de las raíces.

Deficiencia de Fe:

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme o decoloración completa de las hojas superiores de la planta. No hay reducción en el tamaño de la planta.

Deficiencia de Mn:

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme de las hojas, similar al causado por la deficiencia de Fe sólo que el amarillo es más pálido y hay menos contraste entre el color de las venas y de las áreas intervenosas.

Deficiencia de B.:

Manchas cloróticas pequeñas situadas cerca del ápice de las hojas jóvenes; plantas y hojas pequeñas; muerte del ápice radical e inhibición de la formación de raíces laterales.

Toxicidad de B:

Manchas necróticas y quemazón en el ápice foliar y a lo largo de los bordes de las hojas inferiores.

Los informes sobre deficiencias de microelementos en la yuca no son muy frecuentes, pero seguramente éstos limitan el rendimiento más de lo que se cree. Cuando no se aplica Cu a los suelos de turba de Malasia, la yuca presenta raquitismos y la parte superior de la planta se vuelve completamente amarilla (Kanapathy, 1970). Chew (1971) recomienda una fertilización básica de 15 kg./ha. de Cu en forma de $CuSO_4$, la cual elimina este problema durante varios años. En Colombia, tanto bajo las condiciones alcalinas del CIAT como en los suelos sumamente ácidos de los Llanos Orientales, se observan a menudo síntomas de deficiencia de Zn y respuestas significativas de la yuca a la aplicación de este elemento. En el CIAT los mejores resultados se obtuvieron con una aplicación foliar de $ZnSO_4$ al 1 por ciento o sumergiendo el material vegetativo de propagación en una solución de $ZnSO_4$ al 1 por ciento antes de la siembra. La medida más efectiva en los suelos ácidos de los Llanos fué la aplicación de $ZnSO_4$ (10 kg./ha), aunque una combinación de inmersión de los cangres en la solución y aplicación foliar es probablemente el sistema de aplicación más económico.

La Figura 19 muestra que entre los oligoelementos ensayados en los Llanos, el Zn dió la mejor respuesta seguido por el Cu y el Mn. Sin embargo, nunca se observaron síntomas de deficiencia de Mn y Cu. Aunque estos suelos tienen un contenido bajo de B, la yuca no respondió realmente a la aplicación de B. En comparación con cultivos como el maíz y el fríjol, la yuca tiene un requerimiento relativamente bajo de B, a diferencia de su requerimiento excepcionalmente alto de Zn. La aplicación de cantidades excesivas de un microelemento puede inducir fácilmente la deficiencia de otro. Los elementos menores pueden ser de suma importancia para obtener una producción óptima, pero su aplicación se debe dosificar cuidadosamente.

Resumen y conclusiones

Aunque la yuca se desarrolla relativamente bien en suelos infértiles ácidos donde muchos cultivos no prosperan, también responde a la fertilización y de hecho tiene un requerimiento de P sumamente alto. El P es generalmente el elemento más limitante del rendimiento en tres clases de suelos tropicales; en los Llanos Orientales de Colombia los rendimientos se triplicaron por medio de la fertilización adecuada con P.

La yuca extrae grandes cantidades de K del suelo (aproximadamente 10 kg. de K_2O por cada 25 toneladas de raíces) y este elemento puede agotarse si se cultiva yuca continuamente sin retornar al suelo cantidades apropiadas de K. Bajo esas condiciones el cultivo responde a dosis altas de K.

En comparación con otros cultivos la yuca tiene un requerimiento de N igual o más bajo, y por lo general sólo se recomienda aplicar niveles bajos de N; la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados estimula el crecimiento del follaje y reduce la síntesis del almidón. La yuca tolera bastante bien los suelos ácidos donde otros cultivos sufren de toxicidad de Al o de Mn. También tolera un pH bajo, aun cuando el pH óptimo para este cultivo varía de 5,5-7,5. La yuca responde a dosis bajas de K pero es susceptible al exceso de encalamiento, el cual puede inducir deficiencias de elementos menores.

Entre las deficiencias de elementos menores, la de Zn es la más frecuente; se puede subsanar mediante la aplicación de $ZnSO_4$ al suelo, empleándolo como aspersión foliar o para sumergir el material de propagación.

Por medio de la selección de un gran número de cultivares de yuca por su tolerancia a las condiciones adversas del suelo, tales como la acidez o la poca disponibilidad de P, es posible obtener material genético que esté excepcionalmente bien adaptado para desarrollarse en suelos pobres con un mínimo de fertilización.

REFERENCIAS

1.- Acosta J., R. and Pérez, J. 1954. Abonamiento en yuca. (Fertilization of cassava). Suelo Tico 7(31):300-308.

2.- Albuquerque, M. De. 1968. Estudio de fertilidade con mandioca em latosolo amarelo esgotado da Zona do Estuario Amazonico. (Fertility studies with cassava on exhausted yellow latosol in the Amazonian Estuary Zone). Brasil, Instituto de Pesquisas e Experimentaçao Agropecuarias do Norte Boletín Informativo No. 134.

3.- Amon, B. O. E. and Adetunji, S. A. 1973. The response of maize, yam and cassava to fertilizers in a rotation experiment in the savannah zone of western Nigeria. Nigerian Agricultural Journal 10(1):91-98.

4.- Asher, C. J. 1975. Symptoms of nutritional disorders in cassava. Mimeograph Dept. Agr., Un. Queensland, Brisbane, Australia.

5.- Barrios, E. A. and R. Brossani. 1967. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca Manihot. Turrialba 17:314-320.

6.- Birkinshaw, F. A. 1926. A brief summary of tapioca cultivation on what is a now valuable rubber estate in province Wellesley. Malayan Agr. J. 14(11):361-364.

7.- Blin, H. 1905. La fumure du manioc. (Fertilization of cassava). Bulletin Economique de Madagascar no. 3:419-421.

8.- Bonnefoy, J. V. 1933. Calcul des éléments fertilisants enlevés au sol par une récolte de manioc. (Calculation of the fertilizer elements taken from the soil by a cassava harvest). Bulletin Economique de Madagascar no. 83:75-77.

9.- Campos, H. Dos R. and Sena, Z. F. De. 1974. Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (Manihot esculenta Crantz) em diferentes idades. (Distribution of the root system of "Aipim Maragogipe" (Manihot esculenta Crantz) at different growing periods). Cruz das Almas, Bahia, Brasil, Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia.

10.- Chadha, T. R. 1958. Fertilizer experiments on tapioca in the Kerala State. Journal of the Indian Society of Soil Science 6(1):53-63.

11.- Chan, Seak Khen. 1970. Notes on the growing of cassava at

Serdang. In: Blencowe, E. K. and J. W. Blencowe. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp. 139-148.

12.- Chew, W. Y. 1970. Varieties and NPK fertilizers for tapioca (Manihot utilissima Pohl) on peat. Malaysian Agricultural Journal 47(4): 483-491.

13.- Chew, W. Y. 1971? The performance of tapioca, sweet potato and ginger on peat at the Federal Experiment Station, Jalan Kebun, Selangor. Kuala Lumpur, Agronomy Branch, Division of Agriculture. 7 p.

14.- CIAT. 1974. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

15.- CIAT. 1975. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

16.- CIAT. 1976. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

17.- Conceicao, A. J. Da., Tavares, F. D. and Guimaraes, C. D. 1973. Calagem em solos para mandioca. (Fertilizer application for cassava). Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia. Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1(1):53-60.

18.- Cours, G. 1953. Le manioc. (Cassava). In Recherche Agronomique de Madagascar. Inspection Generales des Services Agricolas. Compte rendu no. 2:78-88.

19.- Cours, G., Fritz, J. and Ramahadimby, G. 1961. El diagnóstico felodermico de la mandioca. (Phellodermic diagnosis of the nutritional status of cassava). Fertilité no. 12:3-20.

20.- Dias, C. A. de C. 1966. Mandioca também se aduba (cassava also has to be fertilized). Fir. 8(9):14-16.

21.- Doop, J. E. A. Den. 1937. Groene bemesting, kunstmest and andere factoren in Sisal - en Cassave-productie, VI. (Green manure fertilizers and other factors in sisal and cassava production. VI.). Bergcultures 11(36)1290-1305.

22.- Doop, J. E. A. Den. 1937. Groene bemesting, kunstmest en andere factoren in Sisal - en Cassave-productie. (Green manure, fertilizers and other factors in the production of sisal and cassava. V.). De Bergcultures 9:264-278.

23.- Doop, J. E. A. Den. 1941. Factors influencing the availability of the indigenous phosphorus in an acid tropical soil. Soil Science 52:101-120.

24.- Du Fournet, R. y Guarin. 1957. Note sur la culture du manioc a Madagascar. Riz et Riziculture 3:15-38.

25.- Dulong, R. 1971. La manioc a Madagascar (Manioc in Madagascar). Agronomie Tropicale 26 (8):791-829.

26.- Essais De. 1953. Fumure du manioc. (Fertilizer trials with cassava), Recherche Agronomique de Madagascar. Compte Rendu no. 2:85-88.

27.- Fassbender, H. W. 1967. La fertilización del frijol (Phaseolus sp.). Turrialba 17(1):46-52.

28.- Forno, D. A. 1977. Mineral nutrition of cassava. Ph.D. Thesis, Un. of Queensland, Brisbane, Australia.

29.- Forno, D. A., Asher, C. J. and Edwards, D. G. 1976. Mist propagation of cassava tip cuttings for nutritional studies: effects of substrate calcium concentration, temperature and shading. Tropical Agriculture (Trinidad)58(1):47-55.

30.- Fox, R. H., Talleyrand, H. and Scott T. W. 1975. Effect of nitrogen fertilization on yields and nitrogen content of cassava, Llanera cultivar. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico 59(2):115-124.

31.- De Geus, J. G. 1967. Root crop; Cassava. In: De Geus, J. G. Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Zurich, Centre d'Etude de l'azote. pp 181-185.

32.- Gómez, A. 1975. Erosión y Conservación de los Suelos de Ladera de los Departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda (erosion and soil conservation of steep soils of the departments Caldas, Quindío and Risaralda). mimeograph CENICAFE. Manizales, Colombia.

33.- Hongsapan, S. 1962. Does planting of cassava really impoverish the soil? Kasikorn 35(5):403-407.

34.- Instituto Colombiano Agropecuario. 1971. Respuesta de la yuca a la fertilización en parcelas demostrativas (Cassava response to fertilization in demonstration plots). Tibaitata, Colombia.

35.- Irving, H. 1956. Fertilizer studies in eastern Nigeria, 1947-51. Enugu, Nigeria, The Government Printer. 34 p.

36.- Kanapathy, K. and Keat, G. A. 1970. Growing maize, sorghum and tapioca on peat soil. In Glencowe, E. K. and J. W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp. 25-35.

37.- Kanapathy, K. 1974. Fertilizer experiments on shallow peat under continuous cropping with tapioca. Malaysian Agricultural Journal

49(4):403-412.

38.- Krochmal, A. and C. Samuels. 1968. Deficiency symptoms in nutrient pot experiments with cassava. CEIBA 14:7-16.

39.- Krochmal, A. and C. Samuels. 1970. The influence of NPK levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. Ceiba. 16(2):35-43.

40.- Kumar, B. Moham, R. C. Mandal and M. L. Magoon. 1971. Influence of potash on cassava. Indian Journal of Agronomy. 16(1):82-84.

41.- Kumar, B. Moham, R. C. Mandal, G. M. Nair, and N. Hrishi, 1977. Effect of farm yard manure and NPK on cassava p 122-124. In J. Cock, R. McIntyre and M. Graham (Ed). Proc. IV Symp. Intern. Sec. Trop. Root Crops. Cali, Colombia, 1976.

42.- Lambourne, J. 1927. A preliminary report on tapioca as a catch crop with oil palms. Malayan Agr. J. 15:104-113.

43.- Le Manioc. (Cassava). 1952. Recherche Agronomique de Madagascar no. 1:49-52.

44.- Lim, C. K., Chin, Y. K. and Bolle-Jones, E. W. 1973. 1973. Crop indicators of nutrient status of peat soil. Malaysian Agricultural Journal 49(2):198-207.

45.- Lotero, J. C. 1974. Absorción de fósforo y sus funciones en la planta. En Suelos Ecuatoriales. El fósforo en zonas tropicales. pp. 422.

46.- Lozano, J. C., A. Bellotti, A. van Schoonhoven, R. Howeler, J. Doll, D. Howell and T. Bates. 1976. Field problems of cassava. CIAT Serie Ge-16. Cali, Colombia.

47.- Malavolta, E. et al. 1954. Estudos sobre a alimentaçao mineral da mandioca (Manihot utilissima Pohl). Mineral nutrients of cassava (Manihot utilissima pohl) . Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Brazil) 11:21-40.

48.- Malavolta, E.; E. A. Graner, T. Coury; M. O. C. Brasil sobr and J. A. C. Pacheco. 1952. Studies on the mineral nutrition of cassava (Manihot utilissima Pohl). Plant Physiology. 30(1):81-82.

49.- Mandal, R. C. Singh, K. D. and Magoon, M. L. 1971. Relative efficacy of different sources, levels and split application of nitrogen in tapioca. Indian Journal of Agronomy 16(4):449-452.

50.- Mejía Franco, R. 1964. El Cultivo de la Yuca, y su Explotación Industrial. Agr. Tropical 1:13-21.

51.- Murillo, A. G. 1967. Estudios sobre Yuca (Manihot utilissima Pohl). Un. de Costa Rica. San José, Costa Rica.

52.- Muthuswamy, P. et. al. 1974. Hydrocyanic acid content of cassava (Manihot esculenta Crantz) peel as affected by fertilizer application. Current Science 43(10):312.

53.- Ngongi, A. G. N. 1976. Influence of some mineral nutrients on growth, composition and yield of cassava (Manihot esculenta Crantz). Ph.D. Thesis Cornell Un., Ithaca, N.Y.

54.- Normanha, E. S. 1951. Adubaçao da mandioca no Estado de Sao Paulo. I. Efeito da adubaçao mineral. (Cassava fertilization in the state of Sao Paulo. I. Effect of mineral fertilization). Bragantia 11(7-9): 181-194.

55.- Normanha, E. S. and Freire, E. S. 1959. Consequencias da aplicaçao de adubos em contato com ramas de mandioca. (Effect of fertilizer application in contact with cassava cuttings). Bragantia 18:1-4.

56.- Normanha, E. S. 1960. Adubaçao do mandiocal e mamoneiras em terras fracas. (Manuring of cassava and castor-oil plantations in sterile soils). Chácaras e Quintaes 10(2):162.

57.- Normanha, E. S. 1961. Adubaçao da mandioca (Fertilization of cassava). FIR 3(8):18-19.

58.- Normanha, E. S., Pereira, A. S. Freire, E. S. 1968. Modo e época de apliçao de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragangia 27(12):143-154.

59.- Nunes, Da O. et.al. 1974. Resposta da mandioca a adubaçao mineral e a métodos de apliçao do potássio en solos de baixa fertilidade. (Cassava responses to mineral fertilizing and methods of potassium application in low fertility soils). Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Série Agronomia) 9(9):1-9.

60.- Nijholt, J. A. 1935. Opname van voedingsstoffen uit den boden bij cassave. (Absorption of nutrients from the soil by a cassava-crop). Buitenzorg. Algemeen Proefstation voor den Landbouw. Korte Mededeelingen No. 15.

61.- Obigbesan, G. O. 1973. The influence of potassium nutrition on the yield and chemical composition of some tropical root and tuber crops. In International Potash Institute, Coloquium, 10th, Abidjan, Ivory Coast.

62.- Obigbesan, G. O. and Fayemi, A. A. A. 1976. Investigations on Nigerian root and tuber crops. Influence of nitrogen fertilization in the yield and chemical composition of two cassava cultivars (Manihot esculenta). Journal of Agricultural Science 86:(2):401-406.

63.- Ofori, C. S. 1970. Absorption and translocation of phosphate through cassava tubers. (Manihot esculenta Crantz). Ghana J. Agr. Sci. 3:203-205.

64.- Orioli, G, A, et al. 1967. Acumulación de materia seca, N, P, K y Ca en Manihot esculenta. (Accumulation of dry matter, N, P, K and Ca in Manihot esculenta). Bonplandia (Argentina) 2(13): 175-182.

65.- Pages, A. 1955. Sur la composition minerale des feuilles de certaines plantes entrant dans la ration alimentaire habituelle de la population des Hauts-Plateaux de Madagascar. (The mineral composition of leaves of certain plants forming part of the daily rations of the population of the High Plateaux in Madagascar). Naturaliste Malgache 7(2):215-218.

66.- Payne, H. and Webster, D. C. 1956? The toxicity of cassava varieties on two Jamaican soil types of differing potassium status. Kingston, Jamaica, Ministry of Agriculture and Fisheries. Crop Agronomy Div.

67.- Prevott, P. and H. Ollagnier. 1958. La fumure potassique dans le regions tropicales et sub tropicales. (The fertilization of K in tropical and subtropical regions). In Potassium Symposium, Berne.

68.- Roche, P., Velly, J. and Joliet, B. 1957. Essai de détermination des seuils de carence en potasse dans le sol et dans les plantes. (Determination of the critical level of potassium deficiency in soil and plants). Revue de la Potasse.

69.- Rodriguez, J. M. 1975. Fertilización de la yuca. (Fertilization of cassava). In Curso sobre producción de yuca. Medellín, Instituto Colombiano Agropecuario, Regional 4.

70.- Samuels, G. 1970. The influence of fertilizer levels and sources on cassava production on a lares clay in Puerto Rico. In Annual Meeting C.F.C.S., 7th, Martinique, Guadaloupe. 1969. Proceedings.

71.- Santana, A.M., Carvalho, J.E.B. De and borges, I.O. 1975. Competiçao de fontes de nitrogenio em solos para mandioca. (Effects of different sources of nitrogen on cassava production). In Cruz das Almas, Brasil. Universidad Federal da Bahía. Escola de Agronomía/BRASCAN Nordeste. Série Pesquisa v.1 no.1.

72.- Sena, Z.F. De, and Campos, H. Dos R. 1973. Studo do sistema radicular da mandioca (Manihot esculenta Crantz) sumbetidas a diferentes frecuencias de irrigaçao. (Study of the root system of cassava under different period of irrigation). Cruz das Almas, Brasil. Universidad Federal da Bahia, Escola de Agronomia. Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1(1):41-52.

73.- Silva, Jairo Ribeiro da e E. S. Freire. 1968. Efeito de doses crescentes de nitrogenio, fósforo e potassio sobre a producao de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. (Responses of cassava to increasing doses of nitrogen, phosphorus and potassium). Bragantia. 27(29):357-364.

74.- Silva, Jairo Ribeiro da e E. S. Freire. 1968. Influencia da aplicao de adubos minerais nos sulcos de plantio, sobre os "stands" de culturas de mandioca. (Effects of application of some fertilizers in the furrows, on the stands of cassava fields). Bragantia. 27(26):291-300.

75.- Stephens, D. 1960. Fertilizer trials on peasant farms in Ghana. Empire Journal of Experimental Agriculture. 109:1-22.

76.- Stewart, B. A., and Porter, L. K. 1969. Nitrogen-sulfur relation ships in wheat (Triticum aestivum L.), corn (Zea mays) and beans (Phaseolus vulgaris). Agr. J. 61:267-271.

77.- Takyi, S. K. 1972. Effects of patassium, lime and spacing on yields of cassava (Manihot esculenta Crantz). Ghana Journal of Agriculture Science 5(1):39-42.

78.- Trivandrum. 1970. Central Tuber Crops Research Institute. Annual Report 1969. Trivandrum. 83 p.

79.- Trivandrum. Central Tuber Crops Research Institute. Annual Report 1970. Trivandrum. 78 p.

80.- Velly, J. 1969. Contribution a la determination de la fumure d'entretion; les exportations en elements mineraux de principales cultures. (Contribution to the determination of soil maintenance fertilization; the extractions of mineral elements by main crops). Bulletin de Madagascar 19:872-890.

81.- Vijayan, M. R. and Aiyer, R. S. 1969. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield and quality of cassava. Agricultural Research Journal of Kerala 7(2):84-90.

CUADRO 1. Cantidad de nutrimentos extraídos por tonelada de raíces de yuca cosechada.

Parte de la planta	Rendimiento de raíces	N	P	K	Ca	Mg	Referencia
	Ton/ha	kg/ha					
Raíces	40	1.83	0.37	1.82	0.36	1.08	Dulong (1971)
Raíces	52.7	0.72	0.53	5.08	0.65	0.37	Nyholt (1935)
Planta completa	52.7	2.50	0.92	9.04	3.06	0.99	Nyholt (1935)
Raíces	64.6	0.70	0.44	4.91	0.79	0.28	Nyholt (1935)
Planta completa	64.6	1.93	0.70	7.53	2.40	0.66	Nyholt (1935)
Raíces	6	1.0	0.29	2.64			Hongsapan (1962)
Raíces	42	3.64	0.40	4.40	0.60	0.14	Dufournet (1957)
Tallos	42	2.38	0.26	1.55	0.40	0.55	Dufournet (1957)
Planta completa	42	6.02	0.67	5.95	1.00	0.69	Dufournet (1957)
Raíces	26	6.85	0.77	3.50	1.0	0.12	Dufournet (1957)
Tallos	26	4.12	0.62	1.19	1.15	0.35	Dufournet (1957)
Planta completa	26	10.96	1.38	4.69	2.15	0.46	Dufournet (1957)
Raíces	25	2.20	0.19	1.60			Diaz (1966)
Raíces	50	3.06	0.34	3.70	0.50	0.12	Cours (1953)
Tallos	50	2.00	0.22	1.30	0.34	0.46	Cours (1953)
Planta completa	50	5.06	0.56	5.00	0.84	0.58	Cours (1953)
Raíces	18.6	1.14	0.50	2.35	0.41	0.53	Kanapathy (1974)
Planta completa	18.6	4.67	2.02	7.33	2.45	1.87	
Raíces	2.6	1.49	0.49	2.11			Mejía Franco (1946)
Raíces	-	0.70	0.44	2.8	1.00	0.05	Bonnefoy (1933)
Planta completa		20.10	2.40	9.0	9.90	2.20	Bonnefoy (1933)
Raíces	-	2.02	0.43	3.02			Kanapathy (1970)
Planta completa		6.28	1.89	6.53			
Raíces		3.00	0.50	3.5	0.60	0.10	Cours (1953)
Tallos		2.00	0.30	1.5	0.60	0.40	Cours (1953)
Planta completa		5.00	0.80	5.0	1.20	0.50	Cours (1953)
Raíces		1.82	0.36	1.77	0.34	1.08	Velly (1969)
Raíces	30	2.0	0.71	7.05			De Geus (1967)
Raíces	40	2.12	0.66	5.74	1.32		De Geus (1967)
Promedio							
Raíces		2.14	0.46	3.50	0.69	0.39	
Planta completa		6.95	1.26	6.67	2.87	0.99	

CUADRO 2. Contenido nutritivo de hojas, tallos y raíces de varias edades de la mata de yuca (tomado de Nyholt 1935).

	Hojas - % de MS					Tallos - % de MS					Raíces - % de MS				
Month	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
2	3,28	0,29	2,21	1,13	0,33	0,88	0,27	1,96	1,07	0,30	1,03	0,19	2,13	0,48	0,16
4	3,41	0,27	2,05	1,38	0,28	0,81	0,21	1,69	1,03	0,27	0,45	0,11	1,47	0,22	0,07
6	3,06	0,24	2,11	1,37	0,27	0,64	0,13	1,53	0,78	0,20	0,36	0,11	1,41	0,16	0,06
8	3,20	0,24	2,16	1,43	0,28	0,49	0,12	1,52	0,69	0,15	0,28	0,09	1,18	0,13	0,05
10	2,79	0,22	2,00	1,39	0,28	0,48	0,12	1,53	0,73	0,17	0,22	0,10	1,07	0,15	0,07
12	2,47	0,23	1,61	1,48	0,29	0,44	0,12	1,38	0,70	0,15	0,18	0,09	1,14	0,16	0,06
14	2,34	0,23	1,33	1,61	0,35	0,48	0,12	1,26	0,72	0,17	0,17	0,11	1,19	0,19	0,07

CUADRO 3. Contenido nutritivo de diferentes hojas, pecíolos y tallos de yuca (Cours, 1961).

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	% M.S.			
Hoja superior	3.84	0.23	0.80	0.45
Hoja inferior	2.48	0.18	0.72	0.81
Pecíolo de la hoja superior	1.68	0.17	1.04	1.13
Peciolo de la hoja inferior	1.40	0.08	1.15	1.02
Parte superior de rama jóven	1.36	0.16	0.49	1.40
Parte inferior de rama jóven	1.28	0.06	0.40	0.45
Rama primaria	1.00	0.05	0.51	0.37
Felodernis de tallo principal	1.12	0.06	1.81	0.85
Madera de tallo principal	0.76	0.07	0.40	

CUADRO 4. Contenido nutritivo de diferentes partes de yuca reportadas por varios investigadores.

Parte de la Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Referencia
			%				
Hojas jóvenes	5.5	0.4	1.2	0.7	0.3		Cours (1953)
Hojas viejas	5.0	0.3	0.7	1.4	0.4		
Cangre	0.95	0.39	2.47	0.42			Crioli (1967)
Hojas	2.80	0.25	1.27	2.23	0.55		Krochmal (1970)
Pecíolos	0.86	0.24	1.56	5.86	1.23		
Tallos	0.60	0.36	1.92	0.38	0.17		
Raíces	0.27	0.11	0.59	0.10	0.13		Kanapathy (1970)
Hojas	4.31-4.82	0.33-0.37	0.58-0.92				Roche (1957)
Hojas	3.54-6.17	0.22-0.37	0.78-1.05	0.27-0.93	0.24-0.44		Cours (1953)
Hojas		0.19		1.29			Barrios (1967)
Raíces		0.10		0.04			Barrios
Raíces		0.10		0.12			Barrios
Hojas + ramitas	3.18	0.33	1.33	1.08	0.64		Kanapathy (1970)
Tallos	0.61	0.49	1.13	0.52	0.36		
Raíces	0.28	0.12	0.57	0.10	0.14		
Hojas	4.65	0.18	1.14	1.07	0.42	0.16	CIAT (1974)
Láminas foliares	4.78	0.22	1.65	0.60	0.22		Ngongi (1976)
Pecíolos	1.59	0.11	2.80	1.48	0.22		" "
Raíces (peladas)	0.70	0.07	0.73	0.04	0.03		" "
Láminas foliares	5.0		1.74			0.37	" "
Pecíolos	1.6		2.35				" "
Raíces (peladas)	0.47		0.80			0.06	" "
Láminas foliares	4.9	0.22	1.48	0.66	0.23		" "
Pecíolos	1.52	0.11	1.88	1.52	0.30		" "
Raíces (peladas)	0.35	0.05	0.67	0.04	0.05		" "
Lámina foliar	4.5-6.5	0.2-0.5	1.0-2.0	0.75-1.5	0.25-1.0		CIAT (1974)
Lámina foliar	4.9-5.6	0.25-0.27	1.5-1.8	0.6-0.7	0.22-0.23	0.34-0.37	CIAT (1975)
Pecíolos	1.4-1.6	0.12-0.13	2.2-3.3	1.2-1.5	0.30-0.41	0.13-0.14	" "

CUADRO 5. Cantidad de elementos menores contenidos en varias partes de la planta de yuca reportados por diferentes investigadores.

Parte de la planta	ppm B	Zn	Mn	Cu	Fe	Referencia
Raíces		10.5-63.2	4.2-10	2.1-8.4	13.2-74.2	
Raíces		28.2	6.1	3.3	34.2	Muthususwami (1974)
Raíces (peladas)		204	273	20	152	Albuquerque (1968)
Hojas + ramitas			262		72	Kanapathy (1970)
Tallos			65		45	" "
Raíces			10		17	" "
Raíces (completas)					274	Barrios (1967)
Raíces (peladas)					592	" "
Raíces (completas)					443	" "
Raíces (peladas)					729	" "
Hojas					505	" "
Hojas			150		140	Pages (1955)
Hojas	15-40	40-100	50-150	6-12	100-200	CIAT (1974)
Retoños	15-150*					Forno (1977)

* Fluctúa desde deficiencia de B hasta toxicidad de B.

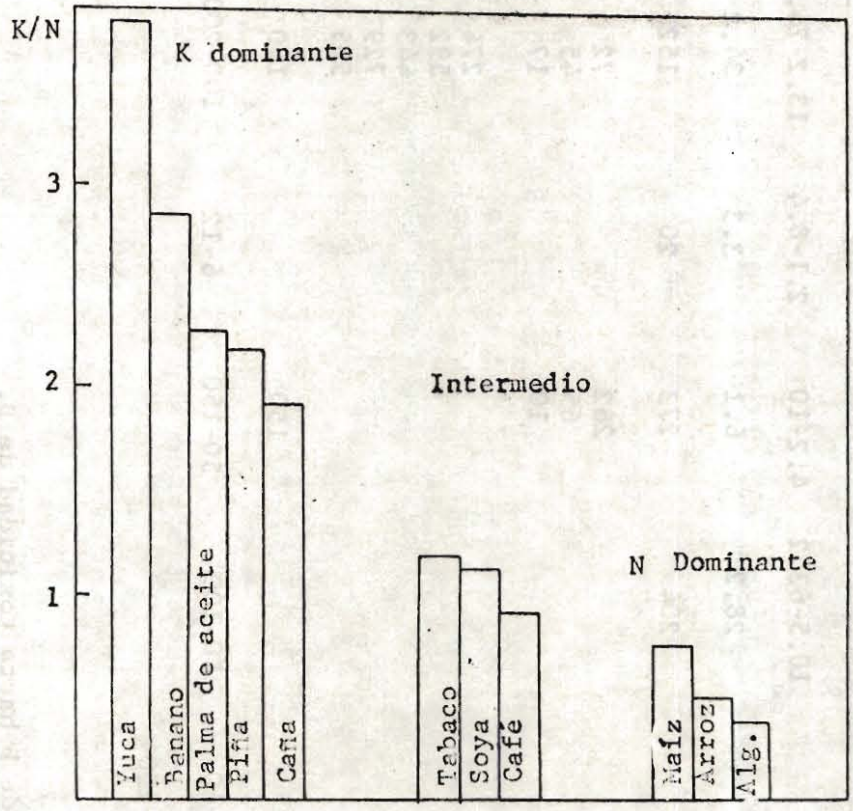


Figura 1.- La proporción de la extracción N/K de algunos cultivos tropicales (Prevott 1956)

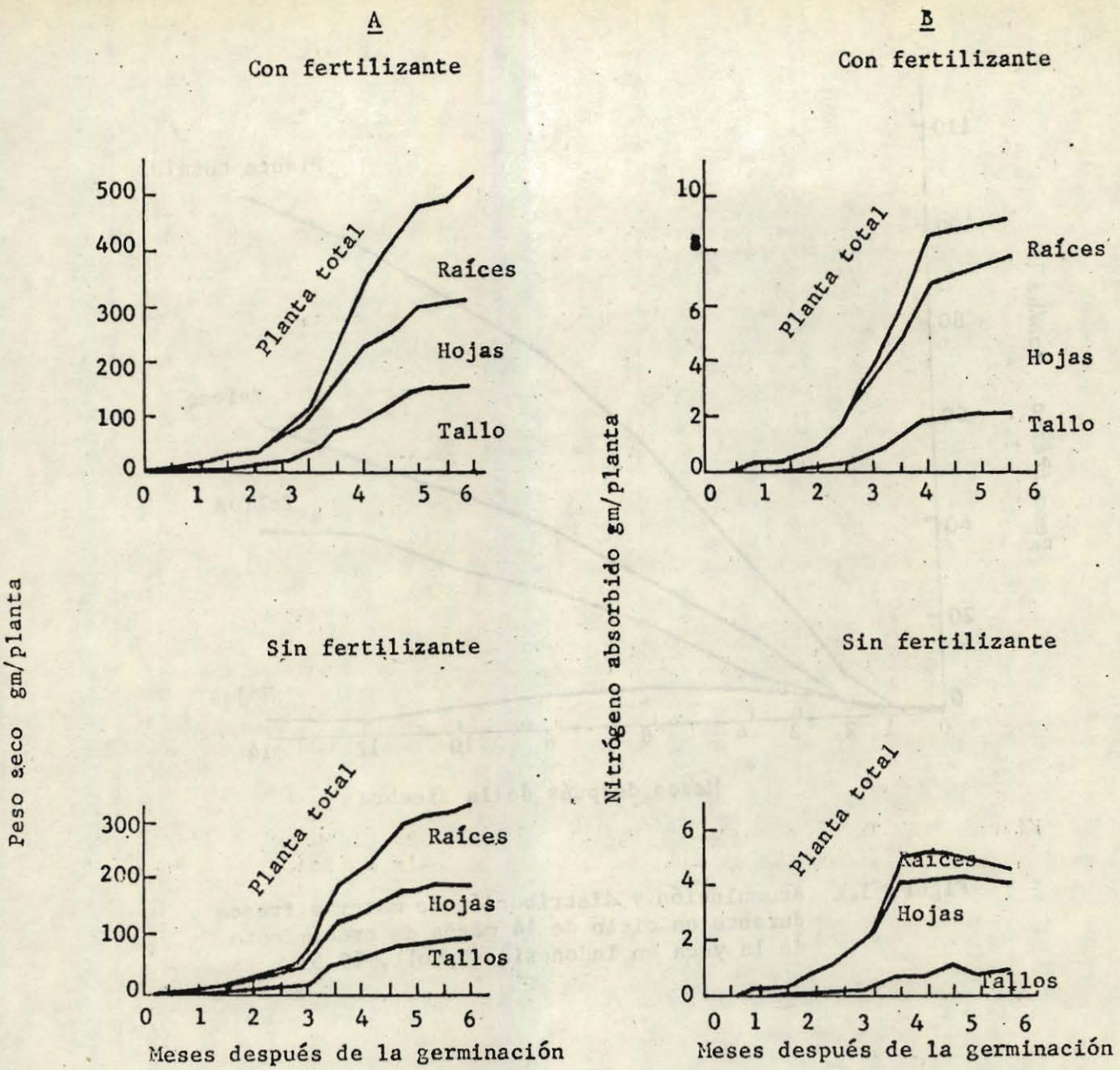


Figura 2. La acumulación y distribución de materia seca (A) y Nitrógeno (B) durante seis meses de crecimiento de la yuca en Argentina (Oriolí, 1967).

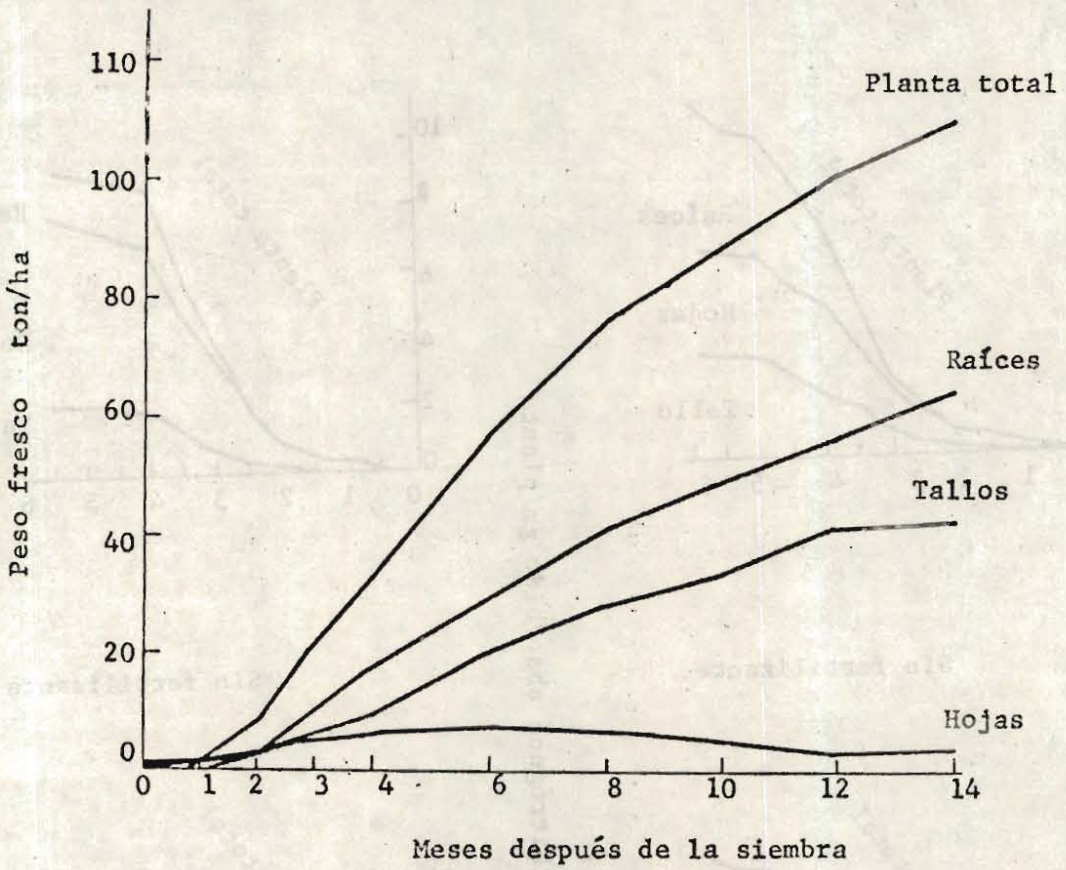


Figura 3.- Acumulación y distribución de materia fresca durante un ciclo de 14 meses de crecimiento de la yuca en Indonesia (Nyholt, 1935).

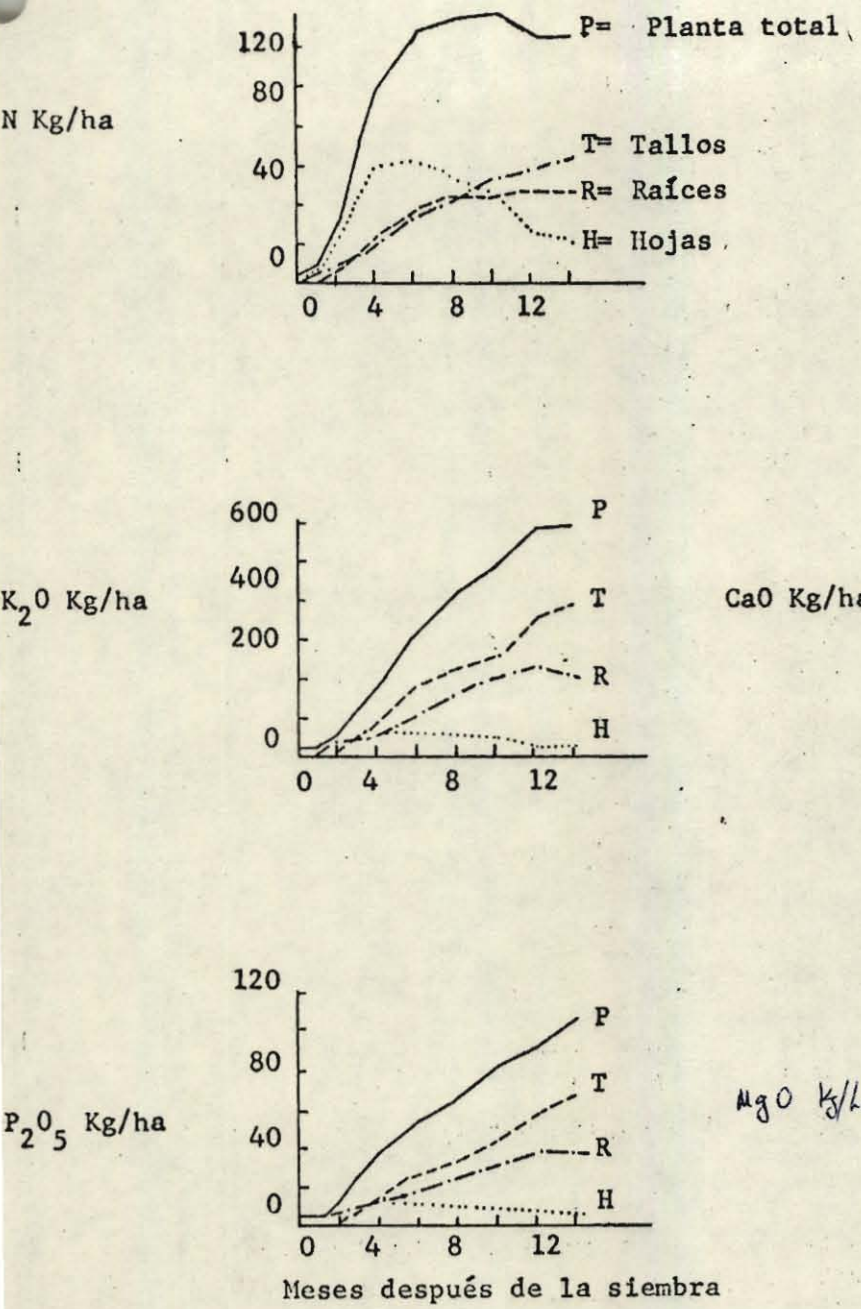


Figura 4.- La acumulación y distribución de N, P, K, Ca y Mg durante los 14 meses del ciclo de la yuca en Indonesia (Nyholt, 1935).

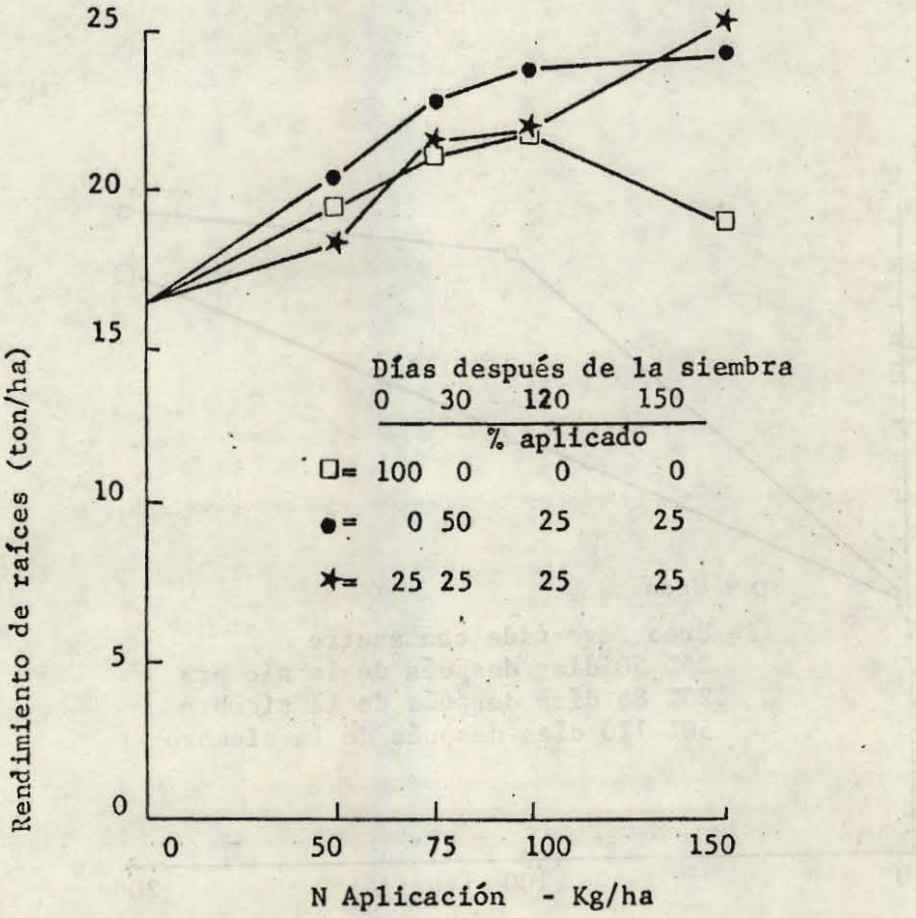


Figura 6.- Respuesta de la yuca a varios niveles y épocas de aplicación de Urea-Nitrógeno en Carimagua.

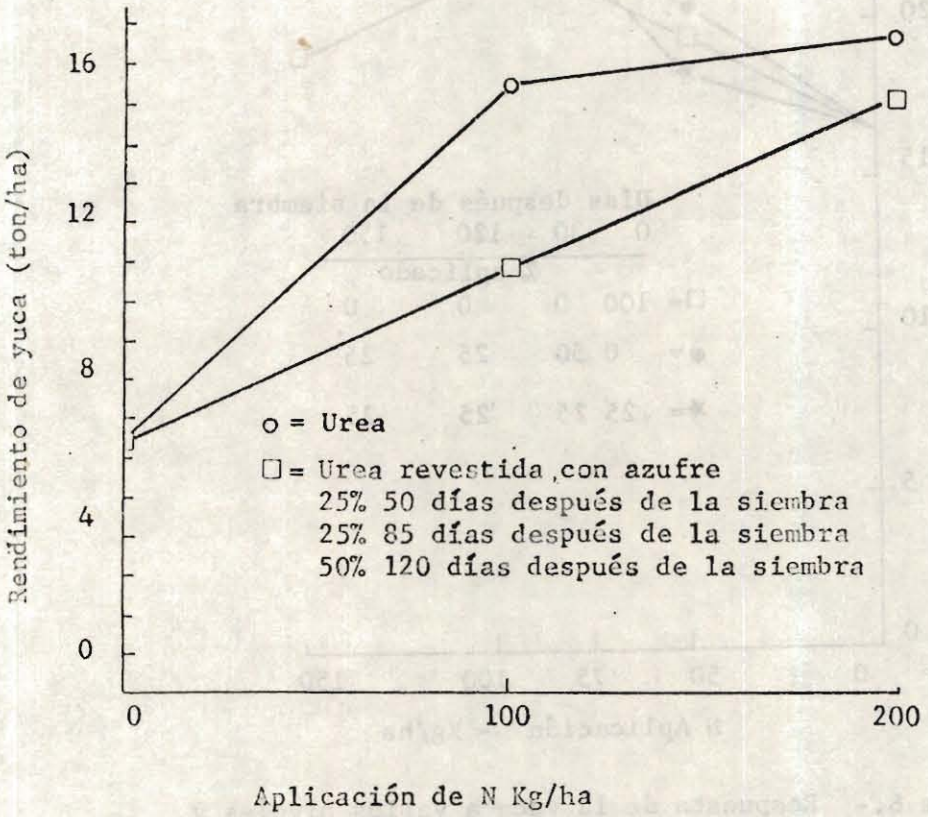


Figura 7.- Respuesta de la yuca a aplicación de tres niveles de N en forma de Urea y Urea recubierta con azufre en Carimagua.

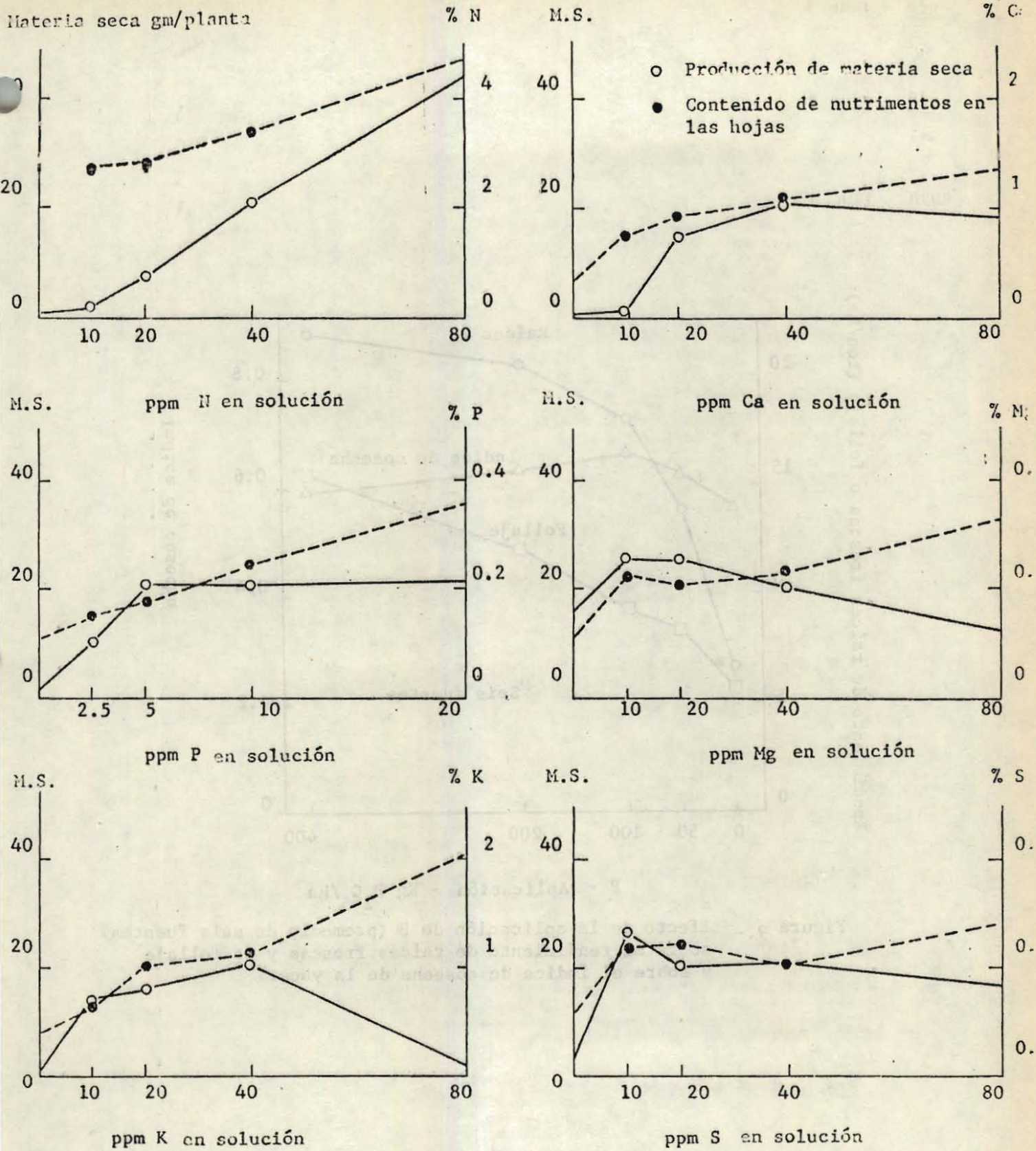


Figura 8.- Producción de materia seca total y contenido de nutrimentos en las hojas de la yuca.

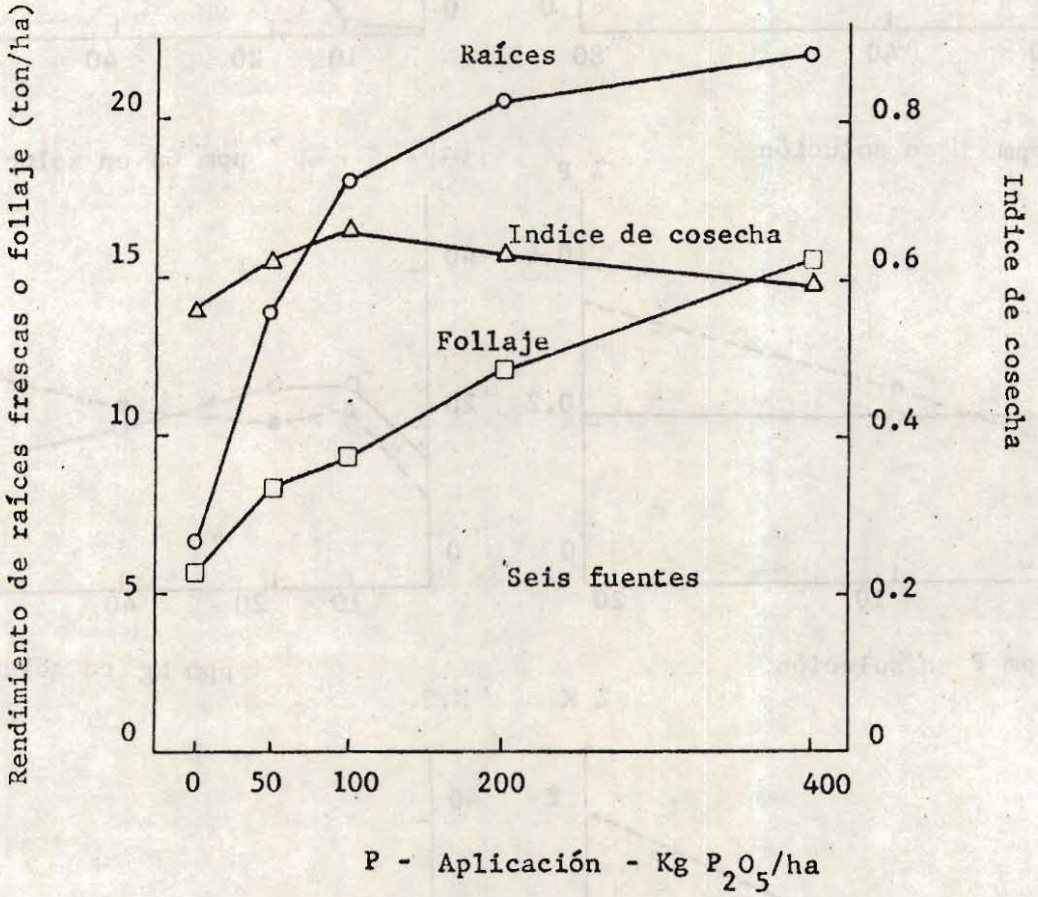


Figura 9.- Efecto de la aplicación de P (promedio de seis fuentes) sobre el rendimiento de raíces frescas y de follaje y sobre el índice de cosecha de la yuca.

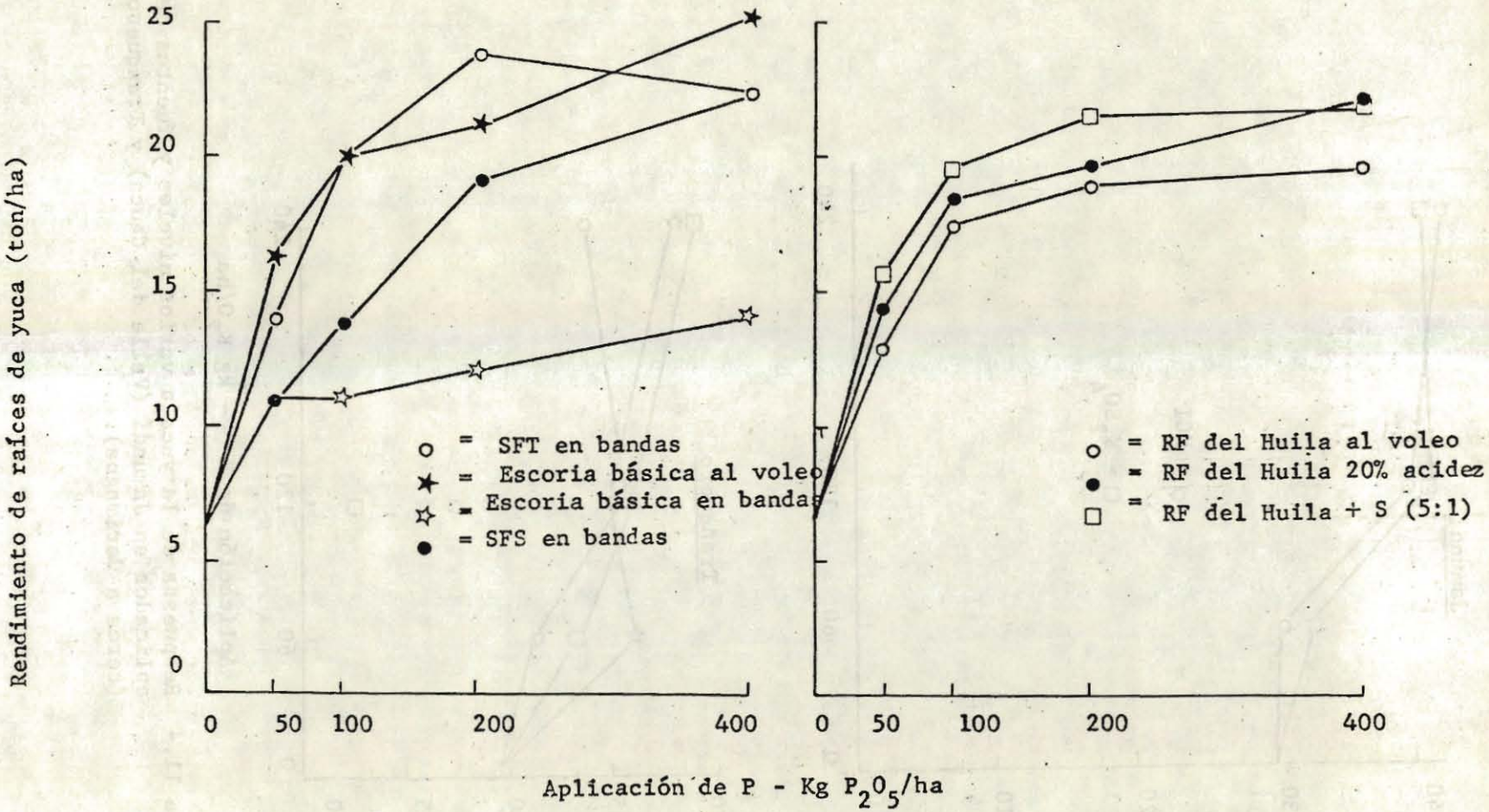


Figura 10.- Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de P aplicados a el voleo o en bandas en Carimagua.

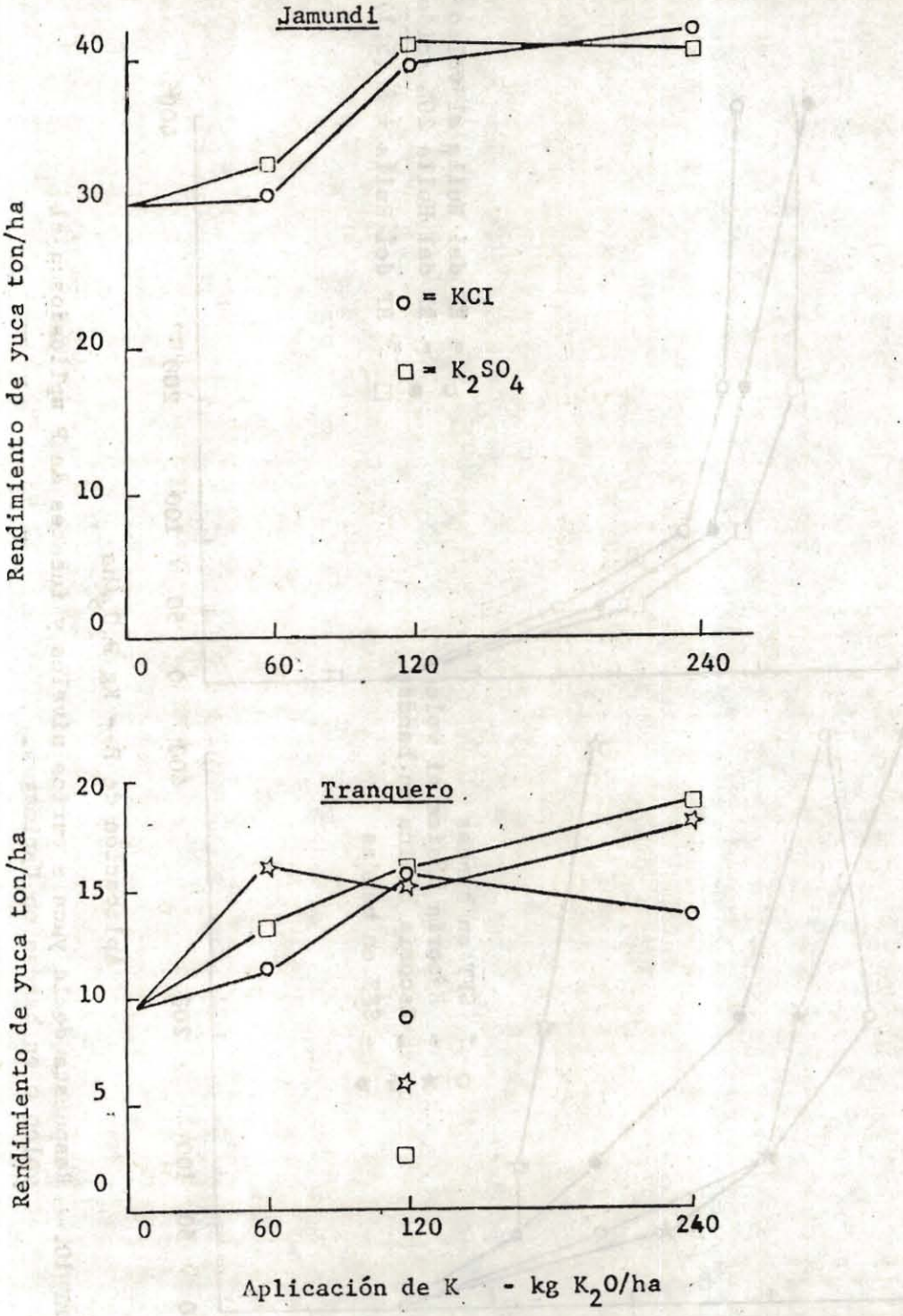


Figura 11.- Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de K aplicados en Jamundí (Valle del Cauca) y Tranquero (cerca a Carimagua).

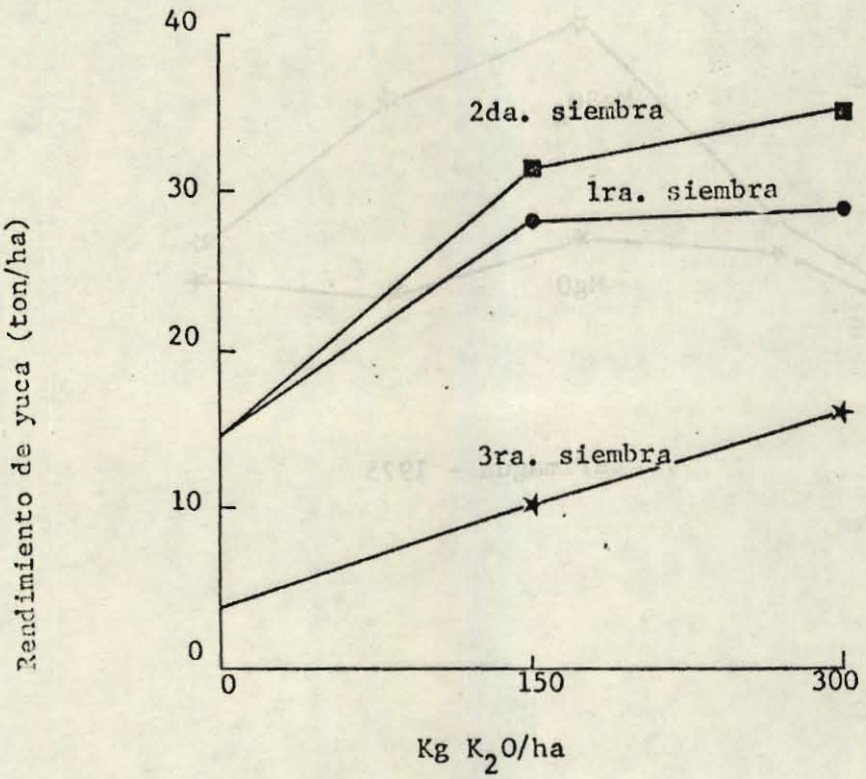


Figura 12.- Respuesta de tres siembras de yuca a varios niveles de K aplicados antes de la primera siembra (Den Doop, 1937).

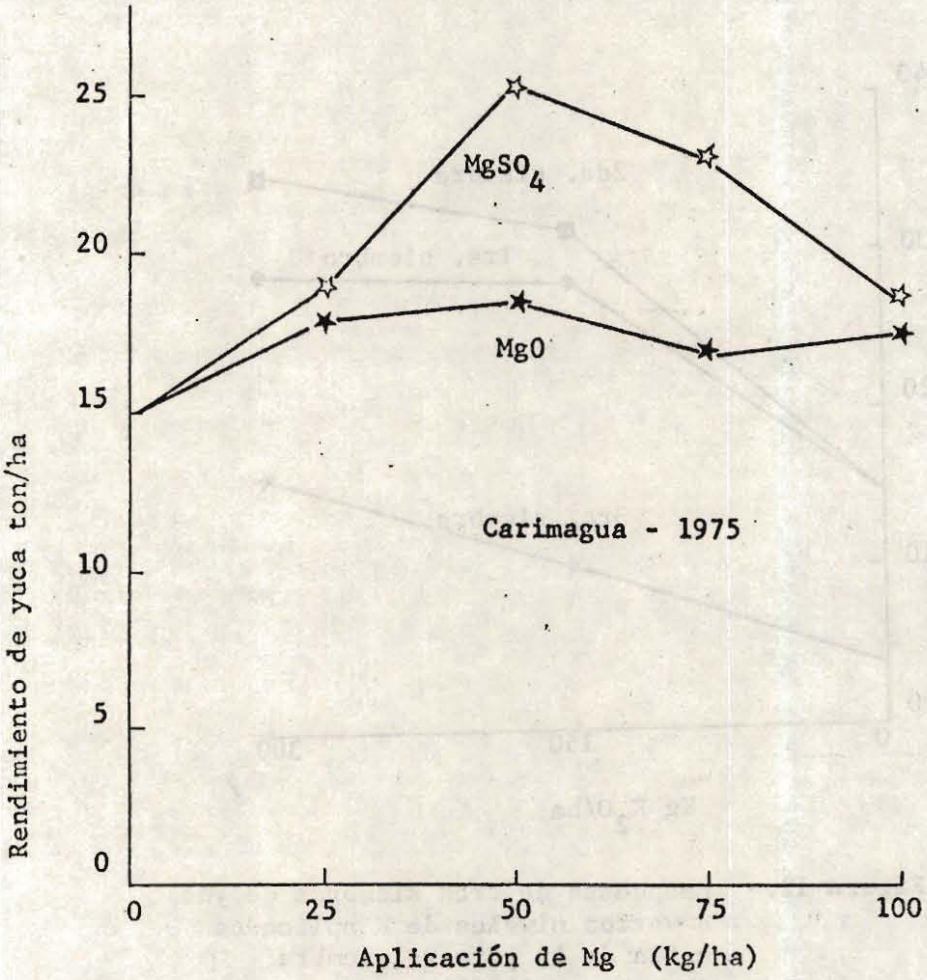


Figura 13.- Respuesta de la yuca a varios niveles de Mg aplicados como MgO_4 y MgO en Tranquero (cerca a Carimagua en 1975).

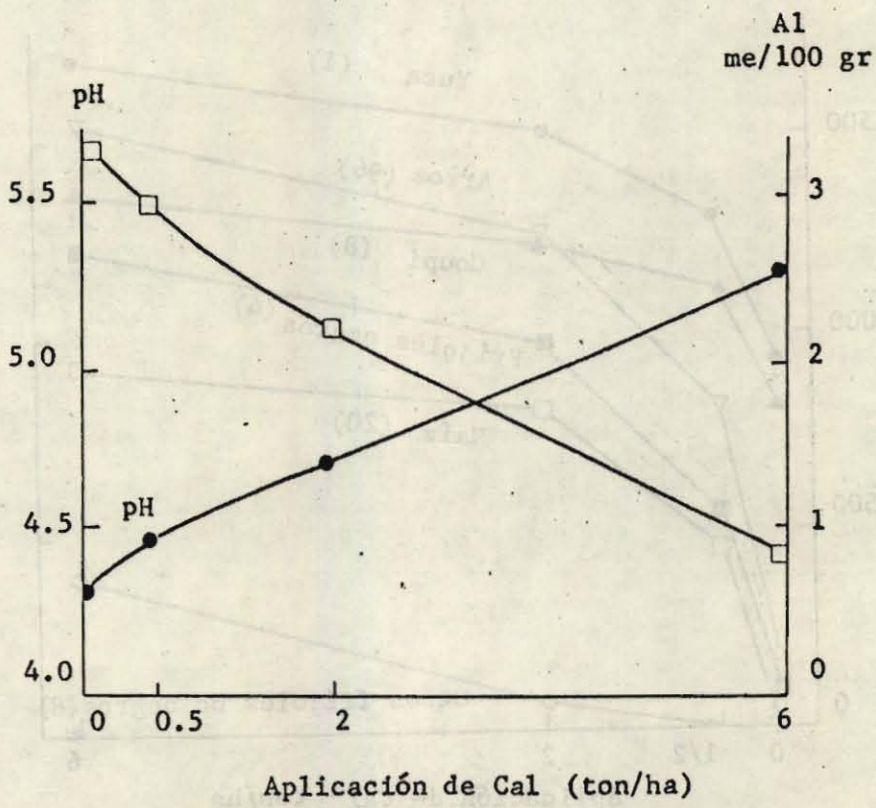


Figura 14.- Efecto del encalamiento sobre el pH del suelo y el aluminio intercambiable en Carimagua.

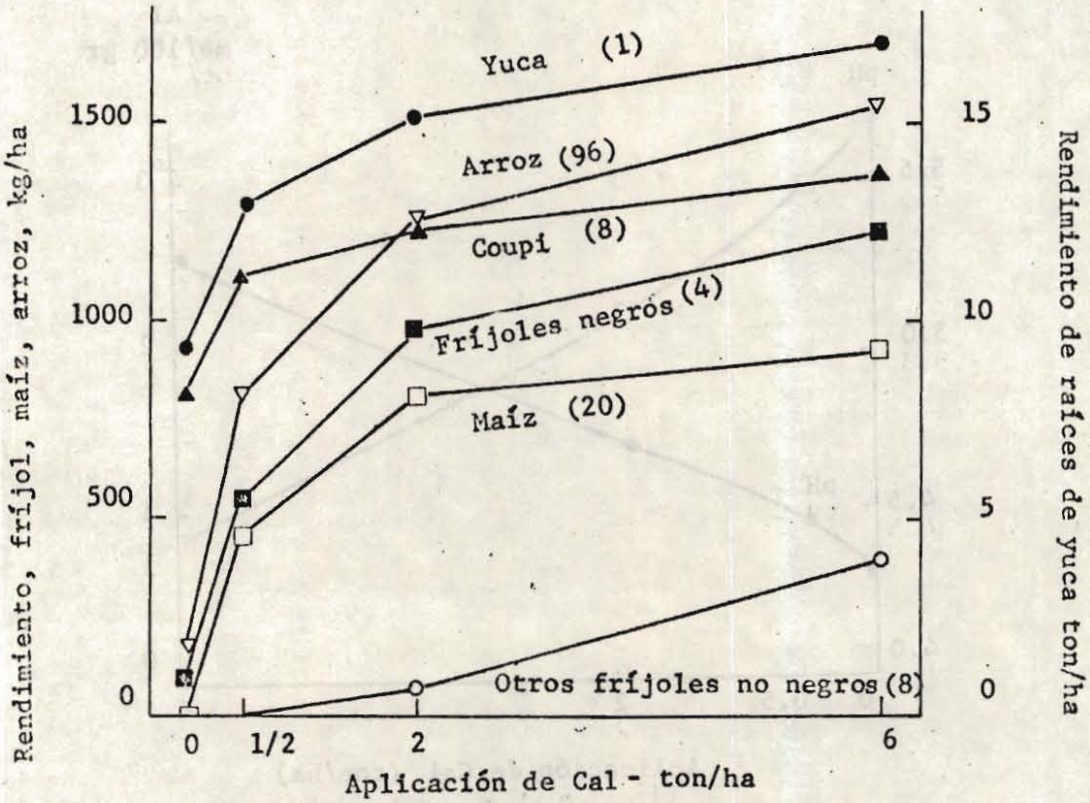


Figura 15.- Respuesta de seis cultivos alimenticios a la aplicación de cal en Carimagua. Los números entre paréntesis indican el número de cultivares

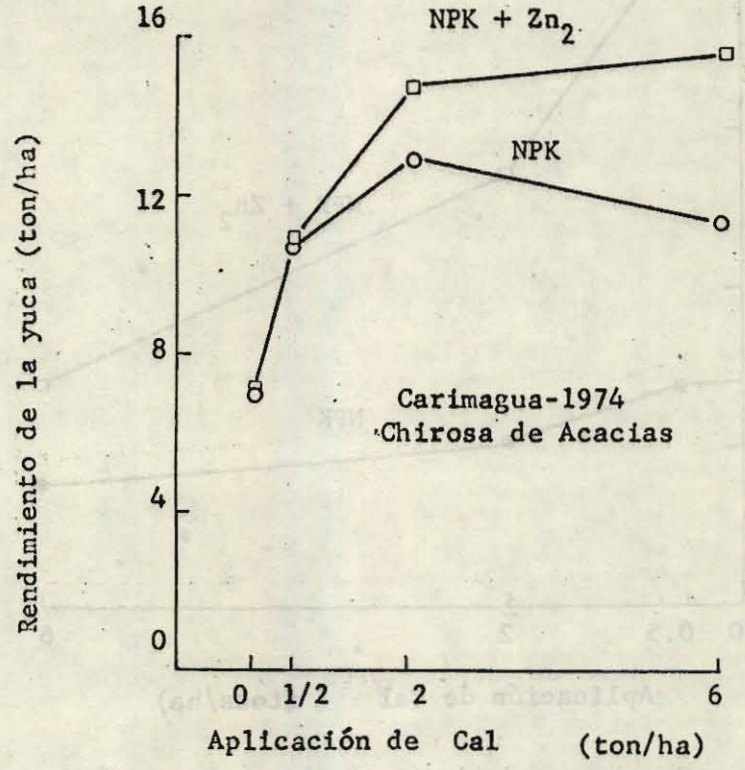


Figura 16.- Respuesta de la yuca al encalamiento con y sin la aplicación de 20 kg/ha de Zn en Carimagua.

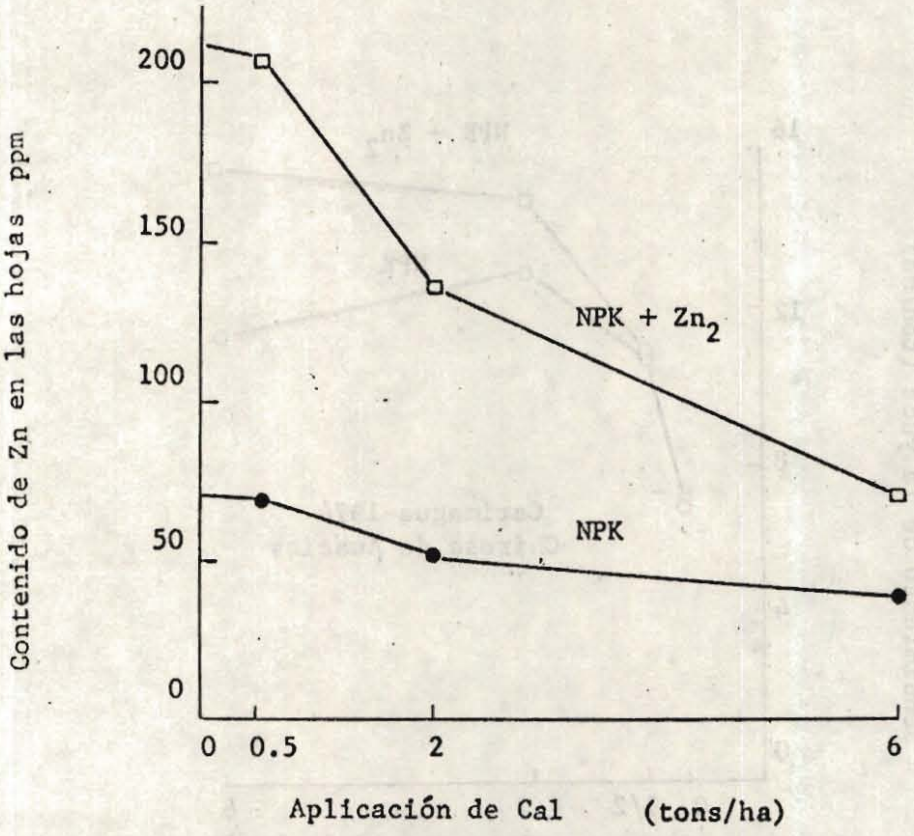


Figura 17.- Efecto del encalamiento sobre el contenido de Zn de las hojas superiores de la yuca con y sin aplicar el Zn en el suelo.

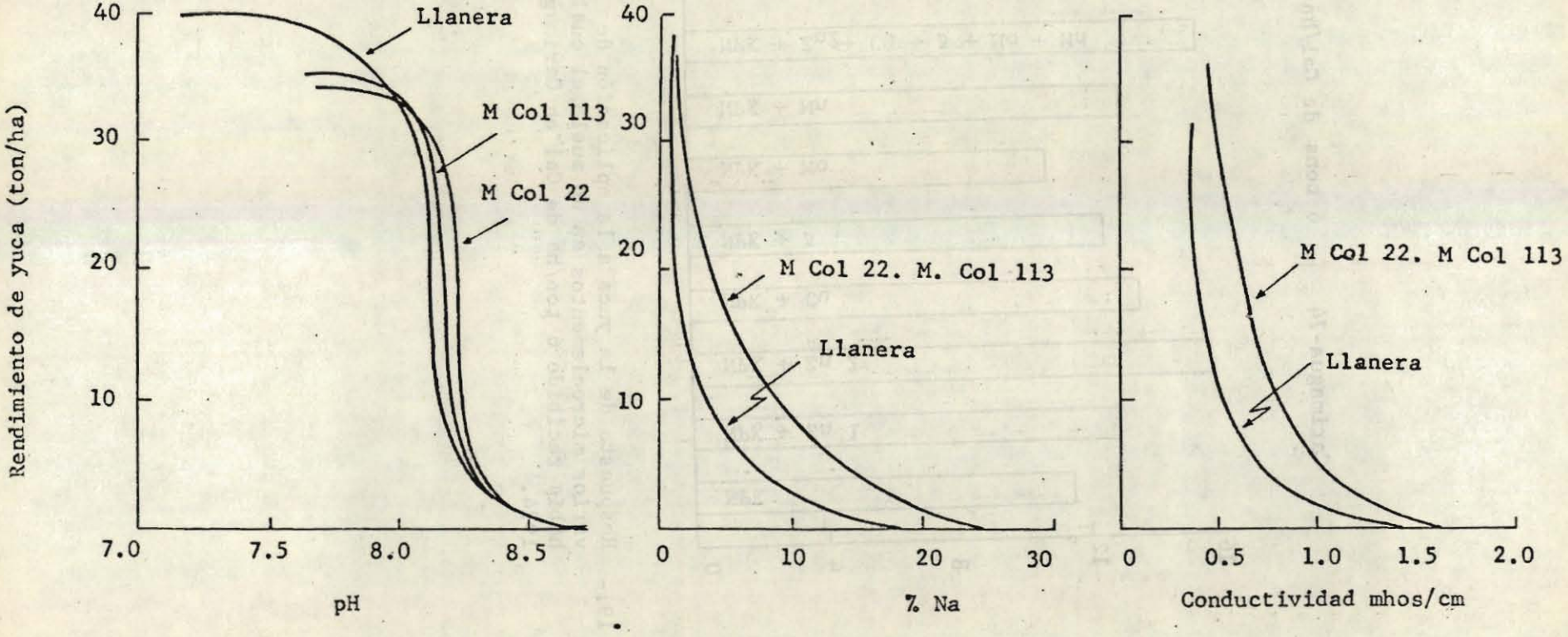


Figura 18.- Efecto del Ph del suelo, del porcentaje de saturación de sodio y de la conducitividad eléctrica sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca en el CIAT, Palmira.

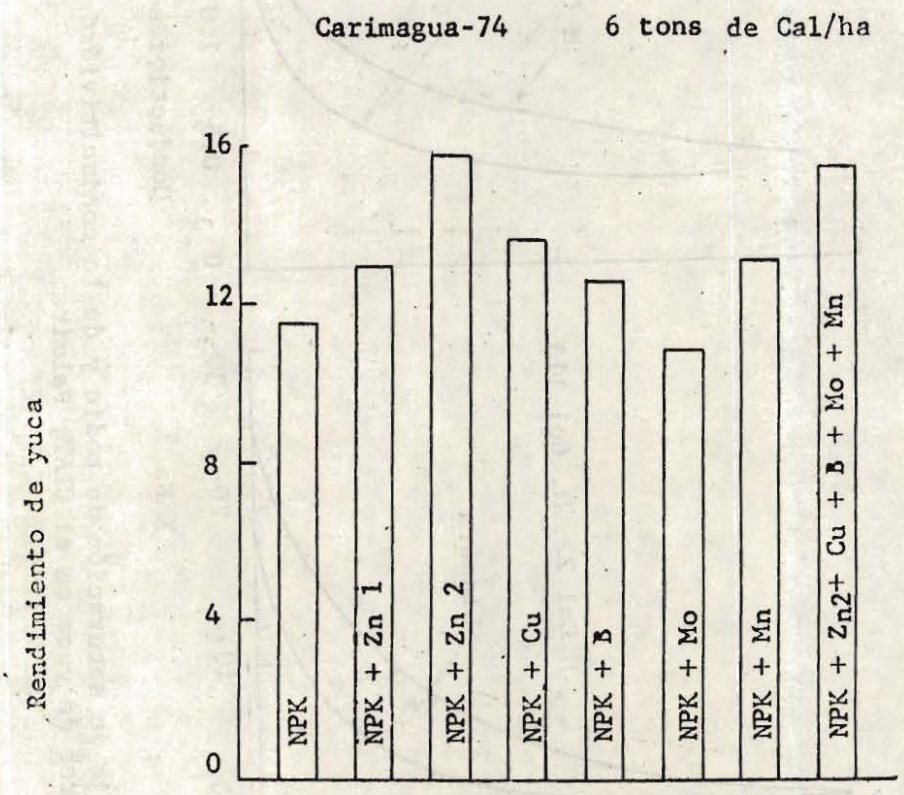


Figura 19.- Respuesta de la yuca a la aplicación de varios microelementos en un suelo el cual había recibido 6 ton/ha de Cal en Carimagua, 1974.

PATOLOGIA

Consideraciones Generales Sobre Patología de la Yuca — G - 1 - 16
J. C. Lozano.

1501
Enfermedades de la Yuca — G- 17 - 58
J. C. Lozano, R. H. Booth

3752
Enfermedades de la Yuca y Su Control — G- 59 - 67
J. C. Lozano, E.R. Terry

1495
El Peligro de Introducir Enfermedades y Plagas de la Yuca por Medio del Material Vegetativo de Propagación — G- 69 - 80
J. C. Lozano.

1500
Control Integrado de Enfermedades y Pestes en la Yuca — G-81 - 92
J.C. Lozano, A. Bellotti

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE PATOLOGIA DE LA YUCA

J.C. Lozano

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz) es un cultivo perenne tropical, de ciclo largo, la cual los agricultores de bajos ingresos tradicionalmente la han cultivado con bajos insumos en suelos infértiles (22).

La yuca se ha considerado como un cultivo resistente a enfermedades e insectos. Sin embargo, actualmente se tiene conocimiento de la existencia de enfermedades e insectos de importancia económica que pueden ocasionar pérdidas de más del 50 por ciento (2, 3, 9, 10, 11, 12) o aún causar la pérdida total del cultivo en ciertas regiones (9, 38). El rendimiento promedio mundial de yuca es de sólo 10 ton/ ha (22, 23, 51). En extaciones experimentales se han obtenido rendimientos de 40 ton/ha con relativa facilidad (10, 11, 12); mediante el uso de material de siembra libre de enfermedades y de prácticas culturales de bajo costo, se han obtenido rendimientos de más de 20 ton/ha con variedades tradicionales en regiones en donde el rendimiento no es superior a 4-7 ton/ha (12, 45).

Debido a la escacez de hidratos de carbono para consumo humano y animal, y para las diversas aplicaciones industriales (51), continuamente se aumenta la extensión de cultivos de yuca. Este aumento en el área sembrada obviamente ha conducido a un aumento en los problemas de tipo patológico y entomológico.

La investigación en el área de la patología de yuca ha sido escasa. De un total de aproximadamente 4.500 artículos sobre yuca, sólo 300 tratan sobre patología, y el 40 por ciento de éstos se escribieron durante los últimos siete años. Además, actualmente son pocos los científicos (no más de 20) que se encuentran trabajando en esta área; en muchos casos éstos también se ven obstaculizados por otras responsabilidades e insuficientes facilidades físicas.

Estado Actual del Conocimiento en Patología de Yuca

Debido al interés que varios países han puesto en el mejoramiento de la planta de yuca y en la expansión de su cultivo, en Brasil, México, Tailandia, Filipinas, Malasia e India, y también en los centros internacionales, se han estructurado programas especiales con investigadores de tiempo completo adiestrados en patología de yuca. Puesto que algunos de estos investigadores recibieron adiestramiento en el CIAT, se estableció un vínculo cooperativo con éstas institucio nes, el cual se manifiesta a través de proyectos conjuntos, intercam

bio de información o asistencia. Este tipo de vínculo también existe entre el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) y varios países africanos.

Se han registrado aproximadamente 30 enfermedades de yuca inducidas por virus, agentes causales similares a virus, micoplasmas, bacteria y hongos (38). La información disponible sobre la etiología de los agentes causales, como también sobre la epidemiología de estas enfermedades, es relativamente escasa. Actualmente, no siempre es posible saber si dos científicos están trabajando con el mismo organismo debido a que hay una falta de conocimiento sobre la verdadera identidad del patógeno. Por ejemplo, aún no se ha comprobado que el mosaico de la India y el mosaico africano sean enfermedades ocasionadas por el mismo virus. A continuación se presenta un resumen de las características más importantes de las enfermedades de yuca registradas

Virus, organismos similares a virus y micoplasmas

Se han registrado cinco virus que atacan la yuca (3, 16 ,35). Geográficamente, el virus del estriado marrón (BSV) y el virus del mosaico africano (AMV) se encuentran limitados al Africa, pero el AMV también se ha registrado en India (48). El virus del mosaico común (CMV). el virus del mosaico de las nervaduras (LVMV) y el virus latente (LV) están restringidos a América tropical (16, 35), pero el CMV también se encuentra en Indonesia (Booth, comunicación personal) y existe otro LV en Africa (3).

Además de su marcada distribución geográfica, existen diversas características diferenciales para cada virus (Cuadro 1). En términos de su distribución, incidencia y pérdidas que ocasiona, el AMV es la enfermedad viral más importante de la yuca debido a que tiene un vector móvil (la mosca blanca, Bemisia spp.), se encuentra ampliamente distribuido en Africa Tropical y puede ocasionar pérdidas de más del 80 por ciento (3).

Se requiere mayor investigación para aclarar ciertos aspectos de cada una de éstas enfermedades virales. Por ejemplo, en el caso del BSV, existen discrepancias en lo relacionado con la forma de sus partículas (3, 29), hospedantes y métodos de diseminación (3, 20, 29), lo cual sólo ha confundido el caracter de ésta enfermedad.

En Colombia, recientemente se describió una nueva enfermedad (" cuero de sapo") de la yuca (12, 13). Las plantas afectadas por ésta enfermedad no producen raíces gruesas. El cuero de sapo se puede diseminar a través de estacas enfermas, mecánicamente y por injerto (12, 13). Aún se desconoce la etiología del agente causal y la epidemiología de la enfermedad.

CUADRO 1. Características de los virus de la yuca

CARACTERISTICA	AMV*	BSV*	CMV*	VMV*	LV*
Síntomas	Mosaico amarillo enrollamiento y encrespamiento foliar, enanismo (20,33)	Parches amarillos foliares, necrosis de nervaduras (20,34,50)	Mosaico amarillo, enrrollamiento foliar, enanismo (16)	Decoloramiento de nervaduras, encrespamiento del ápice foliar, enanismo(16,18)	Sin síntoma
Distribución	Africa, India (33,48)	Costa Oriental del Africa (33,34,50)	Brasil, Venezuela, Perú, Colombia (16,38)	Brasil, Venezuela (16,18)	Brasil Africa (16,18)
Pérdidas	Más del 50% (3)	No estimadas claramente	10-20% con base en el rendimiento/planta (16)	Leves (16)	Ninguna
Morfología de la partícula viral	Poliédrico en pares, isométrico (3)	En pares, poliédrico, isométrico (3); bastones largos flexibles (29)	Bastones largos flexibles (16,30)	Poliédricos, isométricos (30,31)	Rabdovirus (16) pares, poliédrico (3,4)
Transmisión	Estacas, Bemisia spp. (3,7)	Estacas, injerto, mecánicamente (35), insectos (3)	Estacas, injerto, mecánicamente	Estacas, injerto, mecánicamente (16,30)	Estacas, injerto, mecánicamente
Hospedantes	Manihot spp, Nicotiana clevelandi (3,7)	Petunia hybrida, Datura stramunium N. glucosa, N. rustica, N. Tabacum, D. ferox solanum nigrum, Salpihosis sinuata (29)	Manihot spp., Chenopodium amaranticolor, C. quinoa, Malva perviflora, Gossypium hersutum	Manihot spp., D. stramonium (16)	Manihot S. (16), Euphorbiaceae and Solanaceae spp. (16)
Control	Eliminación plantas enfermas, estacas libres de enfermedades en cultivos resistentes (3)	Eliminación plantas enfermas, estacas libres de enfermedades (3)	Eliminación plantas enfermas, estacas libres de enfermedades (16)	Eliminación plantas enfermas, estacas libres de enfermedades (16)	

* AMV = virus del mosaico africano; BSV = virus del estriado marrón; CMV = virus del mosaico común

VMV = virsus del mosaico de las nervaduras; LV = virus latente.

En Brasil, Venezuela, Mexico, región de la Amazonia del Perú (16, 18, 38) y Guatemala (Cock, comunicación personal) y en la Costa de Marfil (21), se ha registrado una enfermedad de la yuca ocasionada por un micoplasma, la cual se conoce como "superbrotamiento". La enfermedad se puede reconocer con base en los diferentes síndromes que produce: 1) enanismo, acortamiento de los entrenudos y proliferación de ramas; 2) Proliferación de retoños en la estaca; o 3) germinación de unos pocos retoños débiles y de poco crecimiento en la estaca (16, 46). Se desconoce la razón por la cual ocurren estos síndromes diferentes, pero puede ser debido a la existencia de diferentes biotipos del micoplasma (16, 38). Su incidencia es relativamente baja (16, 38), puesto que la enfermedad sólo se disemina debido al uso de estacas enfermas y a través de medios mecánicos (16, 18).

Enfermedades bacterianas

Se han registrado varias especies de bacterias que atacan la yuca (38), pero las únicas que se consideran patógenos del cultivo son: Xanthomonas manihotis (añublo bacteriano) (36), X. cassavae (mancha foliar bacteriana) (58), Erwinia carotovora (E. cassavae) (pudrición bacteriana del tallo) (24, 47) y Agrobacterium sp. (agalla bacteriana del tallo) (13). La especie Bacterium robici se registró como patógena de la yuca (56) , sin embargo, no se conoce el cultivo tipo ni tampoco se ha vuelto a aislar desde que se registró por primera vez. Aparentemente se confundió con E . carotovora var. carotovora . La especie Pseudomonas solanacearum también se ha registrado como patógeno de la yuca (28); sin embargo, en estudios recientes en los cuales se hicieron inoculaciones de yuca con razas de ésta bacteria, se demostró que la yuca no es un hospedante. En virtud de que X . manihotis forma colonias blancas, mucoides y viscosas en medios azucarados al igual que P. solanacearum, también pudo haberse confundido la identificación de éste patógeno.

Los patógenos bacterianos de la yuca se pueden diferenciar en base a la sintomatología y a sus características culturales (Cuadro 2). El añublo bacteriano de la yuca (CBB) es la enfermedad bacteriana más importante y sobre la cual se ha hecho la mayor investigación (10, 11, 12, 25, 36, 38, 40, 41, 43); sin embargo, aún se desconocen muchos aspectos de ésta enfermedad y su agente causal.

Enfermedades fungosas

Se han registrado aproximadamente 20 especies de hongos patogénicos a la yuca, los cuales inducen lesiones en las hojas, tallos o raíces.

Patógenos foliares

Las enfermedades más importantes en este grupo son el superalargamiento (Sphaceloma manihoticola), manchas foliares ocasionadas por

CUADRO 2. Características diferenciales de las enfermedades bacterianas de la yuca actualmente identificadas

CARACTERISTICA	CBB*	CBLS*	CBSR*	CBSG*
Síntomas	Manchas foliares, añublo exudación de goma, marchitamiento, caída de hojas, muerte descendente, pudrición seca de los haces vasculares de tallos y raíces (36,40)	Manchas foliares, amarillamiento foliar, caída de hojas (58)	Marchitamiento de la parte aérea, pudrición acnosa del tallo, necrosis de la médula (12,47)	Agalla del tallo, enanismo (13)
Especie	X. manihots (40,41)	X. Cassavae (58)	E. Carotovora var. carotovora. (E. Cassavae) (12,47)	Agrobacterium sp.
Características culturales	Crecimiento rápido; colonias blancas viscosas y mucoides (36,40)	Crecimiento lento, pigmento amarillo; colonias pequeñas viscosas (25,58)	Crecimiento rápido; hidrólisis de pectatos (47)	Crecimiento rápido; colonias blancas, viscosas (13)
Diseminación	Estacas infectadas; salpicamiento de lluvia y suelo (10,36); insectos (10); herramientas infestadas (41)	Salpicamiento de lluvia (58)	Insectos (Anastrepha spp.) (47)	Estacas infestadas (13); suelo infestado
Control	Variedades resistentes; estacas libres de la enfermedad; rotación de cultivos (36,41 55).	Desconocido	Variedades resistentes a insectos (12,47); control de insectos (2,46); material de siembra limpio (45)	Material de siembra limpio (13); rotación de cultivos.

* CBB = añublo bacteriano de la yuca; CBLS = Mancha foliar bacteriana de la yuca
CBSR = pudrición bacteriana del tallo de yuca; CBSG = agalla bacteriana del tallo de la yuca

Cercospora (C. vicosae, C. henningsii, C. caribaea y C. manihotae) y la mancha de anillos circulares (Phoma (Phyllosticta)spp.) ,las cuales causan pérdidas en rendimiento que oscilan entre el 17 y 80 por ciento (9, 10, 32, 38). Las especies C . henningsii y C, vicosae también reducen el contenido de almidón de las raíces (13, 57). La incidencia de éstas especies es mundial, excepto S. manihoticola, la cual sólo se representa en América, y Phoma spp . la cual sólo se encuentra en las áreas productoras de yuca de climas frescos (32, 38).

Otras enfermedades cuya incidencia y severidad son moderadas y que por consiguiente, se consideran de importancia menor son la roya (Uromyces spp.) (33), antracnosis (Colletotrichum spp. y Gloeosporium spp.), la ceniza de la yuca (Oidium manihotis) y la mancha foliar ocasionada por Periconia (Periconia spp.) (12, 38). La antracnosis parece ser la más común y ocasiona defoliación, muerte descendente y chancros en el tallo (38). Aún se desconoce el grado de daño y reducción del rendimiento que inducen estas enfermedades de importancia menor, pero en Africa Occidental la antracnosis parece tener alguna importancia.

Patógenos del tallo

Los patógenos fungosos que atacan el tallo son de importancia debido a que afectan la calidad y condiciones sanitarias del material de siembra, lo cual se refleja en una menor germinación y vigor de la planta (45). Existen varios patógenos que pueden atacar el tallo, pero su incidencia depende de una alta humedad relativa y heridas en el tallo ocasionadas por insectos o mecánicamente. Los patógenos del tallo más comunes son Geomerella spp. y Botryodiplodia spp. También se han encontrado diversos ascomicetos y basidiomicetos, los cuales aún no se han identificado, pero que atacan trozos de tallo almacenados y tallos viejos dejados en los campos durante las estaciones lluviosas (38, 45).

Patógenos de las raices

Los patógenos que causan pudriciones radicales en la yuca son hongos del suelo, los cuales atacan a las raices antes o después de la cosecha. Los hongos que atacan a las raices antes de la cosecha generalmente inducen pudriciones húmedas o secas. Su ocurrencia se relaciona con: a) las condiciones de mal drenaje en suelos arcillosos pesados (Phytophtora spp. y Pythium spp.) y b) el cultivo o vegetación presente antes del cultivo de yuca (Rigidoporous lignosus, Rosellinia bunodes, R, necatrix, Sclerotium rolfsii, Armillariella mellea, Rhizoctonia sp., etc.) (38). Muchos hongos, tanto saprófitos del suelo como parásitos, pueden atacar raices cosechadas a través de heridas causadas durante las operaciones de cosecha. La intensidad del daño inducido por estos organismos se relaciona con la flora capaz de metabolizar los tejidos radicales y con el daño mecánico sufrido por las raices durante la cosecha, empaque y transporte.

Características en la Relación Hospedante-Patógeno

Al diseñar programas de investigación, los especialistas en protección de plantas deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1. La yuca es una especie perenne, lo cual favorece la perpetuación de problemas patológicos en las regiones donde se cultiva. A pesar de que las plantas se eliminan a la cosecha, casi siempre se presentan plantas espontáneas debido a la buena capacidad de germinación de la yuca. Las plantas espontáneas pueden provenir de trozos de tallos los cuales se han dejado en el campo como residuo, o se han incorporado al suelo después de la cosecha. La semilla verdadera también tiene una buena capacidad de germinación (27).

2. La yuca es un cultivo leñoso (53). Muchos patógenos que atacan árboles forestales, cultivos leñosos perennes y aún cultivos anuales herbáceos, pueden ser patógenos de la yuca. Ya se han registrado algunos de estos patógenos atacando a la yuca (38), y muchos otros son patógenos potenciales.

3. La yuca es un cultivo de ciclo largo, el cual se cosecha entre los 8 y 24 meses después de siembra. La siembra frecuentemente se hace durante un largo período de tiempo y, en consecuencia, en muchas regiones productoras de yuca se encuentran plantaciones de diferentes edades. Por consiguiente, en la ausencia de variedades resistentes, siempre hay disponible tejido susceptible, de tal manera que en gran parte, los patógenos están limitados por factores climáticos y edáficos. Cuando los patógenos requieren insectos vectores para su diseminación, éstos últimos también están bajo la influencia de éstos factores limitantes.

4. Debido a su largo ciclo de cultivo y a la falta de etapas críticas de crecimiento para formar raíces gruesas, la yuca puede tolerar ataques moderados de plagas y enfermedades, con reducciones en rendimiento poco significativas (14).

5. La yuca comunmente se propaga vegetativamente; en consecuencia, para lograr el buen establecimiento de un cultivo sano y lograr altos rendimientos, se requiere material de propagación de muy buena calidad (45). Además, la propagación vegetativa facilita la perpetuación de material híbrido que sea altamente promisorio por sus características deseables (27). Se debe tener mucho cuidado en la selección de éste material de propagación, puesto que la pérdida en densidad de población, la cual resulta de la utilización de material de siembra enfermo y/o de mala calidad, afecta el rendimiento (13, 45). Además, el movimiento de material de siembra de una región a otra siempre implica el riesgo de introducir plagas y enfermedades (37, 39).

Métodos Recomendados para el control de las Enfermedades de la yuca

Con el fin de obtener un mejor control de las enfermedades de la yuca, es necesario integrar las medidas simples de control, relacionadas con la exclusión, erradicación, protección y resistencia varietal. Los fitopatólogos de yuca deben tener en cuenta los siguientes métodos

de control, basados en el sistema de Agrios (1):

Métodos de control por regulación

Afortunadamente, las enfermedades más importantes de la yuca (CBB, AMV y superalargamiento), como también otras que representan riesgos potenciales (cuero de sapo, virus y micoplasmas americanos, pudrición bacteriana del tallo y agalla del tallo), aún se encuentran restringidas a ciertos continentes u áreas geográficas (37, 39, 42). Con el fin de prevenir la introducción y diseminación de éstas enfermedades a otras áreas, los países no sólo deben establecer regulaciones e inspecciones de cuarentena, sino vigilar que sus oficiales de sanidad vegetal las hagan cumplir. Puesto que varias especies de Euphorbia y Manihot, comunmente sembradas como árboles ornamentales, también son hospedantes de algunas enfermedades de la yuca (véase el numeral 1 de la siguiente sección), las regulaciones de cuarentena también deben cubrir la importación de éstas especies. Es posible que sea viable estimular la formación de centros que produzcan semilla de yuca certificada, bajo la supervisión de inspectores sanitarios.

Métodos culturales

Los siguientes métodos culturales se pueden aplicar para controlar algunas enfermedades de la yuca.

1. Erradicación de hospedantes

Las especies Euphorbia pulcherrima (12), E. heterophylla y otras especies de Euphorbia (12, 54) y Manihot glaziovii (32), se han registrado como hospedantes de S. manihoticola, el agente causal del superalargamiento. También se ha registrado que otras especies de malezas y de Manihot son hospedantes de enfermedades virales de la yuca (35). La erradicación de éstas especies en áreas productoras de yuca, podría prevenir la perpetuación de dichas enfermedades y aún facilitar su erradicación.

2. Rotación de cultivos

La población de patógenos del suelo que atacan la yuca, algunas veces se puede reducir o eliminar mediante la rotación de yuca con gramíneas o rastrojo. Por ejemplo, la pudrición radical ocasionada por Phytophthora se puede eliminar después de un período de seis meses de rastrojo. En virtud de que la yuca es un cultivo de ciclo largo, ésta medida de control puede ser de gran importancia.

3. Medidas sanitarias

Se ha demostrado que las enfermedades ocasionadas por virus y micoplasmas de América, como también el AMV, se pueden controlar en forma efectiva mediante la eliminación de plantas enfermas (3, 16). La diseminación del CBB también se ha prevenido mediante la utilización de material de siembra libre de enfermedades, desinfestación de herramientas y aplicación de otras precauciones sanitarias para los trabajadores (36, 41).

4. Mejoramiento de las condiciones de crecimiento

El mejoramiento de las condiciones de crecimiento para las plantas de yuca se puede lograr mediante la siembra de material de propagación sano de alta calidad (45). Las prácticas culturales, tales como el drenaje de los campos, construcción de camellones, distancias adecuadas y control de malezas, mejorará el crecimiento de las plantas. Estas prácticas también pueden afectar, directa o indirectamente, el control de enfermedades que producen volcamiento, pudrición radical y afecciones foliares.

5. La formación de condiciones de alta humedad bajo el follaje de las plantas se puede evitar mediante el uso de distancias apropiadas entre plantas, lo cual puede inhibir infecciones causadas por patógenos foliares (S. manihoticola, Cercospora spp. etc.) Cock (14) recomienda una cobertura foliar relativamente rala para obtener el máximo rendimiento, lo cual también debe conducir a condiciones menos favorables para estas enfermedades. Un buen drenaje del suelo también puede reducir la población y actividad de Pythium spp. y Phytophthora spp., los cuales han ocasionado pérdidas considerables en regiones de alta precipitación (más de 1.200 mn/año) y donde la siembra se hace en el terreno plano (8, 49).

6. Se ha registrado que el cultivo de tejidos es una técnica útil para producir plantas libres del AMV (26) y CBB (43; Takatzu, comunicación personal).

Métodos biológicos

Se han registrado resistencias varietales a CBB (36, 41), AMV (3, 56), manchas foliares ocasionadas por Cercospora (11, 12), mancha de anillos circulares (10, 11, 12) y superalargamiento (11, 12, 32). El uso de variedades resistentes para controlar éstas enfermedades es el mejor medio para lograr un rendimiento aceptable sin la necesidad de utilizar insumos costosos. Los resultados obtenidos hasta ahora sobre resistencia a éstas cuatro enfermedades, indican que la variabilidad de sus agentes causales es limitada, y que existe buena resistencia estable a nivel de campo. Algunas explicaciones posibles de éste fenómeno son que, éstos patógenos son específicos de la yuca, la planta es heterocigota y siempre hay disponible tejido susceptible del hospedante. En el caso de superalargamiento, se encontró que la resistencia de ciertas variedades se pierde después de tres años de cultivo continuo. Recientemente se registró la existencia de razas fisiológicas, lo cual era de esperarse puesto que el patógeno tiene otras especies anuales y perennes hospedantes del género Euphorbia (12, 54); esto puede indicar que la yuca es un nuevo hospedante, y el patógeno posiblemente evolucionó primero en estos otros hospedantes silvestres.

También se debe tener en cuenta el micoparasitismo de Darluca filum registrado en Uromyces spp., patogénicas a la yuca. (12, 33).

Métodos físicos

Los tratamientos con microondas, luz ultravioleta y calor se han utilizado para erradicar patógenos que infectan estacas de yuca (9). El tratamiento de las estacas con agua caliente controla exitosamente el superbrotamiento (17).

Control químico

Es económicamente factible utilizar productos químicos para: a) esterilizar semilleros cuando se utiliza el sistema rápido de propagación (15); b) tratar estacas antes de su almacenamiento y/o siembra debido al efecto protector o erradicante, como en el caso de S. manihoticola (12, 45, 11); c) prevenir la deterioración microbial de las raíces después de la cosecha (44); y d) reducir la incidencia del AMV y BSR, los cuales se diseminan a través de sus vectores Bemisia spp. y Anastrepha spp., respectivamente (2, 3, 7). Sin embargo, el control químico continuo de enfermedades foliares sería extremadamente costoso puesto que la yuca es un cultivo de ciclo largo.

Problemas metodológicos

Los fitopatólogos de yuca se pueden enfrentar a diversos problemas, especialmente durante la selección y evaluación de variedades e híbridos. Los más comunes son los siguientes:

1. El rendimiento puede ser muy variable si no se utiliza un material de siembra adecuado, un buen tratamiento químico de las estacas (45), prácticas agronómicas adecuadas (6, 45) y un buen control de malezas (19). Como la yuca es un arbusto, el efecto de los bordes entre las parcelas también puede ocasionar variaciones en el rendimiento. Se debe utilizar el óptimo tamaño de parcela (52).

2. Las pudriciones radicales pueden reducir la población de plantas/unidad de área y, en consecuencia, el rendimiento. En muchos casos sólo se detectan al momento de la cosecha. El uso de material de siembra de alta calidad y libre de patógenos (45), como también de buenas prácticas agronómicas (6), debe conducir a la reducción o prevensión de estos problemas.

3. En muchos casos las condiciones sanitarias y vigor de la parte aérea de la planta no tienen relación alguna con un alto rendimiento. Las plantas sanas vigorosas pueden dar menor rendimiento que otras, debido a su poca capacidad genética para producir altos rendimientos. Se debe tener presente que desde el punto de vista comercial, las raíces son la parte más importante de la planta.

Toma más de dos años obtener progenies por recombinación sexual (27), y siempre existen limitaciones en lo que respecta al material de siembra para la evaluación de características deseables. En consecuencia, parece lógico plantear que los programs de evaluación a corto plazo serían más eficientes si se restringieran a las progenies de altos

rendimientos de los cruzamientos controlados (la polinización cruzada en yuca es alta (27). Además, la incorporación de resistencia se debe limitar a las enfermedades que han ocasionado pérdidas de importancia económica.

4. Existe un alto grado de similitud entre los síntomas ocasionados por diversas enfermedades, insectos y factores ambientales o edáficos. Esto puede conducir fácilmente a errores en las evaluaciones finales. En consecuencia, se debe tener en cuenta la definición precisa de los diferentes síntomas para cada enfermedad al adelantar evaluaciones por resistencia. Por ejemplo, el CBB es capaz de inducir manchas angulares en las hojas, añublo, exudación de goma en los retoños y partes tiernas del tallo, abscisión foliar, marchitamiento, muerte descendente y descoloramiento vascular de los tallos y raíces. Por otra parte X . cassavae puede ocasionar manchas angulares en las hojas; C. vicosae y Phoma spp., añublo; las moscas del cogollo o daños mecánicos, exudación de goma; los hongos (Cercospora spp, Phoma spp.), bacterias (X. cassavae), la salinidad del suelo y la sequía pueden ocasionar la caída de hojas; Erwinia carotovora var. carotovora y los patógenos de la pudrición radical pueden ocasionar marchitamiento; Phoma spp.,. S. manihoticola, ácaros, trips, la salinidad del suelo y la sequía pueden ocasionar la muerte descendente; y el descoloramiento vascular puede ser ocasionado por hongos de la raíz y tallo, como también por E. carotovora var. carotovora.

5. Las evaluaciones en el invernadero requieren condiciones de espacio y control las cuales implican equipo costoso. Las enfermedades tales como manchas foliares por Cercospora, la mancha de anillos circulares y el superalargamiento, las cuales son endémicas en regiones donde las condiciones ambientales favorecen su incidencia y severidad, se pueden evaluar mejor bajo las condiciones locales a nivel de campo. Las enfermedades cuya evaluación de campo no mostró infección y/o no se confunden los síntomas inducidos por otros factores (tales como el CBB), se evaluan en forma más precisa bajo condiciones de invernadero. Se recomienda la evaluación posterior del material seleccionado en el invernadero bajo condiciones de campo.

Se espera que las consideraciones tratadas en los puntos anteriores contribuyan al entendimiento de los problemas patológicos de la yuca. A pesar de que las características de cultivo exigen que los fitopatólogos vean éstos problemas en forma un poco diferente a los de otros cultivos, el control integrado de enfermedades y plagas podría ser muy exitoso en yuca.

REFERENCIAS

1. Agrios, G.N., 1969 Plant pathology. Academic Press, New-York.

2. Bellotti, A. & Van Schoonhoven, A., 1978. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology 23: 39-67.

3. Bock, K.R. & Guthrie, E.J., 1976 Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. In: Proceedings of the African Cassava Mosaic Workshop. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, Publication 071, 48 pp.

4. Bock, K.R., Guthrie, E.J. & Meredith, G., 1977. RNA and protein components of maize streak and cassava latent viruses. Annals of Applied Biology 85 : 305-308.

5. Castro, A., Toro, J.C. & Celis, E., 1976. Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca. In : Curso sobre producción de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 432 pp.

6. Chant, S.R., 1958. Studies on the transmission of cassava mosaic virus by Bemisia spp. (Aleyrodidas). Annals of Applied Biology 46 : 210-215.

7. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. CIAT Annual Report 1972. CIAT, Cali, Colombia, 120 pp.

8. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1974. CIAT Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 260 pp.

9. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1975. CIAT Annual Report 1974. CIAT, CAli, Colombia, 253 pp.

10. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1976. Cassava Production Systems Program. In : CIAT Annual Report 1975. CIAT, Cali, Colombia, 63 pp.

11. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1977, Cassava Production Systems Program. In : CIAT Annual Report 1976. CIAT, Cali, Colombia, B1-B76.

12. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. Cassava Production Systems Program. In : CIAT Annual Report 1977. CIAT, Cali, Colombia (in press).

13. Cock, J.H., 1977. A physiological basis of yield loss in cassava due to pests. In : Proceedings of the Cassava Protection Workshop. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 244 pp.

14. Cock, J.H., Wholey, D.W. & Lozano, J.C., 1976. A rapid propagation system for cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Publication Serie EE-20, 10 pp.

15. Costa, A.S. & Kitajima, E.W., 1972. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. In : Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

16. Costa, A.S. & Normanha, E., 1939. Notas sobre o tratamiento de manivas de mandioca (Manihot utilissima) em agua aquecida a diversas temperaturas. Revista de Agricultura, Piracicaba 14 : 227-230.

17. Costa, A.S., Kitajima, E.W., Pereira, A.S., Silva, J.R. & Carvalho Diaz, C.A., 1970. Molestias de virus e de micoplasma da mandioca no Estado de Sao Paulo. Boletim Secretaria da Agricultura, Sao Paulo, Brazil, 18 pp.

18. Doll, J.D., 1977. Weeds : an economic problem in cassava. In : Proceedings of the Cassava Protection Workshop. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 244 pp.

19. Doughty, L.R., 1958. Cassava breeding for resistance to mosaic and brown streak viruses. (1) A review of twenty-one year's work. EAAFRO Record of Research, 48-51.

20. Dubern, J., 1972. A contribution to the study of African cassava mosaic disease. In : Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

21. Food and Agriculture Organization, 1971. Agricultural Commodity Projections 1970. FAO, Rome.

22. Food and Agriculture Organization, 1972. Productions yearbook 1971. FAO, Rome.

23. Hansford, C.G., 1938. Annual report of the plant pathologist. Annual Report of the Departament of Agriculture, Uganda. Part II for the year ending 1937. 43-44.

24. Ikotun, B., 1975. Cassava bacterial blight disease caused by Xanthomonas manihotis (Arthaud-Berthet et Bondar) Starr. Ph. D. Thesis, Imperial College of Science and Technology, 242 pp.

25. Kartha, K.K. & Gamborg, O.L., 1975. Elimination of cassava mosaic disease by meristem culture. Phytopathology 65 : 826-828.

26. Kelman, A., 1953. The bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. A literature review and bibliography. Technical Bulletin, North Carolina Agricultural Experiment Station 99 : 1-194.

27. Kitajima, E.W. & Costa, A.S., 1964. Elongated particles found associated with cassava brown streak. East African Agricultural and Forestry Journal 30 : 28-30.

28. Kitajima, E.W. & Costa, A.S., 1966. Microscopia electronica de tecidos foliares de mandioca infectados pelo virus do mosaico comun da mandioca. Bragantia 25 : 23-28.

29. Kitajima, E.W. & Costa, A.S., 1966. Particulas esferoidais asso - ciadas do virus do mosaico das nervaduras da mandioca. Bragantia 25 : 211-222.

30. Krausz, J.P., 1976. The superelongation disease of cassava. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New-York, 81 pp.

31. Laberry, R.S., 1976. Estudio etiologico de la roya (Uromyces spp.) en yuca (Manihot esculenta Crantz) en Colombia, MS Thesis. University Nacional /Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia, 84 pp.

32. Leon, J., 1977. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. In : Proceedings of the 4th. Symposium of the International Society of Tropical Root Crops. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 277 pp.

33. Lister, R.M., 1959. Mechanical transmission of cassava brown streak virus. Nature 183 : 1588-1589.

34. Lozano, J.C., 1972. Status of virus and mycoplasma-like diseases of cassava. In : Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Worshop. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

35. Lozano, J.C., 1975. Bacterial blight of cassava. PANS 21 : 38-43.

36. Lozano, J.C., 1977. Cassava (Manihot esculenta Crantz). In :Plant Health and Quarantine Problems Arising in International Genetic Resources Transfer. FAO, Rome, 347 pp.

37. Lozano, J.C., 1978. General considerations on cassava pathology. In : Proceedings Cassava Protection Workshop. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 244 pp.

38. Lozano, J.C. & Booth, R.H., 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS 20 : 30-54.

39. Lozano, J.C. & Van Shoonhoven, A., 1975. Danger of dissemination of diseases and pests through the introduction of material for the propagation of cassava. In : Proceedings of the International Exchange and Testing of Cassava Germplasm Workshop. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, Publication 049,74 pp.

40. Lozano, J.C. & Sequeira, L., 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia : I. Etiology. Phytopathology 64 : 74-82.

41. Lozano, J.C. & Sequeira, L., 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia : II. Epidemiology and control. Phytopathology 64:83-88.

42. Lozano, J.C. & Terry, E.R., 1976. Cassava diseases and their control. In : Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, Publication 080, 277 pp.

43. Lozano, J.C. & Wholey, D.W., 1974. The production of bacteriafree planting stock of cassava. World Crops 26 : 115-117.

44. Lozano, J.C., Cock, J.H. & Castano, J., 1977. New developments in cassava storage. In : Proceedings of the Cassava Protection Workshop. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 244 pp.

45. Lozano, J.C., Toro, J.C., Castro, A. & Bellotti, A., 1977. Production of cassava planting material. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Publication Serie GE-17, 31 pp.

46. Lozano, J.C., Bellotti, A., Van Schoonhoven, A., However, R., Howell, D. & Doll, J., 1976. Field problems in cassava. Centro International de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Series GE-16 : 127.

47. Mattos, L.L., 1977. Bacteriosis del tallo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). MS Thesis, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú, 73 pp.

48. Menon, M.R. & Raychaudhuri, S.P. , 1970. Cucumber: A herbaceous host of cassava mosaic virus. Plant Disease Reporter 54 : 34-35.

49. Oliveros, B., LOzano, J.C. & Booth, R.H., 1974. A phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58 :703-705.

50. Nichols, R.F.W., 1950. The brown-streak disease of cassava. Distribution, climatic effects and diagnostic symptoms. East African Agricultural and Forestry Journal 15 : 154-160.

51. Phillips, T.P., 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 182 pp.

52. Robinson, R.A., 1976. Plant pathosystems. Springer Verlag, Berlin, 184 pp.

53. Rogers, D. J., 1963. Studies of Manihot esculenta Crantz and related species. Bulletin of the Torrey Botanical Club 90 : 1-43.

54. Takatsu, A., 1977. Inspeccao fitossanitaria da culture da mandioca na regiao de Manaos. Centro Nacional de Pesquisas da Mandioca, Cruz das Almas, Bahia, Brazil, 6 pp.

55. Takatsu, A. & Lozano, J.C., 1975. Translocacion del agente causal del anublo bacterial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en los tejidos del hospedero. Fitopatologia 10: 13-22.

56. Terry, E., 1975. Cassava germ plasm resources, disease incidence, and phytosanitary constraints at IITA, Nigeria. In : Proceedings of the International Exchange and Testing of Cassava Germ Plasm Workshop. International Development Research Centre, Ottawa Canada, Publication 049, 74 pp.

57. Tery, J.M., Thurston, H.D. & Lozano, J.C., 1977, The cercospora leaf diseases of cassava. In : Proceedings of the Cassava Pro - tection Workshop. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 244 pp.

58. Wiehe, P.O. & Dowson, W.J., 1953. A bacterial disease of cassava (Manihot Utilissima) in Nyasaland. Empire Journal of Experimental Agriculture 21: 140-143.

ENFERMEDADES DE LA YUCA*

(Manihot esculenta Crantz)

J. C. Lozano**
R. H. Booth***

INTRODUCCION

El continuo aumento de la población mundial y la falta de fuentes energéticas han hecho que la atención científica se concentre en los cultivos alimenticios menos investigados, entre ellos, la yuca. Para obtener máximos rendimientos de éste y otros cultivos, es necesario aumentar nuestros conocimientos por medio de la investigación de las enfermedades que disminuyen los rendimientos y de las medidas de control que se deben emplear.

Actualmente, la información disponible sobre enfermedades en yuca es muy limitada. En el presente trabajo se ha intentado recopilar la mayor cantidad de información existente para presentarla junto con datos y observaciones obtenidas recientemente por los autores.

En general, la literatura indica que las enfermedades de yuca son de menor importancia. Aunque existe poca información sobre las pérdidas reales causadas por estas, la simple observación de un cultivo de yuca demostrará que sí son de gran importancia económica.

En general, las publicaciones mencionan solamente la existencia de diferentes patógenos pero no ofrecen información sobre su importancia, epidemiología o control; sirven más bien para ilustrar la deficiencia de nuestros conocimientos al respecto.

---

* Este artículo fué publicado en idioma inglés por PANS (Pest Articles and News Summaries), Centre for Overseas Pest Research, London, en Marzo, 1974. (PANS, 20:30-54, 1974). La versión española se publica con la respectiva autorización. Traducción y adaptación: J.C. Lozano.

** Fitopatólogo Asistente (Bacteriólogo), Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Apartado Aéreo 67-13. Cali, Colombia, S.A.

*** Científico Visitante (Patología de la Yuca). Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Apartado Aéreo 67-13. Cali, Colombia, S. A. (Dirección permanente: Tropical Products Institute, TPI, 56-62 Gray's Inn Road, London, WC1).

La planta de yuca es atacada por una gran variedad de enfermedades causadas por bacterias, virus, micoplasmas y hongos. Aunque existe poca información sobre la importancia y el efecto de estos agentes patógenos sobre el rendimiento, se considera que, en general, el añublo bacterial de la yuca es una de las enfermedades más devastadoras puesto que, bajo determinadas condiciones, puede causar la pérdida total del cultivo. En Africa, el mosaico de la yuca es sin duda alguna uno de los factores que más limitan la producción. También, son importantes las manchas foliares inducidas por Cercospora spp., casi siempre presentes en toda plantación de yuca. Existen otras enfermedades que se encuentran menos diseminadas o que sólo tienen importancia bajo ciertas condiciones ambientales. Por ejemplo, algunos tipos de pudrición radical pueden causar una gran baja en el rendimiento, especialmente en suelos mal drenados. Las manchas foliares causadas por Phyllosticta sp. pueden ocasionar defoliación total y muerte descendente en áreas yuqueras en las cuales prevalecen bajas temperaturas. Las pudriciones radicales, en plantas jóvenes, pueden ocasionar pérdidas después de la siembra y exigir resiembras. Igualmente, las pudriciones en el tallo pueden causar pérdidas considerables en la viabilidad de los cangres cuando se hace necesario almacenar material de propagación. Aunque aún no se ha determinado si la causa del rápido deterioro de las raíces de yuca, después de la cosecha, es un fenómeno fisiológico o patológico o una combinación de ambos factores, se ha comprobado que varios microorganismos están siempre presentes cuando ocurren estas pudriciones y fermentaciones.

ENFERMEDADES BACTERIALES

El añublo bacterial de la yuca

Es la enfermedad bacterial más importante. Se registró por primera vez en Brasil (Bondar, 1912; Costa, 1940b; 1960b) y desde entonces, se ha encontrado en Colombia y Venezuela (Lozano, 1972a; 1973; Lozano y Sequeira, 1973a; 1973b) y se ha observado en otros países de América del Sur y de Africa.

Esta enfermedad se considera ahora como una de las más limitantes de la producción en las áreas afectadas, ocasionando a veces pérdidas totales durante la estación lluviosa (Drummond e Hipólito, 1941; Elliot, 1951; Lozano y Sequeira, 1973a). Lozano y Sequeira (1973a; 1973b) han estudiado extensamente los síntomas, la epidemiología, la naturaleza del organismo causal y el control de esta enfermedad.

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por manchas y añublo foliares, marchitez, muerte descendente, exudación de goma y necrosamiento del sistema vascular. Los síntomas primarios, que resultan de la siembra de material infectado, consisten en la marchitez de las hojas tiernas seguida por muerte descendente (Foto 1). Los síntomas secundarios, debidos a infecciones secundarias, se caracterizan por manchas foliares, añublo y muerte descendente. Al comienzo, las manchas foliares son pequeñas y angulares, de apariencia acuosa, que luego crecen cubriendo total o parcialmente la hoja y adquiriendo un color marrón (Foto 2). Estas hojas necrosadas se secan y permanecen adheridas al tallo por un tiempo corto, pero más tarde se caen. La exudación de goma se presenta en los tallos

jóvenes infectados, en los pecíolos y en las manchas foliares. También, los haces vasculares de los pecíolos y de los tallos infectados se necrosan, tomando la apariencia de bandas de color marrón. Esta decoloración vascular puede extenderse también a la raíz, pero ello está relacionado con la susceptibilidad del cultivar afectado (Lozano, 1972a; 1973). Esta enfermedad se ha encontrado sólo en especies o variedades del género Manihot (Amaral, 1942b; Bondar, 1915; Burkholder, 1942).

El organismo causal fue llamado primero Bacillus manihotis Arthaud-Berthet (Bondar, 1912) pero más tarde se le llamó Phytomonas manihoti Arthaud-Berthet y Bondar Viegas (Viegas, 1940). Drummond e Hipólito (1941) encontraron que algunas de las características de sus aislamientos eran diferentes de aquellas de la especie originalmente descrita por Bondar (1912). Burkholder (1942) concluyó que el organismo debería clasificarse en el género Phytomonas y entonces se incluyó con el nombre de Ph. manihotis en el Manual de Bergey (Bergey, 1948). Amaral y Vancocellos (1945) hicieron estudios comparativos entre las cepas de Burkholder y de Drummond e Hipólito y concluyeron que estas cepas pertenecían a Ph. manihotis. Más tarde, Starr (1946) cambió el nombre de la especie por el de Xanthomonas manihotis (Arthaud-Berthet) Starr. Sin embargo, Lozano y Sequeira (1973a), basándose en estudios sobre morfología, fisiología, serología y susceptibilidad a bacteriófagos en aislamientos de Colombia y Brasil, concluyeron que éstos eran diferentes de X. manihotis y que podrían ser considerados como pertenecientes a un biotipo de la especie tipo. Ellos encontraron (1973a) que el agente causal del añublo bacterial difiere del X. manihotis en el tamaño celular, en flagelación y motilidad, en producción de H_2S, utilización de nitratos, hidrólisis del almidón y en sus relaciones serológicas. También, informaron que, comparando el cultivo-tipo de X. manihotis, existían diferencias en patogenicidad, rata de crecimiento, características serológicas y susceptibilidad a bacteriófagos (Lozano y Sequeira, 1973a).

Lozano y Sequeira (1973a) describen al agente causal del añublo bacterial como un bastón fino, Gram-negativo, móvil por medio de un solo flajelo polar; sus células no están encapsuladas y no forman esporas. Es un organismo bacterial aeróbico que crece rápidamente sin formar pigmento en medios con azúcares. Hidroliza el almidón y la gelatina y reduce el litmus. No induce reacciones hipersensitivas en hojas de tabaco ni causa pudrición suave en tubérculos de papa o raíces de yuca. Produce levan, catalasa, arginina dehidrolasa y lipasa, pero no produce H_2S, indol, ureasa, tirosinasa ni fenilalanina deaminasa. Puede crecer en medios que contengan NaCl o cloruro de tetrazolio en concentraciones máximas de 2.5 y 0.2 por ciento, respectivamente. El organismo utiliza nitrato de amonio como fuente de nitrógeno; la mayoría de los azúcares simples pueden servirle como fuente de carbono, sin que haya acidificación; varios aminoácidos y otros ácidos orgánicos son rápidamente utilizados. Puede separarse por métodos serológicos y por tipificación con bacteriófagos de algunas especies de Erwinia, Pseudomonas y Santhomonas, incluyendo X. manihotis. Una especie Bdellovibrio causó lisis específicamente a este organismo, la cual podría emplearse para reconocer esta especie bacterial de otras fitobacterias. De estas investigaciones Lozano y Sequeira (1973a) concluyeron que el agente causal del añublo bacterial

debe considerarse como un biotipo de X. manihotis, pero que su definición taxonómica debe ser revisada.

El patógeno penetra normalmente en el hospedero a través de las aperturas estomatales y de las heridas del tejido epidermal (Lozano y Sequeira, 1973a; Pereira y Zagatto, 1967). Invade los tejidos vasculares necrosando los tejidos parenquimatosos de las hojas y de los cogollos. El movimiento hacia los pecíolos y el tallo se hace principalmente a través de los vasos del xilema (Amaral, 1942b; 1945; Drummond e Hipólito, 1941) y posiblemente, del floema (Amaral, 1942b; Pereira y Zagatto, 1967). Aunque se ha informado sobre su desplazamiento a través de los tejidos medulares (Drummond e Hipólito, 1941), no existe evidencia al respecto. En los tejidos maduros y altamente lignificados del tallo, el patógeno está circunscrito a los tejidos vasculares. Los síntomas típicos de la enfermedad se presentan después de 11 a 13 días de la infección (Amaral, 1942b; Lozano, 1972a; Lozano y Sequeira, 1973b; Pereira y Zagatto, 1967).

Amaral (1945) señaló la posibilidad de que el patógeno se propague de un área a la otra por medio de cangres infectados o de insectos contaminados. Algunos investigadores (Carneiro, 1940; Drummond e Hipólito, 1941; Goncalves, 1939; 1948; 1953; Lozano, 1972a; 1973; Lozano y Sequeira, 1973b) han sugerido o demostrado que el patógeno puede diseminarse también por el movimiento del suelo durante las operaciones culturales y por el empleo de herramientas infestadas. La diseminación por salpicaduras de agua-lluvia fue sugerida por Drummond e Hipólito (1941) y demostrada por Lozano y Sequeira (1973b). Esta forma de dispersión constituye el medio más importante de diseminación de la enfermedad en una plantación; la diseminación entre diferentes áreas o ciclos ecológicos ocurre por medio de material de propagación infectado (Lozano y Sequeira, 1973b).

Se ha registrado demora en la diseminación de la enfermedad (CIAT, 1971; 1972; Lozano y Sequeira, 1973b) al podar la mayor parte del epigeo de plantas infestadas. Sin embargo, el éxito de este método depende de la susceptibilidad del cultivar y del intervalo entre la infección inicial y la poda. Lozano y Wholey (1974) han desarrollado un eficiente método de control de la enfermedad que consiste en el enraizamiento de cogollos sanos tomados de plantas infectadas. Este método se puede emplear para limpiar cultivares o colecciones infectadas y proporcionar así "semilla" certificada de yuca, libre de bacteriosis. La existencia de resistencia varietal a esta enfermedad se registró previamente por observaciones de campo (Carneiro, 1940; Drummond y Goncalves, 1953; Goncalves, 1939, 1948). Lozano y Sequeira (1973b) comprobaron estas observaciones por inoculaciones controladas y registraron tipos de resistencia debidos a reacciones hipersensitivas, a restricción a la penetración y a la invasión sistémica del patógeno en el hospedero. Pareciera que una combinación del empleo de variedades resistentes y de material de propagación libre del patógeno sea el método más eficaz para controlar la enfermedad.



Fig. 1. Añublo bacterial de la yuca. Síntomas típicos de marchitez y de muerte descendente inducidos por el agente causal del Añublo Bacterial.

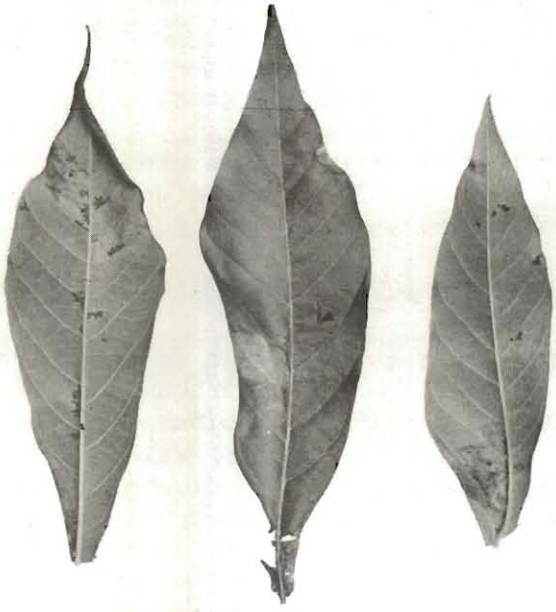


Fig. 2. Añublo bacterial de la yuca. Lóbulos de hojas de yuca mostrando manchas angulares y añublo foliar.

Otras enfermedades bacteriales

En Uganda (Hansford, 1938) se encontró otra enfermedad bacterial de la yuca que parece caracterizarse por manchas foliares y necrosis de los peciolos, con subsiguiente defoliación. El patógeno parece también afectar los tallos, sin causar marchitez. Este agente recibió inicialmente el nombre de Bacterium cassavae sp. n., pero luego se le cambió por el de Erwinia cassavae (Hansford) Burkholder (Bergey, 1957). El organismo es Gram-negativo, facultativo anaeróbico, en forma de bastón, sin ser encapsulado. Es móbil por medio de unos pocos flagelos peritricos; licúa la gelatina, alcaliniza la leche y acidifica glucosa, sucrosa, maltosa y glicerol, pero no acidifica lactosa, ni reduce nitratos. En cultivo de agar forma colonias suaves, enteras y brillantes, de color amarillo.

Wiehe y Dowson (1953) informaron sobre otra enfermedad bacterial de la yuca en Malawi (Africa). La enfermedad se caracteriza por manchas foliares que al principio son amarillas y circulares, pero que, a medida que crecen, se vuelven angulares con un centro de color marrón y un amplio halo amarillo. Las venas foliares que salen de los márgenes de estas manchas se vuelven también de color marrón oscuro; las hojas se caen antes de que el patógeno invada los peciolos previniendo así la infección del tallo. Bajo condiciones húmedas, hay exudación de un líquido pegajoso sobre el envés. Esta exudación es la causa de la diseminación de la enfermedad debido a salpicaduras por agua-lluvia. El agente causal llamado Xanthomonas cassavae sp.n., consiste de un bastón Gram-negativo, móbil por medio de un flagelo polar. Las colonias en agar-nutriente y en agar-glucosa son amarillas pálidas, confluentes y viscosas. Acidifica sucrosa y muy levemente dextrosa y maltosa; no forma ácido de lactosa, salicin, glicerol o manitol. Produce H_2S de peptona y nitritos de nitratos (Dowson, 1957; Wiehe y Dowson, 1953).

Se ha informado (Amaral, 1945; Burkholder, 1942; Kelman, 1953; Orjuela, 1965) que Pseudomonas solanacearum E.F.Sm. es en Brasil un patógeno de la yuca. Parece inducir marchitez en plantas jóvenes de yuca sin causar manchas foliares ni exudación de goma.

También, se ha registrado que algunas especies bacteriales inducen pudriciones suaves y/o fermentaciones en raíces cosechadas de yuca. Esto se discutirá en la sección relacionada con pudriciones radicales.

ENFERMEDADES DE TIPO VIROSO Y DE MICOPLASMA

Se han registrado varias enfermedades de tipo viroso o similares pero, aunque algunas - como el Mosaico Africano de la yuca - pueden causar pérdidas considerables, la investigación al respecto ha sido muy esporádica. En un estudio reciente sobre el estado de estas enfermedades, Lozano (1972b) señala que la información disponible es muy limitada e incompleta. Los síntomas de estas enfermedades se describen frecuentemente en términos generales pero muy rara vez en detalle; las pérdidas que ellas causan no están satisfactoriamente determinadas y con frecuencia hay muy poca información disponible sobre temas tan importantes tales como sistemas de transmisión y rango de hospederos. Igualmente, pocos informes

tratan sobre las características biológicas, fisiológicas, físicas o químicas de los agentes infecciosos, caracterizándolos parcialmente en el mejor de los casos.

El mosaico africano de la yuca

Walburg fue el primero en describir esta enfermedad en 1894. Se encuentra comúnmente en el Africa Central, Oriental y Occidental e islas adyacentes (Chant, 1959; Jennings, 1960a; 1970; Storey, 1936; Storey y Nichols, 1938) causando pérdidas que oscilan entre el 20 y 90 por ciento (Beck), 1971; Chant, 1959; Doku, 1965; Jennings, 1960a; Lefevre, 1935).

El síntoma es el de un mosaico característico. En plantas jóvenes se observan áreas cloróticas y frecuente deformación foliar (Foto 3). La deformación y reducción en el tamaño de las hojas, con presencia de áreas de color amarillo intenso, separadas por tejido verde normal, es muy común (Foto 4) (Jennings, 1960a). La enfermedad parece ocurrir sólo en Manihot spp., aunque se le han atribuído otros hospederos, sin existir estudios concluyentes. Algunas especies del género Bemisia spp. (mosca blanca) se han mencionado como vectores de la enfermedad. Para que el vector adquiera virulencia parece necesario que se alimente, por lo menos durante cuatro horas, de hojas jóvenes enfermas y que haya un período subsiguiente de incubación de otras cuatro horas (Chant, 1958; Jennings, 1960a; Storey y Nichols, 1938).

Se han hecho varios intentos para purificar el agente infeccioso pero hasta ahora no se ha tenido éxito. Galvez y Kitajima (comunicación personal) no encontraron ninguna partícula de tipo viral después de observar preparaciones por inmersión foliar (leaf dip) o secciones ultrafinas. Sus ensayos sobre purificación del agente infeccioso tampoco tuvieron éxito. Barbee (comunicación personal) informa sobre la posible presencia de dos componentes infecciosos extraídos de muestras de plantas enfermas después de varios intentos de purificación. Como el agente(s) infeccioso de la enfermedad aún es desconocido, ésta no debe clasificarse dentro de las causadas por agentes virales hasta tanto se defina la identidad del agente(s) causal.

El único método de control efectivo de esta enfermedad parece ser el empleo de variedades resistentes (Beck, 1971; Doku, 1965; Dubern, 1972; Hahn, 1972; Jennings, 1960a; Storey, 1936).

En Kerala, India, (Menon y Raychaudhuri, 1970), se ha observado un mosaico similar al descrito anteriormente. Los síntomas de esta enfermedad son casi idénticos al Mosaico Africano y sus vectores son también moscas blancas. Sin embargo, se ha registrado que el pepino cohombro (Cucunis sativus) (Menon y Raychaudhuri, 1970) es un hospedero del Mosaico Asiático. La confirmación de este hecho no se ha constatado, ni tampoco se ha demostrado en los estudios comparativos que se han hecho con los dos mosaicos (Africano y Asiáticos) que ambos tengan o no alguna correlación.



Fig. 3. Mosaico Africano de la yuca. Clorosis y deformación foliar característicos del Mosaico Africano de la yuca.



Fig. 4. Mosaico Africano de la yuca. La clorosis, la reducción del desarrollo de la lámina foliar y la deformación de las hojas son síntomas severos del Mosaico Africano.

El mosaico común de la yuca de América

Se ha presentado en varias partes del Brasil (Costa, 1940a; Costa et al., 1970) y también en Colombia (Kitajima y Lozano, comunicación personal). A pesar de que las pérdidas pueden oscilar entre el 10 y el 20 por ciento, por ser fácil su control se le considera de poca importancia (Costa et al., 1970).

Los síntomas son característicos de todo mosaico, consistiendo principalmente en clorosis de la lámina foliar. En general, estas áreas cloróticas no están bien demarcadas, como en el caso del mosaico africano de la yuca, pero, por lo demás, los síntomas generales son muy similares a éste (Foto 5). El virus tiene un número de hospederos relativamente amplio, pudiendo atacar Manihot spp., Euphorbia prunifolia, Chenopodium amaranticolor, C. guinoa, Malva parviflora y Gossypium hirsutum (Costa et al., 1970).

La enfermedad ha sido transmitida mecánicamente y por injertos, pero, hasta ahora, no se le conoce ningún vector natural (Costa et al., 1970). La infectabilidad del virus se pierde por tratamientos al calor a 65-70°C por 10 minutos. El zumo de tejido infectado permanece infeccioso durante 24 horas a 20°C (Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966a).

Las partículas virales consisten de bastones elongados y flexuosos que miden 15 mμ de diámetro con longitud normal de aproximadamente 500 mμ (Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966a; Kitajima et al., 1965), con buenas propiedades serológicas (Costa y Kitajima, 1972 a; Silva, 1962).

La enfermedad ha sido relativamente fácil de controlar por medio del empleo de material de propagación sano y de la eliminación de plantas enfermas de las plantaciones afectadas (Costa et al., 1970; Costa y Normanha, 1939).

La enfermedad del estriado marrón de la yuca

Esta enfermedad se registró y describió por primera vez en 1936 (Nichols, 1950), encontrándose sólo en la costa occidental de Africa y en alturas menores de 1.000 msnm (Nichols, 1950; Jennings, 1960b). Es difícil calcular las pérdidas causadas por la enfermedad debido a que generalmente las plantas enfermas se encuentran también afectadas por el Mosaico Africano. Sin embargo, si se considera que las raíces de las plantas enfermas no sirven para el consumo humano, las pérdidas pueden llegar a ser considerables (Lozano, 1972b; Jennings, 1972).

Las plantas infectadas presentan clorosis y cicatrices foliares que duran hasta después de la caída normal de las hojas. Algunas veces, los tallos jóvenes (verdes) presentan lesiones de color marrón y las raíces gruesas (de almacenamiento) muestran necrosis cortical (Jennings, 1960b; Nichols, 1950). El agente causal puede infectar a Manihot spp., Petunia hybrida, Datura stramonium, Nicotiana tabacum, N. glutinosa (Jennings, 1960b; Kitajima y Costa, 1964; Lister, 1959). Puede ser transmitida

mecánicamente o por injerto. (Lister, 1959; Nichols, 1950; Storey, 1936) pero, aunque se sospecha transmisión por insectos vectores, no se ha registrado ningún vector (Lister, 1959; Nichols, 1950). La infectabilidad del virus se destruye por tratamiento al calor de 50°C por 10 minutos; el zumo de plantas enfermas pierde su poder infeccioso en menos de 24 horas a 20°C (Kitajima y Costa, 1964). Según Kitajima y Costa (1964), el punto final de dilución del virus es de 1:1.000; las partículas virales parecen estar constituídas por bastones de aproximadamente 600 mμ de longitud, según observaciones al microscopio electrónico de material infectado seco.

Se ha obtenido un control efectivo de la enfermedad por medio del empleo de material de propagación sano. Igualmente, se ha observado que algunas variedades parecen mostrar resistencia (Jennings, 1960b; Nichols, 1950; Storey, 1936).

El mosaico de las nervaduras de la yuca

Esta enfermedad parece ocurrir en sitios esporádicos y en áreas restringidas de Brasil. Quizás debido a esta razón y a su limitada importancia económica, existe muy poca información al respecto (Costa, 1940a; Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966b). Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por clorosis de las venas y encartuchamiento foliar. La enfermedad parece transmitirse mecánicamente o por injertos. Hasta ahora, los únicos hospederos conocidos son Manihot spp. y Datura stramonium. El examen de material infectado practicado en el microscopio electrónico ha revelado la existencia de partículas poliédricas de aproximadamente 50-60 mμ in vivo (Costa, 1940a; Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966b).

La enfermedad del superbrotamiento de la yuca

Se ha encontrado en Brasil, Venezuela (Costa et al., 1970; Goncalves et al., 1942; Kitajima y Costa, 1971; Normanha et al., 1946) y México (Costa y Kitajima, 1972a; 1972b; Kitajima, Normanha y Costa, 1972), causando reducción en el rendimiento, la que puede ser alta y exceder algunas veces del 80 por ciento (Goncalves et al., 1942; Normanha et al., 1946; Silberschmidt y Campos, 1944). Las plantas enfermas se pueden reconocer por su enanismo, por el acortamiento de los entrenudos y por la excesiva proliferación de los retoños. Sin embargo, se debe tener cuidado al diagnosticar esta enfermedad ya que se ha demostrado que la infestación severa de thrips puede ocasionar síntomas similares (Shoonhoven y Lozano, comunicación personal). Aunque se sabe muy poco sobre esta enfermedad, Costa et al., (1970), Kitajima y Costa (1971) y Costa y Kitajima (1972b) han concluído que se debe a un organismo de tipo micoplasma.

Virus latentes en yuca

Finalmente, Costa et al., (1970) han encontrado un virus latente, el cual no causa síntomas en la yuca pero que se considera ampliamente diseminado en otras plantas. Este es un rabdovirus de 280-300 mμ (Costa et al., 1970).



⑤

Figura 5. Mosaico común de la yuca (Mosaico Americano). Lóbulos de hojas de yuca con síntomas moderados y severos del mosaico común de la yuca.



⑥

Fig. 6. La mancha parda de las hojas (Cercospora henningsii). Lesiones angulares con bordes definidos en lóbulos de una hoja de yuca.

ENFERMEDADES FUNGOSAS

En la yuca se ha encontrado muchas enfermedades fungosas cuya distribución e importancia económica varían considerablemente. Las enfermedades que causan manchas foliares, necrosamiento del tallo y pudriciones radicales son las que presentan mayor frecuencia, distribución e importancia, en situaciones generales o particulares. A continuación se describen estos grupos de enfermedades:

A. Manchas foliares

Manchas foliares inducidas por Cercospora

Varias especies de Cercospora causan manchas foliares en la yuca. C. henningsii Allescher y C. caribaea Chupp y Ciferri, parecen ser las más importantes (Cardin, 1910; Castaño, 1969; Ghesquiere y Henrard, 1924; Golato, 1963; Golato y Meossi, 1966; Viegas, 1941) tanto por la severidad como por su distribución geográfica. Aunque la importancia económica de estos patógenos no ha sido determinada, varios registros (Castaño, 1969; Chevaugeon, 1956; Deslandes, 1941; Golato y Meossi, 1971; Jennings, 1970; Normanha y Pereira, 1964; Sydow, 1901) sugieren que son importantes en ciertas áreas geográficas y durante la estación lluviosa.

La mancha parda de la hoja (C. henningsii)

Probablemente es la más importante de todas las enfermedades foliares de la yuca. Tiene una amplia distribución geográfica ya que se ha encontrado en Asia y en América del Norte, además de Africa y América Latina. De todos los Cercospora spp. patogénicos a la yuca, éste parece tener el mayor rango de hospederos pues ataca naturalmente M. esculenta, M. glaziovii, M. piauhynsis y, por inoculación artificial, a la batata Ipomea (remolacha). (Ferdinando et al., 1968; Golato, 1963; Golato y Meossi, 1971; Powell, 1968; 1972; Viegas, 1941).

C. henningsii, el agente causal, crece en los espacios intercelulares de las hojas y produce estromas de 2-6 células de espesor y de 20-45 μ de diámetro. De estos estromas se producen conidióforos en fascículas densas. Los conidióforos son marrones oliváceos pálidos (semioscuros), de color y anchura uniformes, no ramificados, 0-2 medio geniculados, de punta redondeada, con pequeña o mediana cicatriz esporal, derechos o semi curvos y de 3-5 x 10-50 μ de tamaño; muy rara vez alcanzan a medir 100 μ de largo, pero los más largos, son poco septados. Las conidias son anfigíneas, producidas individualmente sobre el ápice de cada conidióforo, cilíndricas, derechas o ligeramente curvas, con ambas puntas redondas o con una base corta abcónica; con 2-8 septas, oliváceas pálidas, midiendo de 4-6 (7) x 30-60 (85) μ Chupp, 1953; Powell, 1968; 1972).

De vez en cuando, aparecen negros peritecios (100 μ diámetro) diseminados en el tejido necrótico de las manchas foliares, hacia el haz de la hoja. Las ascas son elongo-clavadas, con ocho esporas, subsésiles y que miden 55-72 x 10-13 μ. Las ascosporas son ovoides, uniseptadas,

contraídas en el septum y de 17-22 x 5.2-6.8 μ de tamaño. La célula de estas esporas es de un diámetro mayor que la célula inferior y en forma de llama de vela (Chupp, 1953; Powell, 1972).

Se ha informado que el estado perfecto de C.henningsii es Mycos phaerella manihotis Ghesquiere Henrard non Sydow (Ghesquiere y Henrard, 1924; Ghesquiere, 1932), información corroborada más tarde por Chevaugeon (1956). Sin embargo, aún no se han determinado las relaciones genéticas entre los estados sexual y asexual. Powell (1972) registra la necesidad de dar una nueva denominación al estado sexual del hongo ya que el empleado actualmente es un homónimo del nombre dado por Sydow en 1901.

Las especies C. cassavae Ell. and Ev.; C. manihotis P. Henn.; C. cearae Petch; C. manihoticola Stev. Ined.; Helminthosporum manihotis Rangel, H. hispanilae Cif.; y Septogloerum manihotis Zinn, se consideran sinónimas de C. henningsii (Ciferri, 1933; Chupp, 1953; Powell, 1972).

Los síntomas en hojas de yuca se caracterizan por manchas foliares visibles a ambos lados de las hojas. En el haz, las manchas de color marrón aparecen de manera uniforme, con borde definido y oscuro (Foto 6). En el envés, las lesiones tienen márgenes menos definidas y hacia el centro, las manchas marrones tienen un fondo gris-oliváceo debido a la presencia de los conidióforos y de las conidias del hongo. A medida que crecen estas lesiones circulares, de 3-12 mm de diámetro, toman una forma irregular y angular, debido a que su expansión es limitada por las venas principales de la hoja. Las veinillas que se encuentran dentro del área necrótica presentan un color negro. Algunas veces, según la susceptibilidad de la variedad, aparece un halo amarillento indefinido o un área decolorada alrededor de las lesiones. A medida que la enfermedad progresa, las hojas infectadas se vuelven amarillas, se secan y después se caen, quizás debido a sustancias tóxicas secretadas por el patógeno. Las variedades susceptibles pueden sufrir defoliación severa y a veces total durante la estación lluviosa y calurosa.

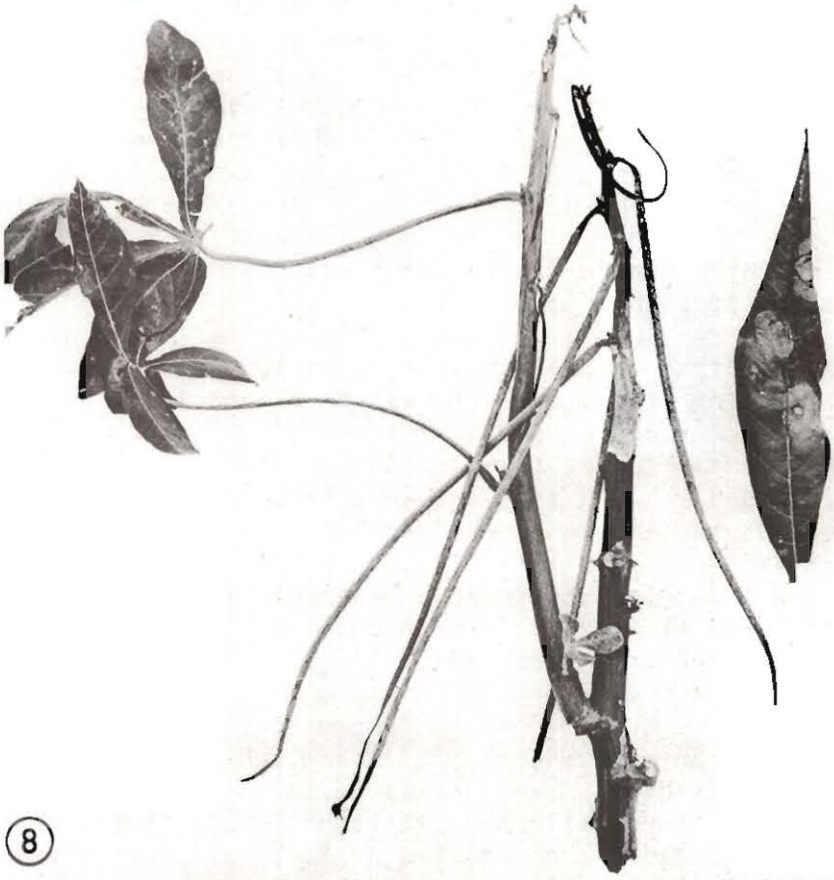
Cuando el viento o la lluvia transportan conidias de las lesiones de tejidos caídos infectados a nuevos sitios susceptibles de la planta (hojas), se presentan las infecciones primarias en una plantación nueva. Si hay suficiente humedad ambiental las conidias germinan, produciendo tubos germinales ramificados que con frecuencia se anastomizan. La penetración se efectúa a través de las cavidades estomatales y la invasión de los tejidos, a través de los espacios intercelulares. En condiciones húmedas y cálidas, la penetración e infección ocurre en general dentro de un lapso de doce horas, pero los primeros síntomas sólo aparecen después de 12 días de iniciada la infección (Chevaugeon, 1956; Viegas, 1941; 1943a; 1943b; Wallace, 1931; Ciferri, 1933).

Cuando las lesiones maduran, aparecen los estromas de donde emergen conidióforos. Los ciclos secundarios de la enfermedad se repiten durante toda la estación lluviosa, cuando el viento o la lluvia transportan las conidias a nuevos tejidos susceptibles de la planta. El hongo sobrevive durante la estación seca en lesiones viejas, con frecuencia en las hojas caídas; renueva su actividad con el advenimiento de la estación lluviosa y el



(7)

Fig. 7. La mancha blanca de las hojas (Cercospora caribaea). Lesiones medianas, angulares u ovaladas, blancas, con bordes definidos y de color marrón-violeta, y halos difusos amarillos.



(8)

Fig. 8. Manchas foliares inducidas por Phyllosticta (Phoma sp). Lóbulos con lesiones grandes, marrones, con anillo concéntricos. Muerte descendente en el cogollo; la parte necrosada muestra picnidios.

crecimiento de nuevas hojas en el hospedero.

Chevaugeon (1956) observó que en una planta de yuca las hojas bajeras (viejas) son más susceptibles que las hojas superiores (jóvenes). Igualmente, otros autores han hecho la misma observación pero sin mostrar evidencia investigativa. Sin embargo, se ha observado (Lozano, inédito) que algunas especies (M. carthagenensis) y cultivares susceptibles de M. esculenta pueden ser atacadas severamente. Se han observado síntomas severos de la enfermedad en hojillas, hojas jóvenes, pecíolos y aún en frutos de M. carthagenensis. Además, se ha encontrado que las plantas que han "endurecido" por condiciones desfavorables parecen ser más resistentes (Viennot-Bourgin y Grimaldi, 1950); sin embargo, no se encontraron diferencias en susceptibilidad entre plantas que crecen en suelos ricos y aquellas que crecen en suelos pobres (Chevaugeon, 1956).

Para disminuir la severidad de la infección se recomiendan prácticas culturales que reduzcan el exceso de humedad en la plantación (Golato, 1963; Golato y Meossi, 1966: Springensguth, 1940). Se ha encontrado que los fungicidas a base de óxido de cobre y oxicloruro de cobre, suspendidos en aceite mineral y aplicados a una dosis de 12 litros/ha, proporcionan un buen control químico (Golato 1963; Golato y Meosi,1971). El mejor control de la enfermedad puede efecturse por el uso de variedades resistentes. Se han encontrado diferencias significativas en resistencia varietal en Africa (Chevaugeon, 1956; Umanah, 1970), en Brasil (Viegas, 1941; 1943a; 1943b) y en la extensa colección de variedades de yuca del CIAT, Colombia (CIAT, 1972).

La mancha blanca de la hoja (C. caribaea)

Comúnmente, se encuentra en las regiones yuqueras húmedas frías de Asia, América del Norte, Africa tropical y América Latina (Castaño, 1969; Chevaugeon, 1956; CIAT, 1972; Viennot-Bourgin y Grimaldi, 1950; Viegas, 1941). En estas zonas, el patógeno puede causar defoliación considerable en variedades susceptibles de M. esculenta, la única especie hospedera conocida (Chevaugeon, 1956; Viegas, 1941).

C. caribaea, el agente causal, forma estromas tenues sobre las lesiones de las hojas infectadas. De estos estromas se producen conidióforos en fascículas sueltas. Los conidióforos, que emergen a través de los estromas, son por lo general marrón-oliváceos, de color y anchura uniformes; estos no son ramificados, pero sí 1-15 geniculados, sub-truncados en la punta, con cicatriz esporal larga, de 3-5 x 50-200μ de tamaño. Las conidias hipófilas son hialinas y subhialinas, obclavadas-cilíndricas, con puntas claramente redeondeadas, septadas 1-6, derechas o semicurvas y de 4-8 x 20-90μ de tamaño (Chupp, 1953;Powell, 1968; 1972).

Aunque el nombre C. caribaea Chupp y Ciferri es ampliamente aceptado para este hongo, Powell (1972) indica que este nombre no es válido actualmente y que sólo podrá serlo cuando se publique una descripción completa en latín. Esta especie puede distinguirse fácilmente de otras especies

de Cercospora en M. esculenta por los síntomas foliares y por la producción de conidias hialinas (Chupp, 1953; Powell, 1968).

Las lesiones causadas por C. caribaea son más pequeñas y diferentes en color a las inducidas por C. henningsii. Varían de circulares a angulares, por lo general de 1-7 mm de diámetro; son blancas y a veces marrón amarillentas (Foto 7). Las lesiones están hundidas en ambos lados, hasta la mitad del espesor de la superficie foliar sana. Aunque se pueden distinguir los puntos blancos, las lesiones tienen con frecuencia un borde de color difuso en el envés de la hoja. El borde aparece a veces como una línea irregular pardo-violeta, rodeado por un halo marrón o amarillento. El centro de las manchas tiene un aspecto aterciopelado-grisáceo durante la fructificación del patógeno, que ocurre de manera predominante en el envés de la hoja.

La penetración del hongo en el hospedero se lleva a cabo a través de las cavidades estomatales y la invasión de los tejidos del hospedero tiene lugar por entre los espacios intercelulares. Cuando las manchas foliares alcanzan aproximadamente 5-7 mm de diámetro, se forma un estroma del cual se producen los conidióforos. Los ciclos secundarios de la enfermedad se repiten durante toda la estación lluviosa debido a la dispersión de las conidias por el viento o por salpicaduras del agua-lluvia. El hongo sobrevive la estación seca en los tejidos viejos infectados y renueva su actividad con el advenimiento de la estación lluviosa y el nuevo crecimiento del hospedero.

Las medidas de control recomendada para esta enfermedad son similares a las de la "mancha parda". No se conocen variedades resistentes específicas, pero las observaciones de campo sugieren su existencia (Lozano, inédito).

La mancha parda es muy similar a la mancha blanca de la yuca; sin embargo, la mancha parda ocurre comúnmente en zonas cálidas no muy húmedas y la mancha blanca en zonas frías-húmedas. Estas diferencias en su distribución geográfica son comunes en Africa (Chevaugeon, 1956) y en América Latina (CIAT, 1972), y son probablemente el resultado de la diferente respuesta de los respectivos agentes causales a la temperatura y a la humedad. La temperatura óptima para la germinación de conidias de C. henningsii y C. caribaea es de 39°C y 33°C, respectivamente, con temperaturas máximas de 43°C y de 33°C, respectivamente. Las conidias de C. henningsii parecen germinar con sólo 50 por ciento de humedad relativa, con óptima germinación a 90 por ciento de humedad relativa; las conidias de C. caribaea necesitan humedad a la saturación para una germinación normal. Estudios nutricionales revelaron diferencias entre estos dos hongos; C. henningsii puede utilizar acetato, citrato y varios aminoácidos pero no puede utilizar pentosas. Sin embargo, C. caribaea utiliza pentosas como fuentes de energía y carbono pero, generalmente, no utiliza triosas (Chevaugeon, 1956; Powell, 1968).

Otras manchas foliares inducidas por Cercospora spp.

C. viscosae Muller y Chupp es el agente causal de una mancha foliar

parda, grande y sin bordes definidos que ocurre en áreas yuqueras cálidas de Brasil y Colombia (CIAT, 1972; Viegas, 1941). Cada mancha cubre frecuentemente una quinta parte o más del lóbulo foliar; la mancha tiene un color marrón uniforme en el haz, mientras que en el envés, el color es también marrón pero con centro de fondo grisáceo debido a la presencia de conidias y conidióforos del hongo. La apariencia general de las manchas es similar a la de las inducidas por Phyllosticta sp., sin embargo, las lesiones inducidas por Phyllosticta sp. tienen anillos concéntricos en el haz foliar.

El hongo no forma estromas pero esporula profusamente. Los conidióforos son producidos en fascículos coremoides, de color marrón rojizo oscuro y de 4-6 x 50-150μ de tamaño. Las conidias son cilindro-obclavadas y miden 4-6 x 25-100μ (Chupp, 1953). Se ha registrado C. viscosae sólo como patógeno de Manihot spp. La enfermedad ocurre durante la estación lluviosa en áreas yuqueras cálidas en donde la mancha parda es también prevalente. Como su ocurrencia en una misma planta o en una determinada plantación es muy poca y parece estar confinada a las hojas bajeras de la planta, su importancia es relativamente poca.

Se ha encontrado que C. manihobae Viegas en Brasil induce manchas foliares en M. esculenta (Chupp, 1953; Viegas, 1941; 1943b). Estas manchas foliares (Viegas, 1941: 1943) se caracterizan por tener un color blanco-nieve, pero la descripción de la enfermedad en sí no ha sido registrada.

El hongo produce conidióforos semioscuros que miden 3-5 x 50-200μ. Las conidias son hialinas o subhialinas, obclavadas-cilíndricas, de 4-8 x 20-90μ (Chupp, 1953).

Manchas foliares inducidas por Phyllosticta sp.

Esta enfermedad aparece comúnmente en las áres yuqueras frías de Colombia (CIAT, 1972; Lozano y Sarrazín, inédito), Brasil (Viegas, 1943a), Filipinas (Sydow, 1913), Africa Tropical (Vicens, 1915) y en India (Ferdinando et al., 1968). Durante la estación lluviosa y cuando la temperatura es menor de 22°C, la enfermedad puede causar severa defoliación en las variedades susceptibles, casi siempre produciendo muerte descendente en el tallo. La enfermedad parece ocurrir en Manihot heptaphylla, M. dichotoma (Reinking, 1919; Viegas, 1943a) y M. aipi (Spegazzini, 1913; Viegas, 1943a), además de M. esculenta (Viegas, 1943b).

El agente causal de la enfermedad no ha sido totalmente caracterizado y varias especies de Phyllosticta (CIAT, 1972; Reinking, 1919; Sydow, 1913; Vincens, 1915; Viegas, 1943a) han sido indicadas como causantes del mismo síndrome de la enfermedad. Vincens (1915) fue el primero en llamar al agente causal como Haplographium manihoticola Vincens, pero Viegas (1943a) dudó sobre la patogenicidad de este hongo en yuca. Desde entonces, Phyllosticta manihoticola Sydow (1913), P. manihot Sacc. (Saccardo 1931) y P. manihobae Viegas (1943a) han sido registrados como causantes del síndrome. Como no se ha definido ni determinado la validez taxonómica de estas especies, existe la posibilidad de que estas denominaciones sean sinónimas y

correspondan sólo a un mismo patógeno. Los estudios y observaciones recientes indican que este hongo debería clasificarse como Phoma sp. (Powell, comunicación personal) y no como Phyllosticta sp. Por lo anterior, se hace necesario llevar a cabo un estudio taxonómico sobre un amplio número de aislamientos del hongo para lograr la caracterización del patógeno.

El agente causal produce numerosos picnidios superficiales de color marrón oscuro, globosos y sostenidos individualmente o en pequeños racimos sobre hojas o tallos infectados. Los picnidios tienen 100-170 μ de diámetro; sus paredes están formadas por células poliédricas y tienen un ostíolo que mide 15-20 μ. Los conidióforos son cortos y hialinos, producen conidias pequeñas (15-20 μ), unicelulares, ovoides o elongadas (Ferdinando et al., 1968; Viegas, 1943a). El hongo aislado en Colombia forma picnidios profusos localizados en anillos concéntricos sobre agar-frijol lima (Lozano y Sarrazín, inédito).

La enfermedad se caracteriza por la presencia de grandes manchas foliares de color marrón, generalmente con márgenes indefinidos. Estas lesiones se encuentran comúnmente en las puntas o en los bordes de los lóbulos foliares o a lo largo de la vena central o de otras venas secundarias. Inicialmente, las lesiones presentan anillos concéntricos hacia el haz de la hoja, los cuales están formados por picnidios de color marrón (Foto 8). Estos anillos no están presentes en las lesiones viejas porque la lluvia arrastra los picnidios maduros. En estos casos, las manchas son de color marrón uniforme, muy parecidas a las causadas por C. viscosae. Hacia el envés, se producen muy pocos picnidios y por lo tanto, las lesiones presentan un color marrón uniforme. Bajo condiciones de alta humedad relativa, las lesiones pueden estar cubiertas por una trenza hifal de color marrón grisáceo. En el envés de las hojas, las venas y venillas dentro de las lesiones se necrosan formando bandas negras que emergen de las manchas. Estas manchas crecen, causando añublo foliar; el hongo invade la hoja infectada y luego el pecíolo, los cuales toman una coloración marrón oscura al necrosarse. Las hojas se marchitan y luego caen, produciéndose severa defoliación cuando la variedad o cultivar es susceptible. Estos cultivares pueden presentar muerte descendente durante epifitotias (Foto 8) y aún muerte total de la planta. Los tallos necrosados toman coloración marrón y frecuentemente aparecen cubiertos de picnidios.

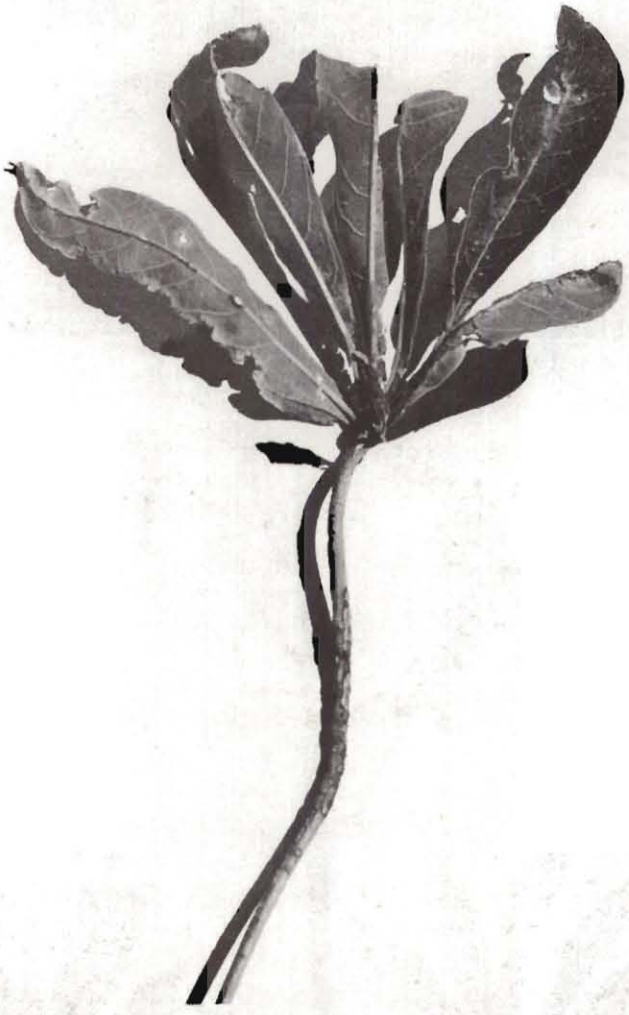
Las observaciones de campo sugieren que las hojas bajeras maduras pueden ser más resistentes que las hojas superiores jóvenes. Sin embargo, se ha observado defoliación total acompañada con muerte descendente parcial o total de cultivares susceptibles. Igualmente, se ha observado que la aparición de la enfermedad está correlacionada con condiciones favorables para la germinación de las esporas del hongo. Se obtuvo un máximo porcentaje de germinación de esporas entre los 20°C y 25°C; por inoculación artificial sólo se logró infección cuando las plantas inoculadas se guardaron por 48 horas a menos de 24°C y con humedad relativa del 100 por ciento (Lozano, inédito). Igualmente, bajo condiciones de campo, la enfermedad se encuentra siempre durante la estación lluviosa y en áreas en las cuales la temperatura es inferior a los 22°C.



Fig. 9. La ceniza de la yuca (Oidium manihotis). Lesiones foliares y de color amarillento, síntomas típicos de la ceniza de la yuca.



Fig. 10. El superalargamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior). Los síntomas generales son: Alargamiento de los cogollos y pecíolos, deformación foliar y presencia de chancros.



(11)

Fig. 11. El superalargamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior). Hoja de yuca mostrando encartuchamiento, lesiones blancas irregulares y chancros sobre las venas principales y pecíolo.

Se desconoce el mecanismo de supervivencia del hongo durante los períodos secos y calientes. Se sugiere (Viegas, 1943b) que el hongo puede producir su estado sexual en el tallo infectado y en desechos foliares, pero esto aún no ha sido observado ni registrado.

Hasta ahora, no existen medidas de control de la enfermedad, a pesar de que ésta causa considerables pérdidas en áreas bajo condiciones ambientales propicias para su desarrollo. Aunque no hay informes sobre resistencia varietal, en Colombia se ha observado resistencia de campo en plantaciones infectadas naturalmente. Los tratamientos químicos durante la estación lluviosa podrían ser igualmente efectivos en aquellas áreas en donde la enfermedad es endémica, pero se desconocen los fungicidas que podrían ser específicos al patógeno.

La ceniza de la yuca

Esta enfermedad fue registrada por primera vez en Africa en 1913 (Saccardo, 1913) y desde entonces, se ha encontrado en América Latina (CIAT, 1972; Viegas, 1943a) y en Asia (Park, 1934). La enfermedad se caracteriza por la presencia de manchas foliares amarillentas e indefinidas en M. esculenta. Aunque se encuentra ampliamente diseminada y ocurre frecuentemente durante la estación seca, la enfermedad es considerada de menor importancia debido a que generalmente sólo ataca las hojas bajeras en las que induce poca necrosis.

El agente causal ha sido llamado Oidium manihotis P. Henn., cuyo estado sexual es Erysiphe manihotis (Ferdinando et al., 1968). El micelio del hongo es blanco y produce numerosos haustorios sobre la epidermis del hospedero. Los conidióforos están en posición erecta; son sencillos y su parte superior aumenta tanto en longitud como en anchura, a medida que se forman las conidias. Las conidias son ovales o cilíndricas, unicelulares, hialinas, miden 12-20 x 20-40 y se producen en cadenas basipetales (Ferdinando et al., 1968; Saccardo, 1913; Viegas, 1943b).

Los primeros síntomas de la enfermedad se caracterizan por la aparición de un micelio blanco que crece sobre la superficie foliar. El hongo penetra en las células del hospedero por medio de haustorios; las células infectadas se vuelven cloróticas formando lesiones amarillentas indefinidas (Foto 9). Dentro de estas zonas amarillentas aparecen con frecuencia áreas necróticas, angulares, de color marrón pálido y de diferentes tamaños. En algunas variedades, la enfermedad se detiene en el estado de lesión amarillenta-indefinida. Estos síntomas se pueden confundir con aquellos inducidos por insectos y ácaros.

Las hojas maduras, plenamente desarrolladas, parecen ser las más susceptibles al ataque del patógeno aunque las hojas jóvenes de algunas variedades también presentan con frecuencia síntomas de la enfermedad. La enfermedad cómunmente aparece durante la estación seca y en las zonas cálidas.

Aunque un control específico de la enfermedad se considera innecesario, observaciones hechas indican que parecen existir variedades resistentes (CIAT, 1972; Lozano y Sarrazín, inédito). Se ha sugerido (Ferdinando

et al., 1968) que la aspersión con compuestos a base de azufre pueden controlar la enfermedad.

El superelongamiento de la yuca

Esta enfermedad ha causado epifitotias recientes en varias regiones de Colombia (CIAT, 1972; Lozano, 1972b; Lozano y Booth, 1973) en donde parece ser endémica. La enfermedad ocurre durante la estación lluviosa; durante los períodos secos su ocurrencia y diseminación disminuyen. La producción de las plantas severamente afectadas se reduce considerablemente.

Se ha encontrado que un hongo, dentro del grupo de los Ascomicetos inferiores (Commonwealth My cological Institute, comunicación privada), es el agente causal de la enfermedad. Este organismo crece bien en un medio artificial que contenga peptona y azúcares, formando colonias tipo levadura. Cada colonia es circular, corrugada, ligeramente hundida en el medio y de consistencia dura. Inicialmente, las colonias son amarillentas pero después de quince días de incubación toman un color marrón oscuro. Estas colonias se forman a partir de una estructura de tipo pro-micelial. Hacia el margen de las colonias es visible un delicado micelio, septado y compuesto por células binucleadas, elongadas o vasiculares. En medio artificial el hongo produce esporas pequeñas binucleadas después de 10 días de incubación a 28°C. Observaciones preliminares sugieren que éstas son blastosporas que pueden multiplicarse por el proceso de gemación (Lozano y Booth, 1973).

Estudios histológicos muestran que, inicialmente el hongo crece sobre la epidermis del hospedero y que después de la penetración crece por entre los espacios intercelulares de la epidermis y de la corteza. No se ha observado infección en los tejidos vasculares o medulares. Después de la infección se forman agregados miceliales en la corteza los cuales presionan y rompen las células epidermales que los rodean, formando un chancro. Las células del hospedero que se encuentran alrededor de estos chancros son en su mayoría anormalmente grandes (Lozano y Booth, 1973).

La enfermedad se reconoce por el elongamiento exagerado de los entrenudos de los tallos jóvenes, los cuales tienen apariencia débil y delgada (Foto 10). Las plantas enfermas son mucho más altas que las sanas; los tallos jóvenes, los pecíolos y las hojas enfermas frecuentemente muestran deformación asociada con la presencia de los chancros. Estos, que tienen forma de lente, se encuentran a lo largo de las venas principales o de otras secundarias de las hojas y pueden estar también presentes en los pecíolos y a lo largo del tallo. Con frecuencia, las hojas jóvenes no se desarrollan plenamente ni la lámina foliar alcanza una expansión completa; las hojas igualmente presentan manchas blancas irregulares (Foto 11). A veces ocurre una necrosis parcial o total en las láminas de las hojas enfermas, lo cual resulta en defoliación considerable. Normalmente, los chancros son de diferente tamaño y tienen forma de lente pero, en los tallos, éstos pueden ser más difusos y tomar la apariencia del daño causado por thrips.

Durante la estación lluviosa la diseminación de la enfermedad es rápida. Parece que esta diseminación ocurre por acción de la lluvia y el viento sobre las esporas del hongo, las cuales son transportadas a partes sanas y susceptibles del hospedero. Parece, igualmente, que una alta humedad relativa es necesaria para la germinación de las esporas y para la infección del susceptivo. Los primeros síntomas, que se caracterizan por la presencia de marcas foliares amarillas, aparecen a los seis u ocho días de la inoculación; los chancros se forman un poco después (2-5 días), pero la elongación sólo ocurre después de los 15-20 días de la inoculación.

Observaciones de campo hechas en más de 200 cultivares de M. esculenta indican que existen muy buenas fuentes de resistencia a esta enfermedad. Estudios preliminares con varios productos químicos también parecen prometedores. En México (Normanha, comunicación personal) se ha encontrado una enfermedad similar; produce elongamiento del tallo, manchas foliares y pústulas en los tallos, en los pecíolos y en las venas principales.

La antracnosis de la yuca (Wither-tip)

Aunque se le conoce desde hace mucho tiempo en muchos países (Affran, 1968; Bouriquet, 1946; CIAT, 1972; Doku, 1969; Vanderweyen, 1962), se le ha considerado de menor importancia. Se caracteriza por la presencia de manchas foliares hundidas, de 10 mm de diámetro, similares a las causadas por C. henningsii, pero éstas aparecen hacia la base de las hojas causando, posteriormente, la muerte total de las mismas. El patógeno ataca también los tallos tiernos causando marchitez, y los tallos maduros induciendo chancros (Irvine, 1969; Vanderweyen, 1962). Las hojas nuevas, producidas al comienzo de la estación lluviosa, son las más susceptibles. La enfermedad tiende a desaparecer cuando comienza la estación seca (Doku, 1969; Irvine, 1969). Esto concuerda con resultados obtenidos por inoculaciones artificiales con suspensión acuosa de esporas del patógeno. La inoculación tiene éxito si la incubación se hace a 100 por ciento de humedad relativa durante 60 horas y el hongo deja de invadir el tejido del susceptivo cuando la humedad relativa baja del 70 por ciento (CIAT, 1972; Lozano, sin publicar).

El organismo causal de esta enfermedad ha sido denominado Glomerella manihotis Chev., Colletotrichum manihotis Henn. (Vanderweyen, 1962). Gloesporium manihotis (Bouriquet, 1946) y Glomerella cingulata (Irvine, 1969). Es posible que todos estos nombres se refieran a una misma especie causal pero esta posibilidad no se ha confirmado.

Recientemente, en Nigeria (IITA, 1972) se registró una antracnosis del tallo causada por un Colletotrichum sp. La porción verde de los tallos presentaba depresiones ovales, poco profundas, de color marrón pálido, con un punto de tejido verde normal en el centro. En la porción leñosa de los tallos las lesiones eran redondas, abultadas y en bandas, formando sobre la epidermis y corteza chancros profundos que a veces deformaban el tallo. Su importancia se desconoce pero su prevalencia, ocurrencia y diseminación es considerable.

La roya de la yuca

Registrada en Brasil y Colombia (Amaral, 1942a; Normanha, 1970; Lozano, sin publicar), aparece al final de los períodos secos causando a veces un tipo de superbrotamiento en el ápice de los tallos (Normanha, 1970). Lozano (inédito) ha observado pústulas en las hojas, en los pecíolos y en los tallos jóvenes en áreas yuqueras altas y frías de Colombia, pero Normanha (1970) afirma que la enfermedad sólo es seria en el nordeste brasilero, durante la estación cálida y seca.

B. Pudriciones del tallo

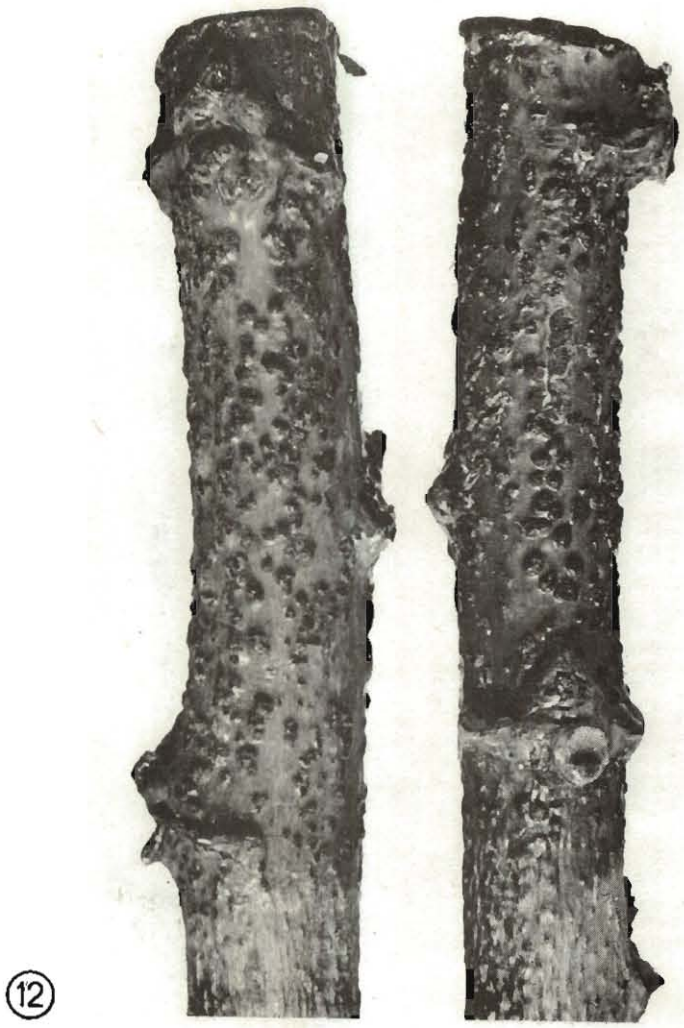
Como en muchas áreas yuqueras no existe la posibilidad de la siembra continua de yuca, es necesario el almacenamiento de tallos para propagación posterior. En tallos almacenados se han observado tres enfermedades que inducen necrosis (CIAT, 1972). En el CIAT, estas enfermedades reducen la viabilidad de la "semilla" de manera considerable, directa e indirectamente aumentando la deshidratación de las estacas y causando necrosis (Wholey, comunicación privada). Cerca del 18 por ciento del material de propagación, que inicialmente parecía sano, se descartó por ataque de patógenos después de 50 días de almacenamiento en condiciones ambientales controladas. Con el fin de reducir la deshidratación, Wholey sumergió las estacas en parafina, pero el proceso aumentó considerablemente la incidencia de patógenos.

Aunque se han reconocido tres agentes causales diferentes, las enfermedades inducidas por éstos no se diferencian claramente en la mayoría de los casos. Macroscópicamente, estas enfermedades pueden parecer similares, particularmente durante sus primeras etapas de desarrollo. Además, es posible que se halle presente más de un organismo causante del síndrome total.

Necrosamiento del tallo debido a Glomerella sp.

Esta enfermedad es la más común de las que inducen pudriciones o necrosamiento en las estacas de yuca almacenadas. Este agente causal ataca igualmente los desechos de tallos viejos que se dejan en las plantaciones de yuca. El necrosamiento de tallos almacenados aparece primero hacia las puntas y progresan gradualmente hacia el centro, para luego diseminarse a todas las estacas. La enfermedad se presenta como una decoloración negra de los haces vasculares; posteriormente, se desarrollan ampollas superficiales que más tarde rompen la epidermis, exponiendo grupos negros de peritecios en un estroma bien desarrollado (Foto 12).

El organismo causal parece pertenecer a Glomerella cingulata (Stonem.) Spaud. Schrenk (Commonwealth Mycological Institute, comunicación privada). Las ascosporas son hialinas, unicelulares y ligeramente curvas. Se cree que la infección ocurre a través de heridas y es favorecida por una alta humedad relativa ambiental.



(12)

Fig. 12. Pudrición del tallo inducida por Glomerella (Glomerella cingulata). Trozos de tallos que muestran ampollas eruptivas que son grupos de peritecios negros.

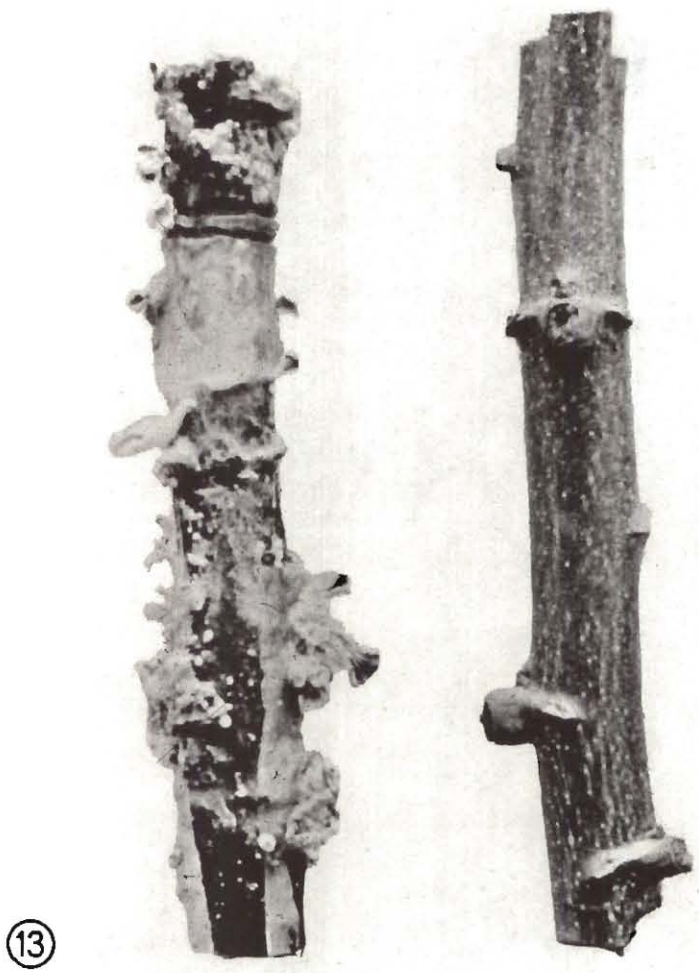


Fig. 13. **Pudriciones del tallo (inducidos por un Basidiomiceto aún no identificado). Trozo de tallo que muestra baidiocarpos típicos; el trozo no infectado es el testigo.**

La relación entre este hongo y Colletotrichum sp., causante de la antracnosis en la yuca, no ha sido determinada todavía. Existe la posibilidad de que la aparición de dos tipos de síntomas se deba a dos estados diferentes del mismo organismo.

Necrosamiento del tallo causado por Botryodiplodia sp.

Se ha encontrado que esta enfermedad ataca el material de propagación de yuca durante el almacenamiento y desechos de tallos que se dejan en el campo; su ocurrencia no es tan común como los ataques de Glomerella sp. La enfermedad se caracteriza por una decoloración negra y por necrosis de los haces vasculares que se extiende desde las heridas del tallo, sitio de infección. En la epidermis aparecen ampollas, bajo las cuales los tejidos internos del tallo se decoloran presentando apariencia negra o marrón oscuro. Las ampollas se rompen mostrando masas de picnidios negros, confluentes.

El agente causal de la enfermedad ha sido identificado como Botryodiplodia theobromae Pat. (Commonwealth Mycological Institute, comunicación privada). Tanto en el hospedero como en cultivo artificial, este organismo produce picnidios erupentes, confluentes, estromáticos y ostiolados. Los conidióforos son cortos y simples que producen conidias oscuras de dos celdas y ligeramente elongadas al alcanzar la madurez. Se cree que la infección ocurre a través de heridas y es favorecida por alta humedad relativa ambiental.

Otros tipos de necrosamiento en el tallo

Otro tipo de necrosamiento en el tallo es causado por un basidio miceto aún no identificado. Esta enfermedad, aunque relativamente poco común, ha sido observada en trozos de tallos viejos, maduros y jóvenes, tanto en el campo como en cuartos para almacenamiento. Los trozos de tallos infectados se necrosan mostrando una ligera decoloración marrón, en la que a veces se puede observar un micelio blanco en la epidermis. Durante períodos de alta humedad relativa emergen de la epidermis de las estacas severamente infectadas pequeños basidiocarpos blancos, en forma de taza (Foto 13).

La falta casi absoluta de información sobre enfermedades en los tallos de yuca hace imperativa la necesidad de investigaciones relacionadas con aspectos etiológicos de los organismos causales, al igual que estudios epidemiológicos y de control de estas enfermedades. En la sección relacionada con las pudriciones radicales se mencionan otros patógenos que atacan el sistema leñoso de la planta. Estos infectan comúnmente la base del tallo pudiendo causar muerte de la planta o pérdidas durante el almacenamiento de cangres.

En general, la presencia de las pudriciones en el tallo parece ser favorecida por una alta humedad relativa y la infección probablemente ocurre a través de heridas en el tallo. Se sugiere que el material de propagación sea manejado y seleccionado cuidadosamente antes y después del almacenamiento. Se deben sembrar sólo aquellos cangres con yemas

viables. Aunque no existe información sobre el uso de fungicidas, actualmente en el CIAT se está investigando sobre este aspecto con el fin de minimizar la incidencia de estas enfermedades.

C. Pudriciones radicales

Las pudriciones radicales en yuca son importantes en áreas con suelos mal drenados o en donde ocurren excesivos períodos de lluvia. Muchos microorganismos son capaces de inducir pudriciones radicales no sólo en plantas jóvenes de yuca, durante las primeras etapas de crecimiento, sino también en raíces de almacenamiento de plantas maduras. Aunque se han registrado varias enfermedades radicales, muy poca información existe al respecto. Además, los síntomas descritos no son bien definidos. Generalmente, la infección en las plantas jóvenes causa la muerte de las mismas a la germinación o poco después de ella. La infección en plantas ya maduras (mayores de cuatro meses) puede resultar en marchitez parcial o total por consecuencia de pudrición radical que puede ser suave o seca. Generalmente, después de la invasión de uno o varios patógenos primarios, las raíces infectadas pueden ser invadidas por un amplio espectro de microorganismos, generalmente saprófitos o parásitos débiles, capaces de degradar los tejidos radicales y que enmascaran la identidad del agente causal primario haciendo aparecer las pudriciones radicales con el mismo síndrome. Algunas de estas enfermedades ocurren con frecuencia cuando la plantación de yuca se establece inmediatamente después de cultivos leñosos, como el café, o de florestas (selva). Generalmente, estos suelos se encuentran infestados de patógenos que atacan cultivos leñosos, como la yuca. Estos patógenos pueden ser hongos o bacterias que pueden causar deterioro radical durante el cultivo, o también después de la cosecha y durante el almacenamiento de las raíces.

Las medidas de control para estas enfermedades son similares, siendo las mejores por medio de prácticas culturales tales como buen drenaje, selección de suelos contextura suelta, rotación, cosecha precoz y la no utilización de suelos que se inunden. Los tratamientos con fungicidas pueden ayudar al establecimiento de la plantación para evitar pudriciones radicales durante los primeros meses del cultivo. En unos pocos casos se ha informado sobre la existencia de variedades resistentes (Castaño, 1953; Drummond y Goncalvo, 1946; 1957; Fassi, 1957; Muller y Carneiro, 1970).

Pudrición radical inducida por Phytophthora sp.

Esta enfermedad se ha encontrado en Africa (Fassi, 1957) y en América tropical (Muller y Carneiro, 1970; Vanderweyen, 1962),causando pérdidas en el rendimiento que llegan hasta el 80 por ciento de la producción total. El patógeno ataca las plantas jóvenes o maduras, especialmente cuando están cerca a zanjas de drenaje, causando marchitez repentina de la planta y severa pudrición suave en las raíces. Inicialmente, las raíces jóvenes infectadas presentan manchas acuosas que se extienden y luego adquieren una coloración marrón (Foto 14). Las raíces infectadas frecuentemente exudan un líquido de olor repugnante y luego se deterioran completamente en el suelo (Foto 15).

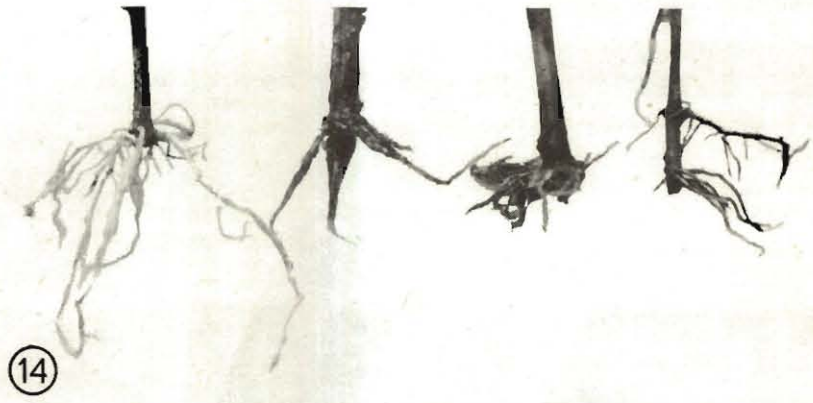


Fig. 14. Pudrición radical inducida por Phytophtora (Phytophtora drechsleri). Pudrición radical en plántulas comparadas con un testigo no inoculado.



Fig. 15. Pudrición radical inducida por Phytophtora (Phytophtora drechsleri). Pudrición y deterioro radical total en una planta de yuca adulta.



Fig. 16. Pudrición radical inducida por Rosellinia (Rosellinia necatrix)

Se han identificado tres especies de Phytophthora como causantes de esta enfermedad en la yuca: P. drechsleri Tucker en Brasil (Muller y Carneiro, 1970) y en Colombia (CIAT, 1972; Oliveros, Lozano y Booth, sin publicar) y P erythoseptica Pethyb. y P cryptogea Pethyb. y Laff. en Africa tropical (Fassi, 1957; Vanderweyen, 1962). Estos hongos son bien conocidos pues causan también pudriciones radicales en otras especies de plantas cultivadas.

La pudrición algodonosa de la yuca

Es la enfermedad radical más seria del cultivo y la más prevalente en Africa, en donde su aparición se toma como indicio de la madurez del cultivo. Aunque esta enfermedad es conocida en la América Latina, en la actualidad no tiene mayor importancia. La enfermedad se reconoce por la presencia de una masa del micelio blanco bajo la corteza de las raíces gruesas y por la presencia de hilos miceliales blancos, como fibras de algodón, que cubren parte o toda la epidermis de las raíces infectadas, hasta la base del tallo. Internamente, los tejidos infectados parecen deshidratados y emiten un olor característico a madera en descomposición. Las plantas jóvenes pueden llegar a infectarse y a veces sufren marchitez repentina, defoliación y necrosamiento radical.

El organismo causal de la enfermedad es Fomes lignosus (Klot.) Bres. (Affran, 1968; Doku, 1969; Jennings, 1970; IITA, 1972; Vanderweyen, 1962).

Pudrición radical inducida por Rosellinia sp.

Se ha registrado en muchas regiones yuqueras con suelos pesados, mal drenados, con un alto contenido de materia orgánica, y en plantaciones de yuca posteriores a cultivos forestales o especies leñoso-perennes (Castaño, 1953: Drummond y Goncalves, 1957; Viegas, 1955). A la enfermedad se le ha llamado también "pudrición negra" a causa del característico color negro de los tejidos infectados y de los chancros radicales. Inicialmente, la epidermis radical se cubre de rizomorfos blancos que más tarde tornan a negro. Internamente, los tejidos infectados de las raíces gruesas se decoloran ligeramente y exudan líquido al comprimirse. Los haces miceliales negros penetran en los tejidos, en los cuales crecen formando pequeñas cavidades que contienen micelio blancuzco (Foto 16). Las raíces infectadas tienen un olor característico a madera en descomposición. La enfermedad no ha sido registrada en plantas jóvenes, pero se sugiere el evitar la selección de material de propagación procedente de plantaciones infectadas.

Rosellinia necatrix (Hartig.) Berl., que es el estado peritecial de Dematophora necatrix, es el agente causal de esta enfermedad (Castaño, 1953; Viegas, 1955). Este hongo induce pudriciones radicales en otras plantas leñosas y herbáceas (Alexopoulus, 1962; Castaño, 1953; Viegas, 1955) y está ampliamente descrito en la literatura. Sin embargo, hay muy poca información sobre la epidemiología del hongo en la yuca; en general, se cree que su estado sexual ocurre muy rara vez (Alexopoulus, 1962; Castaño, 1953).

Pudrición radical inducida por Sclerotium

Esta enfermedad se observa comúnmente en estacas jóvenes y en raíces maduras como una cubierta algodonosa cubriendo la parte afectada. Se ha registrado sólo en la América Latina (CIAT, 1972; Ferdinando et al., 1968 Martin, 1970; Viegas, 1943a; 1943b). El micelio blanco, que se encuentra en las raíces infectadas o hacia la base de los tallos, está también diseminado en el suelo. Este micelio puede, en ocasiones, penetrar en las raíces a través de heridas causando la pudrición subsecuente (Booth, inédito). Aunque rara vez es letal a las plantas jóvenes, este hongo puede causar un porcentaje considerable de necrosamiento radical en una misma planta.

La enfermedad es causada por Sclerotium rolfsii Sacc., organismo que es común en el suelo pero débil como patógeno; tiene un micelio blanco, de apariencia algodonosa, y forma numerosos esclerocios redondos producidos característicamente en el hospedero o en cultivos de laboratorio.

Otras pudriciones radicales

Existen otras especies fungosas que pueden inducir pudriciones radicales en plantas de yuca a diferentes estados de crecimiento, pero hay muy poca información disponible sobre estas enfermedades y su importancia. Se ha informado que el hongo Armillariella mellea Vahl. está asociado con la pudrición de la base del tallo y de la raíz de plantas maduras (Arraudeau, 1967; CIAT, 1972; Vanderweyen, 1962). Otros hongos que pueden causar pudriciones radicales en la yuca son Pheolus manihotis (Heim, 1931), Lasiodiplodia theobromae Griff. et Mubl. (Vanderweyen, 1962), Pythium sp., Fusarium sp. (CIAT, 1972), Clitocybe tabescens (Arraudau, 1967) y Sphaceloma manihoticola B. et Jenkins (Bitancourt y Jenkins, 1950), Rhizopus spp. (Majumder et al., 1956), Rhizoctonia sp. (Goncalves y Franco, 1941) y Aspergillus spp. (Clerk y Caurie, 1968).

Algunas especies bacteriales pertenecientes a Bacillus, Erwinia y Corynebacterium se consideran también como causantes de pudriciones suaves y/o fermentaciones en raíces gruesas de yuca (Akinrele, 1964; Averre, 1967; Collard, 1963). Los síntomas de estas pudriciones suaves son similares y frecuentemente van acompañadas de fermentaciones. Se cree que estos organismos penetran dentro de las raíces a través de heridas producidas por el hombre durante las operaciones de cultivo, por animales, por insectos o por hongos y están, con frecuencia, acompañados de otros microorganismos saprofíticos que pueden ayudar al deterioro.

Las especies bacteriales patógenas pertenecientes al género (Bacillus forman esporas en la mayoría de los medios de cultivo que contienen azúcar. Las especies pertenecientes a Erwinia pueden aislarse y distinguirse empleando el medio de Kado y Heskett (1970), o bien por la capacidad para producir pectinasas lo cual se determina por el uso de un medio con polipectato de sodio y por la presencia de flagelos peritricos. Corynebacterium spp. puede también ser aislado y distinguido empleando medios selectivos (Kado y Heskett, 1970), por el pleomorfismo celular y por su reacción Grampositiva.

El agente causal del añublo bacterial también puede inducir necrosamiento, decoloración y pudrición seca en los tejidos vasculares de las raíces infectadas (Lozano, 1973; Lozano y Sequeira, 1973b).

La pudrición del "corazón" de la yuca

Es un trastorno fisiológico que causa daños en las raíces gruesas en Africa Tropical (Averre, 1967, Barat et al., 1959). Ocurre en suelos húmedos y mal drenados en los que presenta una necrosis interna seca que se extiende irregularmente del centro a los tejidos corticales. Este trastorno se observa sólo en un 10-20 por ciento de las raíces de una planta infectada y se cree que las raíces de mayor tamaño y espesor son las susceptibles

Aunque se desconoce si el rápido deterioro de las raíces de yuca después de la cosecha es el resultado de efectos fisiológicos o patológicos, o de una combinación de los dos, se han aislado numerosos microorganismos de las raíces deterioradas. Además, se sabe que varios de estos organismos causan decoloración y pudrición. La literatura relacionada con el deterioro de las raíces de yuca durante el almacenamiento ha sido revisada por Ingram y Humphries (1972). Booth (1972; 1973a; 1973b) describe la importancia del daño mecánico en el deterioro de las raíces, el cual puede ser controlado por medio del curado en silos subterráneos.

RESUMEN

En general, existe un conocimiento limitado sobre las muchas enfermedades que atacan a la yuca y que reducen los rendimientos, aunque se sabe que sí producen pérdidas considerables. Todo intento de máxima utilización de este importante cultivo alimenticio hace necesario el conocimiento del mismo por la intensificación de la investigación, en todos los aspectos relacionados con producción y utilización de la yuca. El énfasis que se dé a la importancia en la reducción de las pérdidas causadas por patógenos fungosos, bacteriales y virales, nunca puede ser excesivo debido a que éstas alcanzan siempre a ser considerables. Sin embargo, exceptuando la literatura existente sobre el control del añublo bacterial, se carece en la actualidad de información sobre métodos para controlar muchas enfermedades de la yuca. En numerosos casos se ha comprobado la existencia de cultivares resistentes pero éstos no han sido confirmados ni descritos con precisión bajo condiciones controladas. En algunos casos, la resistencia a la enfermedad puede encontrarse en cultivares agronómicamente aceptables, pero en otros se necesita trasladar esta resistencia por mejoramiento genético a cultivares primisorios. Para ello se requiere una investigación extensa con el fin de evaluar las reacciones del hospedero y del respectivo patógeno, para determinar en esa forma las fuentes de resistencia.

Esta información valiosa la pueden emplear los fitomejoradores y agrónomos al hacer la selección de cultivares y de material genético para producir clones, híbridos o variedades mejoradas. Se deben investigar otros sistemas de control de enfermedades en yuca, específicamente en aquellos casos en que la resistencia varietal no es aplicable o que su intento no resultare económicamente factible.

REFERENCIAS

Affran, D.K. 1968. Cassava and its economic importance. Ghana Farmer 12: 172-8

Akinrele, I.A. 1964. Fermentation of cassava. Journal of the Science of Food and Agriculture 15: 589-594.

Alexopoulos, C.J. 1962. Introductory mycology. 613 pp. John Wiley & Sons Inc. Nueva York y Londres.

Amaral, J.F. do 1942a. Ferrugen (Uromyces) da mandioca. O Biológico 8: 148.

Amaral, J.F. do 1942b. Estudo do organismo causador de bacteriose da mandioca. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo 13: 129-126.

Amaral, J. F. do 1945. Doencas vasculares das plantas causadas por bacterias. O Biológico, São Paulo 11: 250-53.

Amaral, J. F. do y Vasconcellos, L.G. 1945. Novos estudos do agentes etiológico da bacteriose da mandioca, Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo 10:361-8

Arraudeau, M. 1967. Cassava in the Malagasy Republic. En: Proceedings of the First International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops; Trinidad, 1967. 1 (3): 180-84.

Averre, C.W. 1967. Vascular spreading of stored cassava roots. Proceedings of the First International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops; Trinidad, 1967. 1 (4): 31-5.

Barat, H., Dadant, R., Baudin, P. y Fritz, J. 1959. La pourriture du coeur du manioc. Bulletin Docliclut de Recherches Agronomique de Madagascar 3: 79-80.

Beck, B.D.A. 1971. The breeding goals in a cassava breeding program in West Africa. The Ford Foundation. Lagos, Nigeria, 5 pp.

Bergey, D.H. 1948. Manual of Determinative Bacteriology. The Williams & Wilkins Co. Baltimore, 6th ed. 1529 pp.

Bergey, D. H. 1957. Manual of Determinative Bacteriology. The Williams & Wilkins Co. Baltimore, 7th ed. 1094 pp.

Bitancourt, A.A. y Jenkins, A.E. 1950. Sphaceloma manihoticola sp. nov. arquivos do Instituto Biológico, Sao Paulo 20: 15-16.

Bondar, G. 1912. Una nova molestia bacteriana das hastes da mandioca. Chacaras e quintaes 5: 15-18.

Bondar, G. 1915. Molestia bacteriana da mandioca. Boletin de Agricultura, São Paulo 16: 513-24.

Booth, R.H. 1972. Cassava production systems: Fresh Root Storage. Informe Anual del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1972. pp. 74-8.

Booth, R. H. 1973a. Control of deterioration of tropical root crops. Trabajo presentado en el 2nd International Congress of Plant Pathology. Minneapolis. Septiembre 1973.

Booth, R.H. 1973b. The storage of fresh cassava roots. Proceedings of the Third International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. Ibadan, Nigeria, Diciembre 1973 (en prensa).

Bouriquet, G. 1946. Les maladies du manioc a Madagascar. Bulletin Economique de Madagascar, Tananarive 65: 198-237.

Burkholder, W. H. 1942. Three bacterial plant pathogens: Phytomonas caryophlli sp. n., Phytomonas alliicola sp. n., y Phytomonas manihotis (Arthaud-Berthet et Bondar) Viegas. Phytopathology 32: 146-8.

Cardin, P. 1910. Insectos y enfermedades de la yuca en Cuba. Boletín Estación Experimental Agronómica de Cuba 20: 1-28.

Carneiro, J.G. 1940. Doenca bacteriana da madioca. Notas e Informacões. P. Portaria do Ministerio da Agricultura, São Paulo 573:447.

Castaño, J.J. 1953. La llaga negra o podredumbre negra radicular de la yuca Agricultura Tropical, Bogotá 8: 21-9

Castaño, J. J. 1969. Mancha foliar de Cercospora caribae en yuca (Manihot utilissima Pohl.) en la región de Barbosa (Antioquia). Agricultura Tropical, Bogotá 25: 327-9.

Chant, S.R. 1958. Studies on the transmission of cassava mosaic virus by Bemisia sp. (Aleyrodidae). Annals of Applied Biology 46: 210-15

Chant, S.R. 1959. A note on the inactivitation of mosaic virus in cassava (Manihot utilissima pohl.) by heat treatment. Empire Journal of Experimental Agriculture 27: 55-8.

Chevaugeon, J. 1956. Les maladies cryptogamique du mandioc en Afrique Occidentale. Encyclopédie mycologique 28: 1-205.

Chupp, C. 1953. A monograph of Cercospora. Cornell University. Ithaca, N.Y., pp. 667.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1971. CIAT informe Anual 1971. CIAT, Cali, 120 pp.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1972. CIAT informe Anual 1972. CIAT, Cali, 192 pp.

Ciferri, R. 1933. Le malattie della manioca (Manihot esculenta Crantz) in Santo Domingo. II. La malattia della manchie fogliari circolari (Helminthosporium hispaniolae Cif.). Bolletina della Stazione di Patologia Vegetale di Roma 8: 241-308.

Clerck, G. C. y Caurie, M. 1968. Biochemical changes caused by some Aspergillus species in rrot tubers of cassava (Manihot esculenta Crantz). Tropical Science 10: 149-54

Collard, P. 1963. A specie of Corynebacterium isolated from fermenting cassava roots. Journal of Applied Bacteriology 26: 115-16.

Costa, A.S. 1940a. Observacoes sobre o mosaico comun e mosaico das nervaduras da mandioca (Manihot utilissima Pohl.). Journal de Agronomía, Piracicaba 3: 239-248.

Costa, A.S. 1940b. Regioes infestadas pela bacteriose da mandioca, notas e informacoes. O. Biologico, São Paulo 6: 322.

Costa, A.S. y Kitajima, E.W. 1972a. Cassava common mosaic virus. Commonwealth Mycological Institute/Annals of Applied Biology Descriptions of Plant Viruses No. 90.

Costa, A.S. y Kitajima, E.W. 1972b. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. En Proceedings IDRC/IITA Cassava mosaic workshop, international Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Costa, A.S., Kitajima, E.W., Pereira, S. A., Silva J.R. y Carvalho Díaz, C.A. 1970. Molestias de virus de micoplasma da mandioca no Estado de São Paulo. Boletim Secretaria de Agricultura, Industria e Comercio, São Paulo. 18 pp.

Costa, A.S., y Normanha, E. 1939. Nota sobre o tratamento de manivas de mandioca (Manihot utilissima Pohl.) em água aquecida a diversas temperaturas. Revista de Agricultura, Piracicaba 14: 227-30.

Deslandes, J.A. 1941. Doencas da mandioca no Nordeste. Boletim do Ministerio de Agricultura. Rio de Janeiro 30: 23-41

Doku, E.V. 1965. Breeding for yield in cassava. I. Indices of yield, Ghana Journal of Science 5: 42-59

Doku, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Faculty of Agriculture, Department of Crop Science, Ghana Universities Press, Ghana University.

Dowson, W.J. 1957. Plant diseases due to bacteria. Cambridge University Press. Cambridge, England 2nd ed., 232 pp.

Drummond, O.A. 1946. Doencas da mandioca. Ceres, Minas Gerais 7: 24-33.

Drummond, O.A. y Concalves, R.D. 1946. Podridão das raizes. O Biológico 16: 17-18.

Drummond, O.A. y Goncalves, R.D. 1953. A bacteriose da mandioca guaxupe. O. Biológico, São Paulo 19: 114-17.

Drummond, O.A. y Goncalves, R.D. 1957. Apodrecimiento das hastes e raizes da mandioca. O. Biológico 23: 244-5

Drummond, O.A. e Hipólito, O. 1941. Notas sobre a bacteriose da mandioca. Boletim da Escola Superior de Agricultura, Minas Gerais 4: 86-124.

Dubern, J. 1972. A contribution to the study of african cassava mosaic disease. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Elliot, C. 1951. Manual of bacterial plant pathogens. Chronica Botannica Co. Waltham, Mass. 2nd. ed., 186 pp.

Fassi, B. 1957. Premieres observations sur une pourriture des racines du manioc causée par un Phitophthora. Bulletin d' Information INIAC 6: 313-17

Ferdinando, G., Tokeshi, H., Carvalho, P.C.T., Balmer E., Kimati, H., Cardoso, C.O.N. y Salgado, C.L. 1968. Manual de fitopatologia, Doencas das plantas e seu control. Biblioteca Agronomica, Ceres, São Paulo. 640 pp.

Ghesquiere, J. 1932. Sur la "Mycosphaerellose" des feuilles du manioc. Bulletin of the Institute of the Royal College of Belgium 3: 160-78.

Ghesquiere, J. y Henrard, J. 1924. Sphaeriacae nouvelle de feuilles du manioc au Congo Belge. Revue Zoologique Africaine: Supplement Botanique 12: 530-31.

Golato, C. 1963. Cercospora henningsii sulla manioca in Nigeria. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale 57: 60-6

Golato, C. y Meossi, E. 1966. Una nuova malattis folgiare della manioca in Somalia. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale 60: 182-6.

Ghama, C. y Meossi, E. 1971. Una graves infezione fogliare della manioca in Somalia. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale 65: 21-26

Goncalves, R.D. 1939. A bacteriose da mandioca no vale do Paraiba. Notas e informacoes. O Biológico, São Paulo 5: 117-118.

Goncalves, R. D. 1948. A bacteriose da mandioca. Notas e informacoes. O Biológico, São Paulo 14: 145: 146.

Goncalves, R.D. 1953. A bacteriose da mandioca guaxupe. Notas e Informacoes, O Biológico, São Paulo 19; 114-117.

Goncalves, R.D. y Franco, J. 1941. Rhizotoniose em mandioca e podridão das raizes (Diplodia) em tunque. O Biológico 7: 360-361.

Goncalves, R.D. Normanha, E.S. y Book, O.J. 1942. O superbrotamento ou envassouramento da mandioca. Boletim da Secretaria de Agricultura Industria e Comercio, São Paulo, 8 pp.

Hahn, S.K. 1972. Breeding for resistance to cassava mosaic. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Hansford, C.G. 1938. Annual report of the plant pathologist, Uganda, 1937. Part 2. 49 pp.

Heim, R. 1931. Le Phoeolus manihotis sp. nov., parasite du manioc a Madagascar, et consideration sur le genre Phoeolus Pat. Annales de Cryptogamie Exotique 6: 175-189.

Ingram, J.S., y Humphries, J.R.O. 1972. Cassava Storage - a review. Tropical Science 14 (2): 131-148.

International Institute of Tropical Agriculture (IITA) 1972. Report of Root, Tuber and Vegetable Improvement Program. IITA, Ibadan, Nigeria. 48 pp.

Irvine, F.R. 1969. Cassava (Manihot utilissima) in West African Agriculture 2: West African Crops, Oxford Universtiy Press, London, England. 153-159 pp.

Jennings, D.L. 1960a. Observations on virus diseases of cassava in resistant and susceptible varieties. I. Mosaic, disease. Empire Journal of Experimental Agriculture 28: 23-34.

Jennings, D.L. 1960b. Observations on virus of cassava in resistant and susceptible varieties. II Brown-streak disease. Empire Journal of Experimental Agriculture 28: 261-70.

Jennings, D.L. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abstracts 23: 271-7.

Jennings, D.L. 1972. Breeding for resistance to cassava virus in East Africa. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Kado, C.I., y Heskett, M.G. 1970. Selective media for isolation of Agro-bacterium, Corynebacterium, Erwinia, Pseudomonas y Xantomonas. Phytopathology 60: 969-76.

Kelman, A. 1953. The bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum.

A literature review and bibliography. Technical Bulletin of the North Carolina Agricultural Experimental Station 99: 1-194.

Kitajima, E.W., y Costa, A.S. 1964. Elongated particles found associated with cassava brown-streak. East African Agricultural Journal 30: 28-30.

Kitajima E.W., y Costa, A.S. 1966a. Microscopia electrônica de tecidos foliares de mandioca infectados pelo virus do mosaico comun da mandioca. Bragantia 25: 23-8.

Kitajima, E. W. y Costa, A.S. 1966b. Particulas esferoidais associadas do virus do mosaico das nervaduras da mandioca. Bragantia 25: 211-22

Kitajima, E.W. y Costa, A.S. 1971. Corpúsculos do tipo micoplasma associados a diversas molestias das plantas, do grupo amarelo, no Estado de Sao Paulo, Ciência e Cultura 23: 285-91.

Kitajima, E.W. Normanha, E.S., y Costa, O.S. 1972. Corpusculos do tipo micoplasma associados a un forma de superbrotamento de mandioca, na região de Tapachula, Chiapas, Mexico. Ciencia e Cultura 24: 852-4

Kitajima, E.W. Wetter, C., Oliveira, A.R., Silva, D.W., y Costa, A.S. 1965. Morfologia do virus do mosaico comun da mandioca. Bragantia 24: 247-60.

Lefevre, P. 1935. Quelques considerations sur le mosaique du manioc. Bulletin Agricola du Congo Belge 26: 442-7.

Lister, R.M. 1959. Mechanical transmission of cassava brown-streak virus. Nature, London, England 183: 1588-9.

Lozano, J.C. 1972a. Bacterial blight of cassava (Manihot esculenta Crantz) in Colombia: Etiology, epidemiology, and control. Ph. D. Thesis, Universtiy of Winsconsin, Madison. 114 pp.

Lozano, J.C. 1972b. Status of virus and mycoplasma-like disease of cassava. En: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Nigeria, 1972. 48 pp.

Lozano, J.C. 1973. Bacterial blight of cassava in Central and South America: Etiology epidemiology and control. En: Proceedings of the 3rd. Int. Symp. of Trop. Root and Tuber Crops, Ibadan, Nigeria, 1973 (en prensa).

Lozano, J.C., y Booth, R.H. 1973. The superelongation disease of cassava. En: Proceedings of the Third International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops, Ibadan, Nigeria, 1972 (en prensa).

Lozano, J. C., y Sequeira, L. 1974a. Bacterial blight of cassava in Colombia: I. Etiology. Phytopathology 64: 74-82 (en prensa).

Lozano, J.C., y Sequeira, L. 1974b. Bacterial blight of cassava in Colombia: II. Epidemiology and Control. Phytopathology 64: 83-88.

Lozano, J.C., y Wholey, O. 1974. A technique for the production of a bacterial-free planting stock of cassava. World Crops 26 (1) (en prensa).

Majunder, S.K. Pingale, S.Y., Swaminathan, M., y Subrahmanyan, V. 1956. Control of spoilage in fresh tapioca tubers. Bulletin Central Food Technological Research Institute, Mysore 5: 108-9.

Martin, F.W. 1970. Cassava in the world of tomorrow. En: Proceedings Second International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops, Hawaii, 1970. pp. 53-82.

Menon, M.R., y Raychaudhuri, S.P. 1970. Cucumber: A herbaceous host of cassava mosaic virus. Plant Disease Report 54: 34-5.

Muller, M.F., y De carneiro, F.A. 1970. Podridão mole das raizes da mandioca (Manihot esculenta). Boletin Técnico do Instituto de Pesquisas Agropecuarias Brasileiras 5: 389:93.

Nichols, R.F.W. 1950. The brown-streak disease of cassava. Distribution, climatic effects and diagnostic symptoms. East African Agricultural Journal 15: 154-50.

Normanha, S.E. 1970. General aspects of cassava root production in Brazil. En: Proceedings Second International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, Hawaii, 1970. pp. 61-3.

Normanha, S.E., y Pereira, A. S. 1964. Cultura da mandioca. Boletim Instituto Agronômico, Campinas, Brasil 124: 1-7.

Normanha, S.E., Boock, O.J., y de Castro, J.B. 1946. Observacões de campo como contribuicão do estudo do superbrotamento ou envassouramento da mandioca. Revista de Agricultura, Piracicaba 21: 271-302.

Orjuela, J. 1965. Indice de enfermedades de plantas cultivadas en Colombia. Boletín Técnico, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia 11: 1-66

Park, M. 1934. Report of the work of the mycological division. Ceylon Administration Reports: Reports of the Director of Agriculture, 1933. pp. 125-33.

Pereira, A.L.G., y Zagatto, A.G. 1967. Etiology of angular leaf spot of cassava (Manihot utilissima). Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, Brasil 34: 153-60.

Powell, P.W. 1968. The cercorpora leaf spots of cassava. University of Cornell, Ithaca, New York, 10 pp.

Powell, P.W. 1972. The cercospora leaf spots of cassava. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter 6: 10-14.

Reinking, O.A. 1919. Philippines plant disease. Phytopathology 9: 114-140.

Saccardo, P. A. 1931. Sylloge fungorum. Vol. 25, p. 36,773.

Saccardo, P. A. 1913. Sylloge fungorum. Vol. 22. p. 1250.

Silberschmidt, K., y Campos, A.R. 1944. Estudos relativos a doenca do superbrotamento ou envassouramento da mandioca. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, Brasil 15: 1-26.

Silva, D.M. 1962. Obtencao de antissoro contra o virus do mosaico da mandioca. Bragantia 21: 49-52.

Spegazzini, C. 1913. Mycetes argentinences. Annales del Museo Nacional de Buenos Aires 24: 167-86.

Springensguth, W. 1940. Die Kultur des manioks, seine brankheiten und schadlinge im litoral des Staates Sta. Catharina (Brasilien). Tropenpflanzer 43: 286-306.

Starr, M.P. 1946. The nutrition of phytopathogenic bacteria. I. Minimal nutritive requirements of the genus Xanthomonas. Journal of Bacteriology 51: 131-43.

Storey, H. H. 1936. Virus diseases of East African plants. VI. East African Agricultural Journal 2: 34.

Storey, H. H. y Nichols, R. F.W. 1938. Studies on the mosaic disease of cassava. Annals of Applied Biology 25: 790-806.

Sydow, H.P. 1901. Mycosphaerella manihotis Syd. n. sp. Fungi novi brasilienses. Bulletin de I'Herbier Boissier 1: 78.

Sydow, H.P. 1913. Enumeration of Philippine fungi, with notes and description of new species. I. Micromycetes. Philippines Journal of Science 8: 165-85.

Umanah, E.E. 1970. Identification and cultivation of currently recommended improved cassava varieties. Memo of the Federal Department of Agricultural Research. Ibadan, Nigeria 93: 1-18.

Vanderweyen, A. 1962. Maladies cryptogamiques. En: Précis des maladies et des insecies nuisibles sur les plantes cultivées au Congo au Rwanda et au Burundi. Institut National pour I'Etude Agronomique du Congo, Brussels. Septieme partie, pp. 471-480.

Viegas, A.P. 1940. Mofo dos afideos e alerirodideos. Revista de Agricultura, Piracicaba 15: 475-85.

Viegas, A.P. 1941. Manchas das folhas da mandioca producidas por cercosporas. Bragantia 1: 233-48.

Viegas, A.P. 1943a. Alguns fungos da mandioca. I. Bragantia 3: 1-19.

Viegas, A. P. 1943b. Alguns fungos da mandioca. II. Bragantia 3: 20-9.

Viegas, A.P. 1955. A podridão das raizes da mandioca. Revista Agronómica, Porto Alegre, Brasil 17: 202-8.

Viennot-Bourgin, C., y Grimaldi, J. 1950. Les cercospora parasites de manioc. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 30: 138-46.

Vincens, F. 1915. Une maladie cryptogamique de Manihot glaziovii, arbre a caoutchouc du Ceara. Boletin de la Société de la Pathologie Végetale de France 2: 22-5.

Wallace, G.B. 1931. Les maladies du manioc. Tropical Agriculture 8: 198-236.

Wiehe, P. O., y Dowson, W. J. 1953. A bacterial disease of cassava (Manihot utilissima) in Nysaland. Empire Journal of Experimental Agriculture 21: 141-3.

ENFERMEDADES DE LA YUCA Y SU CONTROL

J.C. Lozano *
E.R. Terry **

Hasta hace poco la yuca se consideraba resistente a enfermedades y plagas; actualmente es aceptado que las enfermedades pueden causar severas pérdidas y que son económicamente importantes. Se sabe que la yuca es afectada por más de 30 agentes causales de tipo fungal, bacterial, viral o similares a virus y micoplasmal (Lozano y Booth, 1974). Estas enfermedades pueden influír en el establecimiento y en el vigor de la planta, inhibir la eficiencia fitosintética, o causar deterioración antes o después de la cosecha. Algunos agentes causales están mundialmente distribuídos, apareciendo endémicamente en casi todas las plantaciones de yuca (manchas foliares inducidas por Cercospora spp. y Oidium spp.) (Lozano, 1976; Terry, 1975a). Otras están limitadas a áreas geográficas y/o continentes (los agentes causales del añublo bacterial de la yuca, virus americanos y enfermedades micoplasmales) (Lozano, 1972, 1975), posiblemente porque su diseminación principalmente es debida al uso de material de propagación infectado.

La enfermedad del mosaico africano y el virus del rayado marrón están limitadas al Africa (Lozano, 1972; Terry, 1975a); la enfermedad del mosaico asiático a Asia; y la enfermedad del superalargamiento a América(Lozano y Booth, 1974; Lozano, 1972). En el caso de las enfermedades de los mosaicos africanos y asiáticos, parece que sus agentes causales no están presentes en América, aunque el vector (Bemisia sp.) se identificó recientemente en este contienente (Belloti, información personal). Otros patógenos , ampliamente distribuídos, atacan la yuca solamente durante los períodos frescos y lluviosos del año o en plantaciones localizadas en zonas altas (mayores a 1200 m.s.n.m.), en donde las temperaturas son menores de 22°C (Phoma spp., Cercospora caribaea) (Lozano y Booth, 1974; CIAT, 1973; 1974).

Hay otros patógenos cuya incidencia está limitada por las condiciones ambientales, posiblemente porque requieren alta humedad relativa (Cerca al punto de saturación)para su germinación y establecimiento (CIAT, 1973).

Los patógenos de la yuca pueden clasificarse como :

1) Patógenos que atacan el material vegetativo de propagación (porción madura del tallo);
2) Patógenos que atacan principalmente el follaje y las partes verdes del tallo;
3) Patógenos que causan pudriciones radicales que inducen deterioración antes o después de la cosecha.

---

*Fitopatólogo del CIAT
**Fitopatólogo del IITA.

Patógenos de material vegetativo de propagación

La yuca es propagada vegetativamente, sembrando porciones del tallo; consecuentemente, los patógenos se pueden diseminar fácilmente por el movimiento del material de siembra desde áreas infectadas a no infectadas. Estos patógenos pueden causar considerable daño durante el establecimiento del cultivo o en algún período de su ciclo de crecimiento. El daño que pueden causar estos patógenos incluye: 1) reducción en la germinación; 2) "damping off" o muerte de plántulas; 3) disminución del vigor normal de la planta; 4) reducción del número potencial de raíces gruesas, debido a daños iniciales en las raíces. Estos patógenos son principalmente hongos, que atacan tejidos epidermales, corticales y leñosos (Sphaceloma manihoticola, Gloeosporium sp.); y saprófitos o parásitos facultativos (Rosellinia necatrix, Fusarium spp., Armillaria mellea, Sclerotinia sp., Sclerotiun rolfsii, Penicillium spp., Aspergillus spp., etc.), que se encuentran comúnmente en el suelo (Lozano y Booth, 1974).

Otros patógenos que atacan el material de siembra son: 1) bacterias Xanthomonas manihotis, Lozano, 1975; o Erwinia sp., Lozano et al, 1975 y CIAT, 1976); 2) micoplasma, y 3) enfermedades virosas o parecidas a virus (Lozano, 1972; Terry, 1975a). Estos son generalmente patógenos vasculares, localizados en el interior del tallo.

La aparición de estos patógenos en una plantación puede deberse a: 1) el uso de material de siembra tomado de plantaciones infectadas (Lozano, 1972, 1975); 2) el uso de maquinaria o herramientas durante la preparación del suelo y la siembra; y/o 3) suelos infestados.

Medidas de control

De acuerdo a lo anterior, la incidencia de estos patógenos en un país, región o plantación, puede prevenirse mediante las siguientes recomendaciones:

1. La selección cuidadosa de todo material de siembra debe iniciarse escogiendo el área y el cultivo apropiados para colectar el material de propagación.

En el campo se deben seleccionar cuidadosamente las plantas y partes del tallo que se usen para propagación; no es aconsejable introducir material de siembra del Africa o Asia a América, debido a la presencia de la enfermedad del mosaico. Se recomienda también que los cangres no sean tomados de áreas donde se presenta el añublo bacterial de la yuca o la enfermedad del superalargamiento. Se debe evitar el uso de cangres procedentes de plantaciones infectadas con las enfermedades del mosaico común o mosaico de las venas y micoplasmas (IDRC/CIAT, 1975; Lozano, 1976; Terry, 1975a).

Los cangres deben seleccionarse siempre de plantas vigorosas, aparentemente sanas. La eliminación de cualquier sección del tallo con signo sospechoso de enfermedad, debe hacerse como rutina general.

2. Evitar el daño al material de propagación vegetativo. La germinación y el establecimiento pueden mojarse por la cuidadosa manipulación de los cangres durante los procesos de preparación, empaque, transporte y siembra. El manejo cuidadoso de estos, previene daños a los tejidos del tallo y de las yemas germinales.

Algunos patógenos vasculares de la yuca se diseminan por el uso de herramientas infestadas. Cuando se prepara el material de propagación, antes de su uso se debe desinfestar toda herramienta y maquinaria. Se recomienda para este propósito una solución de formaldehído comercial al 5%.

El tratamiento de la "semilla" con fungicida puede ser de valor potencial. Algunas investigaciones indican que la germinación y el establecimiento del cultivo se pueden incrementar en más del 10%, sumergiendo las estacas de yuca en una solución al 5% de Demosán (1.4 dicloro - 2,5 - dimetoxibenceno), Arasán (Disulfuro de tetrametilthiuram), Agallol (Cloruro de metoxi etil mercurio) o Brassicol 75 (pentacloro nitrobenceno), por 3 á 5 minutos antes de la siembra (CIAT, 1974).

3. La selección y preparación del suelo son factores importantes para el buen éxito del cultivo de la yuca. Suelos pesados, con un alto contenido de materia orgánica, dificultan el drenaje y pueden permanecer inundados por muchas horas después de una lluvia fuerte. Es posible que estos suelos contengan altas poblaciones de organismos que podrían atacar las estacas recién sembradas. El suelo que ha sido usado previamente para cultivos forestales (árboles maderables, arbustos, café, etc) o cultivos perennes (plátano, caña, etc), puede contener poblaciones altas de patógenos que pudren las raíces (Rosellinia necatrix, Armillaria mellea, Fusarium spp., Sclerotium rolfsii, Rhizoctonia sp., Phythium spp., Fomes lignosus, Phytophtora dreschleri, etc), los cuales normalmente atacan las raíces y tallos de yuca y de árboles leñosos (Lozano y Booth, 1974).

Deben realizarse prácticas culturales adecuados para asegurar buena preparación del suelo y drenajes. La siembra sobre caballones es efectiva para prevenir estas enfermedades. Los suelos deben ser bien arados y drenados.

En regiones en donde la precipitación es alta (más de 1.200 mm), la siembra debe hacerse sobre caballones para mejorar el drenaje. Esto facilitaría la cosecha y reduciría los daños durante la misma.

Los cangres para siembra deben ser de buena calidad, con una longitud de 20 cm (aproximadamente). Deberán ser sembrados de tal forma que quede la mitad de la estaca dentro del suelo. Debe suministrarse riego después de la siembra, si las lluvias son escasas.

Patógenos foliares y de las partes verdes del tallo

Muchos hongos (Cercospora sp., Phoma sp., Oidium sp., Colletotrichum gloeosporioides, Uromyces spp., etc. bacterias (X. manihotis y Erwinia sp.), micoplasmas y agentes virales o similares a virus, atacan las hojas y porciones verdes del tallo o muestran sus síntomas más característicos en estas áreas. El daño inducido por estos agentes causales ocasionan principalmente reducción de la fotosíntesis, con lo cual disminuye la producción y almacenamiento de carbohidratos. La reducción de la fotosíntesis puede ser debida a: 1) manchas foliares (áreas cloróticas o necróticas) inducidas por ciertos agentes como hongos, virus, similares a virus y bacterias; 2) añublo y muerte descendente inducidos por ciertas bacterias y hongos; 3) distorsión y detención del desarrollo foliar producidas por micoplasmas, virus y agentes similares a virus; 4) proliferación de yemas causadas por micoplasma y 5) hipertrofia causada por ciertas variantes de micoplasma (Costa y Kitajima, 1972) y el agente causal del superalargamiento (Lozano y Booth, 1974; Krausz, Lozano y Thurston, 1976).

Muchos patógenos incluídos en este grupo son endémicos en la mayoría de las áreas yuqueras (Lozano y Booth, 1974; Terry, 1975a). La severidad de la enfermedad está relacionada con la susceptibilidad del cultivar y las condiciones climáticas de la zona.

Algunos otros agentes causales (virus y micoplasma) pueden ser diseminados mecánicamente o por el uso del material de siembra enfermo; se han encontrado en ciertas regiones de América, pero con baja incidencia. El añublo bacterial de la yuca, la enfermedad del superalargamiento y la enfermedad del mosaico africano, son también diseminados por material de siembra infectado (Lozano, 1975; Krausz, Lozano y Thurston 1976; CIAT, 1976; Lozano, 1972). Puesto que sus sistemas específicos de diseminación son altamente efectivos, pueden esparcirse repentinamente en una determinada región, país o continente, causando serias epifitotias en un tiempo relativamente corto (Lozano y Sequeira, 1974; Terry, 1975b).

Medidas de control

Las medidas de control para el anterior grupo de agentes causales son:

1. Resistencia varietal. A pesar de que no existen cultivares comerciales resistentes a muchas enfermedades de yuca, se han identificado buenas fuentes de resistencia y se están multiplicando híbridos resistentes en el IITA y el CIAT (IITA, 1973, 1974; CIAT, 1974, 1975).

Se han desarrollado durante varios ciclos de crecimiento genotipos resistentes al añublo bacterial, manchas foliares causadas por Cercospora spp., la enfermedad del superalargamiento y la mancha foliar de anillo causada por Phoma sp. Es de esperarse que en un futuro próximo habrán disponibles líneas con buen rendimiento comercial y resistencia a las enfermedades más importantes.

2. Material de siembra sano. Este es el mejor método de control para prevenir la introducción de agentes causales que atacan los tejidos corticales y vasculares. Estos agentes incluyen virus o enfermedades producidas por organismos similares a virus (virus del mosaico común, virus del mosaico de las venas y la enfermedad del mosaico africano), micoplasma, bacterias (X. manihotis y Erwinia sp.), y hongos epidermales y corticales (Sphaceloma manihoticola, etc).

En el CIAT se han desarrollado métodos para producir material de siembra libre del añublo bacterial (Lozano y Wholey, 1974; Takatsu y Lozano, 1975; Cock, Lozano y Wholey, 1976). Igualmente, se ha registrado el cultivo de tejidos meristemáticos (Kartha y Gamborg, 1975). Ambas técnicas son empleadas para producir material de siembra libre de enfermedades. Podrían ser usadas para suministrar material básico, que luego se multiplicaría por el método de multiplicación rápida desarrollado recientemente por Cock, Wholey y Lozano (1976).

3. Eliminación de plantas enfermas. Los patógenos que se diseminan mecánicamente de plantas enfermas a sanas (Costa y Kitajima, 1972; Lozano, 1972) pueden ser erradicados por la eliminación de las plantas infectadas. En este grupo están comprendidas las enfermedades producidas por el virus del mosaico común, el virus del mosaico de las venas y micoplasmas. Las plantas arrancadas deben ser quemadas. Se sugiere la desinfestación de herramientas con esterilizantes superficiales.

4. Prácticas culturales. A los pocos días de la siembra, el sistema foliar de la yuca proporciona un microclima especial con menor temperatura, alta humedad relativa y baja circulación de aire entre la superficie del suelo y la parte superior de las plantas. La formación de este microclima depende sobre todo de la variedad sembrada (variedades con índice de área foliar bajo o alto) y de la densidad de población. Estas condiciones favorecen la incidencia y severidad de enfermedades fungosas y bacteriales, tales como manchas foliares inducidas por Cercospora spp., el añublo foliar causado por Phoma sp., el añublo bacterial de la yuca, etc. La incidencia y severidad de estos patógenos se reduciría por la selección de variedades con bajo índice de área foliar. La población de plantas y el índice foliar no deben ser altos, pero si lo suficiente como para suministrar un buen control de malezas y un buen rendimiento. Un índice de área foliar de alrededor de 3, es óptimo para la producción de raíces (Cock, comunicación personal, 1975, 1976). La selección del tiempo apropiado para la siembra puede reducir la incidencia de tales enfermedades.

Si se realiza la siembra al comienzo de la estación lluviosa se asegura un buen establecimiento. Durante la estación seca el follaje de las plantas cierra, aproximadamente a los 4 meses de la siembra; bajo estas condiciones ambientales, no se forma microclima favorable para el desarrollo de patógenos.

Patógenos que causan pudriciones radicales

Las raíces de yuca se deterioran con frecuencia antes o después de la cosecha. La deterioración anterior a la cosecha es el resultado del ataque de patógenos del suelo. La deterioración posterior de la cosecha, parece ser una combinación de factores patológicos y/o fisiológicos, generalmente acelerado por los daños mecánicos a las raíces, causados durante las operaciones de cosecha (Booth, 1975).

Pudrición radical anterior a la cosecha

La aparición de pudriciones anteriores de la cosecha es generalmente el resultado del uso de estacas enfermas o de mala calidad. La preparación inadecuada del suelo predispone también a pudriciones radicales antes de la cosecha. Por lo tanto, las recomendaciones mencionadas para la selección y tratamiento a las estacas antes de la siembra y las prácticas culturales sugeridas para la escogencia, preparación y mantenimiento del suelo, se tendrían que seguir estrictamente para prevenir o reducir la incidencia de pudriciones radicales. Se recomienda la rotación de cultivos con cereales (maíz, sorgo, etc) o mantener el lote limpio por un período de 6 meses, cuando los niveles de pudrición sobrepasan el 3%, lo cual es considerado económicamente importante.

Estas prácticas disminuirían el inóculo potencial de los patógenos que causan pudriciones en las raíces; sin embargo, no se ha demostrado el control absoluto de estas enfermedades por estas prácticas culturales. Es posible que se necesiten períodos de rotación más largos para aquellos patógenos que producen estructuras de reposo tales como esclerocios, clamidosporas, rizomorfos, etc. Se ha observado que algunos cultivares son más susceptibles a pudriciones radicales que otros. El desarrollo de cultivares resistentes, podría considerarse para controlar estas enfermedades.

Pudriciones radicales posteriores a la cosecha

Las raíces de yuca no se pueden guardar en estado fresco por mucho tiempo si no se toman ciertas precauciones. Se pueden presentar problemas serios durante el mercadeo y utilización del producto, lo cual causa grandes pérdidas económicas. Se han registrado dos tipos de deterioración (CIAT, 1974, 1975; Booth, 1973): fisiológica y patogénica o una combinación de ambas.

Se sugieren varias medidas de control para reducir la deterioración del producto.

1. El método más sencillo para superar estas dificultades consiste en dejar las raíces en el suelo hasta que sean utilizadas. Una vez cosechadas las raíces se deben usar inmediatamente o secarlas para almacenamiento por períodos largos. Esto requiere un programa de siembra y procesamiento adecuados.

2. Se recomienda utilizar cultivares resistentes a la deterioración; se ha observado que hay cultivares con diferentes grados de deterioración primaria (Montaldo, 1973; Booth, Noon y Kawano, comunicación personal).

3. Para obtener buen resultado en el almacenamiento de la yuca, es importante el estado de las raíces (Booth, 1975). Debe tenerse cuidado durante la cosecha y manipulación para reducir al mínimo los daños; solamente se deben almacenar las raíces menos dañadas.

4. La deterioración puede ser retardada utilizando esterilizantes superficiales y fungicidas (Booth, 1975); refrigeración y parafinado (Singh y Mattur, 1953; IITA, 1973). La aplicabilidad de estas técnicas es limitada, debido a su alto costo y baja eficiencia.

5. Se pueden preservar pocas raíces por varios días utilizando técnicas simples, tales como enterrando las raíces, cubriéndolas con barro y/o colocándolas en agua. Se ha registrado que enterrando las raíces o cubriéndolas con tierra o una mezcla de tierra y paja, da buenos resultados (Ingram y Humphries, 1973). Booth (1975), almacenó raíces hasta por 3 meses en el campo, amontonándolas en forma similar al almacenamiento de papas en Europa. También registró (Booth, 1975) que la yuca se podía almacenar en cajas con aserrín húmedo, a temperatura ambiental. La conclusión de esta investigación indica que las raíces de yuca, como cualquier otra raíz o tubérculos, pueden curarse utilizando humedad relativa alta a temperaturas entre 25 y 40°C.

C O N C L U S I O N E S

Existen pocas medidas económicamente factibles para el control químico de enfermedades de la yuca. Los métodos más prácticos para controlar las enfermedades son: 1) cultivares resistentes; 2) prácticas culturales adecuadas; y 3) material de siembra libre de enfermedades y tratamiento con fungicidas protectores. Hasta el momento los programas de mejoramiento de yuca están encaminados a producir cultivares resistentes a múltiples enfermedades que sean altamente productivos. Esto demoraría algún tiempo. Sinembargo, las anteriores recomendaciones pueden proporcionar un control afectivo a corto plazo, el cual puede lograr que se disminuya al mínimo la incidencia y diseminación de las enfermedades de la yuca.

REFERENCIAS

Booth, R. H. 1973. The storage of fresh cassava roots. In: International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. Ibadan. Proceedings (in press).

Booth, R. H. 1975. Cassava storage. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia, Bulletin EE-16: 18 pp.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 260 pp.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1975 Annual Report 1974. CIAT, Cali, Colombia, 253 pp.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1976. Sistemas de Producción de yuca. In: Informe Anual CIAT 1975. CIAT, Cali, Colombia, 63 pp.

Cock, J. H.; D. W. Wholey; and J. C. Lozano. 1976. A rapid propagation system for cassava. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia, Bulletin EE-20: 11 pp.

Costa, A. S., and E. W. Kitajima. 1972. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. In: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

IDRC/ CIAT. 1975. Workshop for International Exchange and Testing of Cassava Germplasm. CIAT, Cali Colombia. IDRC (International Development Research Centre) Bulletin 049e, 74 pp.

IITA (Instituto de Investigaciones Tecnológicas). 1973. La yuca parafinada. Revista del IIT (Colombia) 78: 131-148.

IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1973. Root and tuber improvement program. In: Annual Report 1973. IITA, Ibadan, Nigeria, 39 pp.

IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1974 Annual Report 1974, IITA, Ibadan, Nigeria, 199 pp.

Ingram, J. S. and J.R.O. Humphries. 1972. Cassava storage: a review. Tropical Science 14: 131-148.

Kartha, K.K. and O.L. Gamborg. 1975. Elimination of cassava mosaic disease by meristem culture. Phytopathology 65: 826-828.

Krausz, J. 1975 The superelongation disease of cassava. Ph. D. Thesis, Cornell University Ithaca, N. Y., 81 pp.

Krausz, J.; J. C. Lozano; and H.D. Thurston. 1976. A new anthracnose-like disease of cassava. Ann. Proc. of the Am. Phytopath. Soc. (in press).

Lozano, J. C. 1972 Status of virus and mycoplasma-like disease of cassava. In: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institure of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

Lozano, J.C. and R. H. Booth. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS (Pest Articles and News Summaries), Centre for Overseas Pest Research, London, 20:30-54.

Lozano, J. C. and L. Sequeira. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia: epidemiology and control. Phytopathology 64: 83-88.

Lozano, J.C. and D.W. Wholey. 1974 The production of bacteria-free planting stock of cassava. World Crops 26: 115-117.

Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS (Pest Articles and News Summaries). Centre for Overseas Pest Research, London, 21:38-43.

Lozano, J.C. 1976. The threat of introducing cassava diseases and pests on propagation material. In: Plant Health and Quarantine Problems Arising in International Genetic Resources Transfer. FAO (Food and Agriculture Organization) (in press).

Lozano, J.C.; A. Bellotti A. van Schoonhoven; R. Howeler; D. Howell; and J. Doll. 1976 Field problems in cassava. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia (in press).

Montaldo, A. 1973. Vascular streaking of cassava root tubers. Tropical Science 15: 39-46.

Singh, K.K. and P.B. Mathur. 1953. Cold storage of tapioca roots. Mysore, India, Central Food Technological Research Institute, Bulletin 2: 181-182.

Takatsu, A. and J. C. Lozano. 1975. Translocación del agente causal del añublo bacterial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en los tejidos del hospedero. Fitopatología 10: 13-22.

Terry, E. R. 1975a. African cassava germplasm resources, disease incidence and phytosanitary constraints. In: Proceedings of Workshop on the International Exchange and Testing of Cassava Germplasm. IDRC publication 049e, 74 pp.

Terry, E. R. 1975b. Cassava bacterial blight disease in Africa. In: Proceedings of the IDRC/IITA Workshop on Cassava Improvement in Africa. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria (in press).

EL PELIGRO DE INTRODUCIR ENFERMEDADES Y PLAGAS DE LA YUCA (Manihot esculenta Crantz) POR MEDIO DE MATERIAL VEGETATIVO DE PROPAGACION

J. C. Lozano *

Introducción

Manihot esculenta Crantz (cassava, manioc, mandioca, yuca o tapioca), probablemente es originaria de Sur América septentrional (Brasil, Guayana), con un centro secundario de origen en Mesoamérica (México, Guatemala, Honduras) (27). Su distribución geográfica presente es mundial : entre latitudes 30°norte y 30°sur, y un rango de altura de más de 2000 m (6.500 pies) sobre el nivel del mar (12,27). Esta zona ecológica, el "cinturón de la yuca", coincide aproximadamente con la clase económica 2 de la FAO, en la que se encuentran los países menos desarrollados. Este cinturón posee el 46% de la tierra arable del mundo, el 46% de la población mundial y sólo el 13% del producto doméstico bruto (9,10). En 1971 (10), la producción mundial de yuca fué estimada en 92.2 millones de toneladas producidas en 9.8 millones de hectáreas, lo que correponde a un rendimiento promedio de 9.4 tons/ha.

La yuca es una de las mayores fuentes de carbohidratos para más de 300 millones de personas, que viven muy cerca de los niveles de subsistencia en las áreas tropicales. Las raíces frescas y secas, así como las hojas, se usan para alimento humano o animal. Cincuenta y cinco millones de toneladas se consumen en la alimentación humana, estimándose que en 1.980 el consumo podrá llegar a cerca de 71 millones de toneladas (26). Los productos comerciales obtenidos de la yuca incluyen tapioca, adhesivos y almidón, como fijadores en industrias textiles, y subproductos derivados de fermentaciones (alcoholes, ácidos, monosacáridos, etc.).

La yuca es importante como fuente de energía: la raíz contiene un 30 á 40% de materia seca, de la cual un 90% está en forma de carbohidratos solubles. La cantidad de proteína cruda es relativamente pequeña (promedio del 1 a 2% de la materia seca), al igual que de grasas, vitaminas y minerales (1). Sinembargo, el contenido proteíco de las hojas y tallos jóvenes es de alrededor del 20% (Cock, información personal). El contenido de amino-ácidos en las raíces es similar al del maíz, con baja methionina, alta threonina, y niveles intermedios de lisina y otros amino-ácidos (25).

Antes de 1971, los conocimientos disponibles en todos los aspectos de producción de yuca eran limitados. En general, la literatura daba

* Fitopatólogo Programa de Yuca, CIAT.

a entender que las enfermedades y las plagas no eran importantes en el cultivo de la yuca, pero la información sobre pérdidas debida a ellas era escasa y limitada. Una gran proporción de estas publicaciones menciona la existencia de diferentes patógenos, pero muy poco sobre su importancia, ecología y control. En los últimos años, dos instituciones internacionales (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, y el International Institute of Tropical Agriculture, IITA), han establecido un sistema de investigación internacional de la yuca, similar al que existe para trigo y arroz. Además, institutos y organizaciones nacionales, tales como el Central Tuber Research Institute de la India, le han dado una gran prioridad a los programas de investigación en yuca. Consecuentemente, el cultivo de la yuca se ha incrementado en los años recientes considerablemente, y se prevee un incremento mayor en un futuro cercano.

La yuca se propaga asexualmente sembrando pedazos de tallo como "semilla". Para satisfacer la necesidad de un programa continuo de siembra, con el fín de lograr un mercado fijo, el material de propagación es producido por los mismos agricultores; ellos a menudo tienen que introducir material de regiones vecinas, porque el material de siembra no puede ser guardado por mucho tiempo . Para obtener nuevas variedades con características promisorias y para introducir o para incrementar variedades con características deseables, los agricultores, las organizaciones dedicadas a este cultivo y los gobiernos, a menudo tienen que hacer intercambios de material de propagación de yuca. Este intercambio de material se ha incrementado en los últimos años, debido a la expansión del cultivo de la yuca.

Los esfuerzos dirigidos a aumentar el rendimiento y la producción, pueden estar amenazados por la subestimación de la importancia de las enfermedades y de las pestes de la yuca y por la falta de medidas efectivas sobre cuarentena. Este artículo discute algunos problemas que pueden surgir por el intercambio de material de propagación de yuca y sugiere algunas medidas para evitar la diseminación de efermedades y pestes del cultivo.

Distribución geográfica de las enfermedades y de las pestes de la Yuca

La yuca es afectada por más de 25 patógenos incluyendo hongos, bacterias, virus y similares, y micoplasmas (17). Más de 90 especies de insectos y de 6 especies de ácaros se han registrado tambien como plagas de la yuca (26) . Muchas especies de nemátodos se han registrado como parásitos de la yuca, pero la literatura al respecto es muy limitada. Estos agentes causales y pestes pueden causar pérdidas considerables y, a veces, son factores limitantes en la producción. El peligro de introducir cualquiera de estos organismos a áreas no infestadas es muy serio.

Exceptuando a Cercosporas henningsii y a C. vicosae, que han sido observados en casi todas las áreas yuqueras del mundo, los patógenos de la yuca parecen estar confinados a zonas geográficas específicas; por ejemplo, continentes o regiones ecológicas especiales dentro de los continentes. Algunos patógenos, tales como C. caribaea y Phoma (Phyllosticta) sp., ocurren indémicamente en América tropical, en áreas yuqueras en donde el promedio máximo de temperatura es inferior a 20°C, o en regiones más cálidas pero apareciendo sólo durante los períodos más fríos del año (3,4,17). Otros patógenos Americanos, tales como Sphaceloma manihoticola y Colletotrichum gloesporioides fs. manihotis, causan epifitotias en algunas áreas yuqueras durante la época lluviosa (15,17), o, como en el caso del Oidium manihotis, durante la época seca. Los hongos que causan pudriciones radicales pueden estar presentes en la mayoría de las zonas yuqueras del mundo, ya que ellos pueden ser patógenos de cultivos perennes o forestales, pero su incidencia parece estar además relacionada con las condiciones edáficas y culturales de la plantación.

En las Americas (Brasil, Venezuela, México), la incidencia de enfermedades debidas a virus y micoplasmas es poca; estas enfermedades parecen ocurrir independientemente de las condiciones ambientales y edáficas. En contraste, la enfermedad del Mosaico Africano de la yuca, es observada en casi todas las plantaciones del Africa Tropical; esto es debido a que su mayor diseminación ocurre por el uso de material de propagación enfermo y por medio de insectos (Bemisia spp.). Una enfermedad similar, también diseminada por Bemisia spp., ocurre endémicamente en la India (16).

Entre los patógenos bacteriales, Xanthomonas cassavae parece estar restringida al Africa (7,30). El agente causal del añublo bacterial de la yuca, X. manihotis, fue registrado hace mucho tiempo en América; recientemente se le ha encontrado en Africa y Asia (Thailandia y Malasia), causando severas epifitotias (20). Aunque Pseudomonas solanacearum ha sido registrado como patógeno de la yuca (2,14) (y sus diferentes razas se encuentran en muchas áreas yuqueras del mundo), no hay evidencia concluyente acerca de que esta especie bacterial sea un patógeno de este cultivo. Una nueva especie bacterial, recientemente encontrada en asociación con insectos barrenadores de la yuca (5; Lozano y Bellotti, sin publicar), ocurre en las Américas; su distribución e importancia son aún desconocidas.

Los ácaros, parecen ser plagas universales de la yuca. La especie Tetranychus urticae causa daños económicos en Africa, Asia y América, pero Monomychellus tanajira, sólo ha sido registrado en América y Africa. Los thrips, moscas blancas, barrenadores, hormigas cortadoras de hojas y gusanos cortadores, atacan la yuca en Africa y las Américas. El gusano cachón de la yuca (Erinnys ello), moscas del cogollo (Silba pendula), moscas de la fruta (Anastrepha pickeli y A manihoti), y las moscas de las agallas (Cecidomya sp.), atacan la yuca solamente en América. Los saltamontes comedores de yuca están restringidos al Africa, mientras que los gorgojos, termitas y los insectos escamas han sido registrados en Asia, Africa y las Américas (28).

Diseminación de las enfermedades y de las plagas de la yuca

Basados en la anterior distribución geográfica general de los patógenos y de las plagas de la yuca, el intercambio de material de siembra representa un serio riesgo de diseminación de enfermedades y plagas. Los más importantes agentes patogénicos en yuca, por ejemplo, aquellos que causan el añublo bacterial y la enfermedad del Mosaico Africano, patógenos vasculares, o la enfermedad del superalargamiento, un patógeno epidermal y cortical, son diseminados insospechablemente a través del uso de estacas enfermas como material de siembra (15, 16, 17).

Por ejemplo, el agente causal del añublo bacterial de la yuca se restringe a los tejidos del xilema de los tallos maduros del hospedero, debido a que la bacteria es incapaz de degradar los tejidos lignificados del tallo (18,29). Por lo tanto, la presencia de esta bacteria en tallos lignificados, que son los usados normalmente para siembra, es muy difícil de detectar. Además, la severidad de la enfermedad se reduce considerablemente durante los períodos secos del año; por lo tanto, la selección visual de material sano de propagación procedente de una plantación infectada, es a veces imposible. Considerando su capacidad diseminante debida al efecto del agua lluvia, herramientas, material de siembra enfermo (18), suelo infestado e insectos (3,4), la dispersión del patógeno puede ocurrir en períodos relativamente cortos a partir de unas pocas plantas enfermas (18), causando pérdidas económicas de más del 50% (20). Si se considera: a) que la yuca es originaria de las Américas; b) que Xanthomonas Manihotis es específica a Manihot spp.; c) que estudios culturales, morfológicos, fisiológicos, y serológicos en aislamientos del Africa, Asia y América muestran características similares y específicas (4,20), se concluye que éste patógeno es originario de América y fué probablemente llevado al Africa y Asia por la introducción de material de propagación infectado de este Continente. Esta introducción ha causado serios daños en las áreas yuqueras de Nigeria y Zaire (21) y amenaza la producción de yuca de Thailandia y Malasia en un futuro cercano.

La extraordinaria severidad y la falta de medidas de control efectivo, hacen del Mosaico Africano de la yuca una de las enfermedades más serias de este cultivo en el mundo. Aunque la enfermedad no se presenta en el continente Americano, el vector, Bemisia spp.; ha sido recientemente encontrato (Bellotti, comunicación personal). De ahí que su introducción en América u otras áreas no afectadas, representa una de las más serias amenazas para estas áreas productoras de yuca. Aunque las consecuencias de tal hecho son imprevisibles se sabe que la enfermedad es capaz de reducir la producción entre un 20 y 90% (16).

En general, todos los virus y micoplasmas de la yuca en las Américas invaden el sistema vascular (6) y son diseminados principalmente por material vegetativo de propagación. Su introducción dentro de áreas no infectadas de las Américas, o en otras áreas libres de tales enfermedades, representa un riesgo serio. Una enfermedad inducida por un mi-

coplasma americano (el superbrotamiento de la yuca), ha sido recientemente reportada en Ivory Coast(Africa) (8); posiblemente esta enfermedad fue igualmente introducida al Africa por material de propagación enfermo. El virus del estriado marrón, es otra enfermedad originada en Africa, que puede ser introducida a las Américas a través de material vegetativo (16, 17).

Se conoce poco acerca de la diseminación de agentes patógénicos fungosos en la yuca a través de las estacas, exceptuando al agente causal de la enfermedad del superalargamiento (Sphaceloma manihoticola). Este patógeno crece entre la corteza y la epidermis del tallo, produciendo esporas en chancros epidermales que son capaces de mantener suficiente inóculo para reinfecciones secundarias. Su habilidad para esporular y su facilidad de diseminación por el viento, durante la época lluviosa, parecen ser los responsables de que actualmente se le observe en muchas áreas yuqueras de América (Colombia, Venezuela, Panamá y Costa Rica) (15, 16). Si este patógeno es introducido a otros países y continentes, se sospecha que una diseminación rápida, similar a la recientemente observada, podría ocurrir en un período de tiempo relativamente corto (15).

Debido a que las esporas de organismos fungosos pueden adherirse a la epidermis de las estacas, particularmente de aquellos que atacan el tallo (Glomerella sp., Fusarium sp., Sclerotium rolfsii. Botrydiplodia sp., etc), la diseminación de estos patógenos a otras regiones puede ser probable cuando el material de propagación se transporta sin recibir ningún tratamiento desinfestante previo.

Exceptuando el añublo bacterial de la yuca (20), la enfermedad del Mosaico Africano (16) y el virus del mosaico común (6), los cuales parecen ser específicos a Manihot spp., no hay información disponible sobre el rango de hospederos de otros patógenos y plagas de la yuca. Por tal causa, el movimiento de material de propagación de especies pertenecientes a la familia Euphorbiaceae (forestales u ornamentales), también representa un riesgo serio en la diseminación de enfermedades de la yuca. Esto ha sido corroborado recientemente al encontrar que un Sphaceloma sp. patógeno de Poinsettia sp. era también un patógeno de la yuca (5).

La diseminación de los patógenos de yuca a través de semilla verdadera es desconocida, excepto para el añublo bacterial de la yuca que se encontró que no era transmitido por semilla procedente de plantas enfermas (4). No obstante que el riesgo de diseminación a través del uso de semilla verdadera parece ser limitado en yuca, hay muchos ejemplos en la literatura sobre su ocurrencia en otros cultivos, especialmente en el caso de agentes virales y bacteriales. Debido a esto, es lógico tener precauciones al respecto hasta que estudios convincentes diluciden lo concerniente.

La diseminación de huevos de insectos y de ácaros es más probable que la de larvas y adultos en material vegetativo. Ganeralmente, los adultos y las larvas viven sobre la epidermis del tallo, lo cual hace

que sean relativamente fáciles de detectar, Sin embargo, los barrenadores del tallo, los insectos escamas y los huevos de ácaros, pueden diseminarse fácilmente vía material de propagación de yuca. Un ejemplo reciente es el ocurrido en Uganda, en donde se introdujo una especie de ácaro por estacas importadas de América (Brasil). Esta peste se ha diseminado en Kenia y Tanzania, causando pérdidas considerables en los cultivos de yuca de estos países (23, 24).

Conclusiones y Recomendaciones Generales.

Aunque los efectos económicos sobre el rendimiento son desconocidos, las condiciones sanitarias del material vegetativo usado para propagación pueden llegar a ser el factor más importante para el éxito del cultivo de la yuca. Por ejemplo, es conocido que más del 25 por ciento del material de propagación no germina, cuando los cangres de yuca están infectados del añublo bacterial, y que las pérdidas en germinación de cangres atacados por escamas (Aonydomitilus albus) son con frecuencia superiores al 80 por ciento (Schoonhoven, comunicación personal).

Basado en las consideraciones anteriores, se concluye que : (a) la diseminación de las plagas y de las enfermedades de la yuca a través de material vegetativo de propagación, representa una amenaza seria al cultivo; (b) es necesario seguir estrictamente las medidas cuarentenarias para evitar la posible introducción de organismos patógenos y plagas dentro de áreas yuqueras no infestadas; (c) se necesita más información acerca del daño potencial que los patógenos y las plagas de la yuca puedan causar al cultivo; y (d) la yuca requiere una selección cuidadosa y un tratamiento esmerado de todo material vegetativo que se distribuye para propagación experimental o comercial.

Investigaciones recientes han demostrado que se puede producir material de propagación sano; por lo tanto, es posible reducir la diseminación de patógenos vasculares, tales como el agente causal del añublo bacterial de la yuca (19), los virus americanos (6, 16) y la enfermedad del superalargamiento (3) . Similarmente, las plagas y propagulas de patógenos que puedan encontrarse en la superficie del material de siembra, pueden también ser eliminados por medio del uso de productos químicos. El cultivo de tejidos procedentes de plantas enfermas del mosaico Africano, parece regenerar plantas sin síntomas de la enfermedad (13); sin embargo, como aún se desconoce el agente causal de esta enfermedad, no se puede asegurar si estas plantas están o nó realmente sanas. No obstante, se sugiere el uso de esta técnica para la transferencia de material de yuca dentro del continente Africano.

Aplicando los principios generales de cuarentena específicamente a yuca, las siguientes recomendaciones, relacionadas al movimiento internacional de material de propagación de la yuca, fueron discutidas y sugeridas por representantes de 16 países diferentes en el taller de trabajo para el intercambio internacional y pruebas de germoplasma en

yuca, realizado en el CIAT en Febrero, 1975 (11).

A. Recomendaciones generales :

1. La experiencia en el reconocimiento y estudio de plagas y enfermedades de que se dispone en el CIAT e IITA, debe ser utilizada para entrenar especialistas en protección del cultivo. Al regresar a sus respectivos países, los entrenados podrían conducir cursos sobre sintomatología de plagas y enfermedades y recomendar medidas cuarentenarias y de control erradicativo de estas pestes.

2. Se recomienda que sólo una mínima cantidad de material de siembra sea importado; entre más pequeña sea la muestra, es menor la oportunidad de introducir un patógeno o una plaga. La inspección de este material, lo mismo que la cuarentena a seguir después de la entrada, será simplificada igualmente.

3. El uso correcto de las recomendaciones para minimizar el riesgo de la introducción de enfermedades y plagas, es de responsabilidad común del donador y del receptor.

4. Estas recomendaciones solamente suplementan a las reglas que sobre cuarentena existen en los países receptores.

B. Recomendaciones relacionadas al movimiento del material vegetativo de propagación.

1. El material nunca debe ser importado de países en donde la enfermedad del mosaico Africano y la enfermedad del virus del estriado marrón estén presentes.

2. Para importación desde otros países, se recomiendan los siguientes procedimientos:

a. En el país donador.
   1. Usar solamente material seleccionado de plantaciones sanas.

   2. Tratar el material con una mezcla de fungicida (Thiram o Chloroneb) e insecticida(Methamidophos o Carbofuran).

   3. Manejar el material con sumo cuidado; desinfectar y esterilizar todas las herramientas y materiales de empaque.

b. En los países receptores.

   1. Todo el material que se reciba mostrando infestación de plagas o síntomas de enfermedades, debe que

marse.

2. Tratar nuevamente el material recibido con fungicida e insecticida.

3. Plantar el material en un área aislada e inspeccionarlo regularmente por un período no inferior a un año.

4. Quemar cualquier planta que muestre infestación de plaga o síntomas de enfermedad (es) que no exista (n) en el país receptor.

3. Como complemento a estas recomendaciones generales, el material exportado de un país en donde se sabe que existe la enfermedad del superalargamiento, debe estar tratado con agua caliente (50°C, durante 30 minutos) (3). Los países que importan material de regiones en donde existe el añublo bacterial de la yuca, deben usar sólo plantas provenientes de brotes enraizados (19, 29).

C. Recomendaciones relacionadas al movimiento de semilla verdadera

1. En el país donador.

a. Colectar semilla sólo de plantas sanas.
b. Seleccionar la semilla colectada (visualmente).
c. Tratar la semilla con un fungicida (Thiram) y un insecticida (Malathion).
d. Tener cuidado con la semilla; deben desinfestarse y esterilizarse los materiales de manejo, empaque y almacenamiento.

2. En los países receptores.

a. Quemar toda semilla que llegue infestada de plaga y/o enferma.
b. Plantar el material en un área aislada y hacer inspecciones regulares a las plantas obtenidas, por un período no inferior a un año.
c. Quemar cualquier planta con infestación de plaga (s) o síntomas de enfermedad (es) que no ocurran en el país receptor.

D. Consideración para el futuro

1. Se debería considerar el establecimiento de una estación intermedia de cuarentena, en un país no productor de yuca o en una isla.

2. Se debería investigar el posible uso de la técnica de cultivo de tejidos para propósitos cuarentenarios. Se considera que esta técnica daría muy buen margen de seguridad pa

ra el caso de enfermedades virosas y del añublo bacterial de la yuca; sin embargo, esta no se recomienda específicamente para la enfermedad del mosaico Africano, ya que su agente causal es todavía desconocido.

El autor considera que al seguir estas recomendaciones se reduce el riesgo de introducir nuevos patógenos y plagas a otras áreas. Como en muchos países no existen aún medidas cuarentenarias, estas deberían ser emitidas; en otros países las medidas cuarentenarias existentes son a veces excesivamente estrictas, posiblemente porque han sido formuladas sin conocer los aspectos patológicos del cultivo.

Al presentar éstas consideraciones y formar recomendaciones, se sugiere la emisión o revisión de reglamentaciones que protejan al cultivo de la introducción de nuevas enfermedades y plagas, al igual que permita el intercambio de material genético mejorado.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer al entomólogo Anthony C. Bellotti, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por los consejos en la sección de Entomología de este artículo. Se agradece igualmente la ayuda de James H. Cock (Coordinador del Programa de yuca del CIAT), en la revisión del artículo.

RESUMEN

La yuca (Manihot esculenta Crantz), una de las principales fuentes energéticas en la alimentación humana, es atacada por muchos patógenos y pestes que causan pérdidas económicas. Comúnmente, los patógenos y las pestes de la yuca se encuentran localizados en áreas geográficas limitadas. Sin embargo, como la yuca es generalmente propagada vegetativamente, la distribución del material de siembra entre continentes, países y áreas de un mismo país, representa un peligro en la diseminación de enfermedades y plagas de la yuca. Al discutir los riesgos relacionados con el movimiento de material vegetativo de yuca, se sugieren medidas para tratar de evitarlos.

REFERENCIAS

1. Barrios, E.A. y R. Bressani. 1967. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca, Manihot. Turrialba 17: 314-320.

2. Castaño, J.J. 1972. Fuego foliar bacterial de la yuca (Manihot utilissima Pohl). Revista de la Facultad Nacional de Agronomía (Medellín, Colombia) 27: 56- 59.

3. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1974. Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 260 pp.

4. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1975. Annual Report 1974. CIAT, Cali, Colombia 253 pp.

5. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1976 informe Anual 1975, Sistemas de Producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 63 pp.

6. Costa , A.S. , y E. W. Kitajima. 1972. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigería, 48 pp.

7. Dowson, W. J. 1957, Plant Diseases due to bacteria. 2nd ed. Cambridge Univ. Press. Cambridge, England, 232 pp.

8. Dubern, J. 1972. A contribution to the study of African cassava mosaic disease. In: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

9. Food and Agriculture Organization. 1971. Agricultural Commodity Projections 1970. FAO, Rome.

10. Food and Agriculture Organization. 1972. Production yearbook 1971. FAO, Rome.

11. IDRC/CIAT. 1975. Workshop for International Exchange and Testing of Cassava Germplasm, CIAT, Colombia; IDRC- bulletin 049e, 74 pp.

12. Jones, W.O. 1959. Manioc in Africa. Stanford University Press, Stanford, California, 315 pp.

13. Kartha, K.K., y O. L. Gamborg. 1975. Elimination of cassava mosaic disease by meristem culture, Phytopathology 65: 826-828.

14. Kelman, A. 1953. The bacteria wilt caused by Pseudomonas solanacearum. A literature review and bibliography. N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 99: 1- 194.

15. Krausz, J. 1975. The superelongation disease of cassava. Ph. D. Thesis, Cornell University. Ithaca, N.Y. 81 pp .

16. Lozano, J.C. 1972. Status of virus and mycoplasma- like diseases of cassava. En: Proceedings of the IDRC/ IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 48 pp.

17. Lozano, J.C., y R. H. Booth. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS (Pest Articles and News Summaries), Centre for Overseas Pest Research, London, 20: 30-54.

18. Lozano, J.C. y L. Sequeira. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia. II. Epidemiology and control. Phytopathology 64:83-88.

19. Lozano, J.C., y D.W. Wholey. 1974. The production of bacteria - free planting stock of cassava, World Crops, 26:115-117.

20. Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS (Pest - Articles and News Summaries). Centre for Overseas Pest Research, London, 21: 38-43.

21. Maraite, H., y J.A. Meyer. 1975. Xanthomonas manihotis (Arthand-Berthet) Starr, causal agent of bacterial wilt, blight and leaf spots of cassava in Zaire. PANS (Pest Articles and News Summaries), Centre for Overseas Pest Research, London,21: 27-37.

22. Montaldo, A. 1967. Bibliografía de raíces y tubérculos tropicales. Univ. Central de Venezuela, Maracay, 595 pp.

23. Nestel, B. 1974. Current trends in cassava research. IDRC (International Development Research Centre). Ottawa, Canada, 32pp.

24. Nyira, Z.N. 1973. Report on studies on M . Tanajoa. Min Agriculture, Kampala, Uganda (Mimeo), 6 pp.

25. Olson, D.W., M.L. Sunde, y H.R. Bird. 1969. Amino acid supplementation of mandioca meal chick diets. Poultry Sci. 48: 1949-1953.

26. Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potencial markets. IDRC (International Development Research Centre), Ottawa, Canada, 182. pp.

27. Rogers, D.J. 1963. Studies of Manihot esculenta Crantz and related species. Torrey Botanical Club Bull, 90:1-43.

28. Schoonhoven, A. van., y A. Bellotti. 1976. Insects and mites attacking cassava. CIAT, Cali, Colombia, (in press).

29. Takatsu, A., y J.C Lozano. 1975. Translocación del agente causal del añublo bacterial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en los tejidos del hospedero. Fitopatología 10:13-22.

30. Wiehe, P.O., y W.J. Dowson. 1953. A bacterial disease of cassava (Manihot utilissima) in Nyasaland. Emp. J. of Exp. Agr. 21:141-143.

CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PESTES EN LA YUCA (Manihot esculenta Crantz)

J.C.Lozano* y A.Bellotti*

Introducción

La investigación agrícola generalmente se dirige a estudiar uno o varios casos específicos que se relacionan con el sistema de producción de diferentes especies de cultivo. Los resultados de tales investigaciones pocas veces se integran en un paquete lógico de producción. Recientemente, sin embargo, la investigación se ha orientado hacia el estudio de cultivos específicos, no por disciplinas, logrando que sea posible la integración de equipos de científicos estudiando un cultivo dado, lo cual parece más razonable; estos científicos pueden desarrollar un concepto amplísimo sobre el cultivo y sus problemas, lo cual conlleva a resultados más aplicados.

Son varias las razones que soportan la necesidad de llevar a cabo un control integrado en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz), como requisito indispensable para la estabilización en los rendimientos con producciones satisfactorias. Algunas de ellas son las siguientes:

1. La yuca es un cultivo perenne, con indeterminada madurez biológica (Jennings, 1976). Consecuentemente, un problema biótico establecido en una región dada (ecosistema) puede perpetuarse.
2. El ciclo vegetativo del cultivo es considerablemente largo (entre 8 a 24 meses, según la variedad y/o el ecosistema). En un mismo ciclo la planta sufre presiones climáticas (sequía, bajas o altas temperaturas, etc.), edáficas (deficiencias o toxicidades nutricionales, etc.) y ataques de patógenos, insectos y ácaros. Estas presiones y/o ataques varían en intensidad y magnitud entre un ciclo a otro, lo cual generalmente depende de las condiciones ecológicas imperantes en cada ciclo del cultivo y de que exista material genético susceptible.
3. La yuca se propaga comercialmente en forma vegetativa, sembrando trozos de tallos lignificados. La calidad del material de siembra, determinada por las presiones climáticas y edáficas y el ataque de patógenos y pestes (factores negativos a la producción, FNP), además de la tolerancia de los genotipos a los FNP del ecosistema, influye en un alto porcentaje sobre el éxito del cultivo en cada ciclo (CIAT, 1979 y 1980).
   Además, la diseminación de enfermedades y pestes por el uso de material de siembra infectado y/o infestado es mucho más probable que en

---

* Fitopatólogo y Entomólogo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical - "CIAT" - Cali, Colombia

cultivos comercialmente propagados por semilla botánica, sobre todo entre distintos ecosistemas (Lozano, 1977)

4. Manihot esculenta está formada de clones domesticados que por milenios han sido seleccionados por poseer características deseables de cada ecosistema, sobre todo por su resistencia a los factores negativos a la producción (FNP) existentes en un ecosistema específico. La introducción de FNP procedentes de otros ecosistemas y/o la siembra de tales clones en otros ecosistemas diferentes de donde fueron desarrollados, puede causar serios daños a los clones existentes en el ecosistema o a aquellos clones que fueron distribuídos a otros sitios diferentes (Lozano, Byrne y Bellotti, 1980).
5. Varios clones de yuca se siembran durante todo el año en algunos ecosistemas y durante períodos largos en otros. Consecuentemente, es común que exista en la mayoría de los ecosistemas tejido de diferentes clones a diferentes edades y susceptible a agentes bióticos durante varios meses o todo el año. La ausencia general de epifitotias en los cultivos tradicionales, o la presencia de problemas bióticos a niveles de poca o ninguna importancia económica, es debida al equilibrio biológico existente en los ecosistemas, el cual en lo posible se debe mantener.
6. El ciclo genético de la yuca es largo (3 años, generalmente) (Kawano, et al, 1978); esto demora el mejoramiento varietal a problemas específicos e induce a que se prefiera el mejoramiento genético con caracteres estables.
7. Los cultivadores de yuca necesitan producir su propio material de siembra para evitar problemas sanitarios, agronómicos y económicos, debido a:
   a) la baja rata de multiplicación del cultivo (5-10 estacas/planta) (Lozano, et al, 1977);
   b) la gran fragilidad de las estacas y su sensibilidad al almacenamiento tradicional (las yemas pierden cerca del 40% de su germinación después de sólo 2 semanas de almacenamiento) (Lozano, et al, 1977); y
   c) su dificultad para empacar y transportar por su peso y volumen (10.000 estacas que se necesitan para sembrar 1ha pesan aproximadamente 1ton y tienen un volumen de $2m^3$).
8. Los yuqueros son en un alto porcentaje cultivadores tradicionales (Phillips, 1974), de bajo poder adquisitivo y cultural. Los problemas en el cultivo deben de solucionarse con simplicidad pero con eficiencia, sólo posible mediante la integración de todas las alternativas tendientes a aumentar la producción por el uso de prácticas culturales adecuadas, el equilibrio biológico y la siembra de genotipos apropiados por el ecosistema.

Prácticas Culturales

Las prácticas culturales que se deben aplicar al cultivo de la yuca no son todas universales, pues algunas son específicas a ecosistemas con características peculiares. Igualmente, algunas de ellas pueden aparecer costosas o inoperantes, pero debe tenerse como principios generales que para el productor de la yuca es más económico "prevenir que curar" y que

la estabilidad de la producción aceptable debe ser su meta a través del tiempo. Las raíces, que son el producto económico de mayor valor, sólo se ven a la cosecha, al final de cada ciclo (8-24 meses).

Las siguientes son algunas prácticas culturales que, aplicadas integralmente, pueden reducir los problemas debidos a los FNP existentes en un ecosistema dado y conllevar a altos rendimientos en forma estable.

1. Cuando se siembra la yuca inmediatamente después de la eliminación de bosques, cultivos perennes o transitorios-leñosos, pueden ocurrir pudriciones radicales severas causadas por patógenos y/o plagas comunes en estas especies de plantas (Booth, 1977; Bellotti y Schoonhoven, 1978b). El inóculo potencial presente en estos suelos puede disminuírse sembrando cereales (sorgo y maíz, por ejemplo) antes de la yuca y eliminando al fuego el máximo posible de sus residuos (Booth, 1977; Lozano y Terry, 1977).

2. La preparación del suelo para el cultivo de la yuca debe hacerse con el mismo esmero que el puesto en otros cultivos tradicionales. Como la yuca es muy susceptible a los excesos de humedad y a los patógenos que por ello son favorecidos (por ejemplo, Phytophthora y Pythium spp), el drenaje del terreno debe hacerse eficientemente y de acuerdo con la precipitación pluvial y distribución de las lluvias en el ecosistema. Por ejemplo, se recomienda sembrar sobre caballones cuando la precipitación pluvial es mayor de 1200mm/año; el tamaño y la profundidad de tales caballones deben ser determinados de acuerdo a la textura del suelo y a la frecuencia de las lluvias (Booth, 1977; Lozano y Terry, 1977; y Oliveros, Lozano y Booth, 1974).

3. Es ampliamente conocido que la calidad del material de siembra es en gran parte el responsable del éxito en cultivos multiplicados vegetativamente. En la yuca, este factor es de los más importantes en la producción, responsable no sólo del buen establecimiento del cultivo (enraizamiento de las estacas y germinación de las yemas), sino de su sanidad y producción (número de raíces comerciales/planta) por unidad de superficie en cada ciclo (CIAT, 1979-1980; Lozano et al, 1977).
   La calidad de las estacas para siembra en yuca depende de ciertas características agronómicas (lignificación, pleno grosor según el clon, tamaño, número de nudos/estaca, corte de los extremos, ausencia de heridas); de su estado sanitario (libres de patógenos sistémicos o localizados e insectos y ácaros que se diseminan por estacas) y de la desinfestación y protección que se le suministre a las estacas con fungicidas protectantes antes de la siembra o almacenamiento (Lozano et al, 1977).
   En general, el material de siembra debe tomarse de plantaciones que presenten el máximo de sanidad posible dentro del cultivo o de la región; de plantas vigorosas de 8-15 meses de edad, tomando la zona más lignificada del tallo y preparando estacas de 20-30 cm por medio de cortes transversales directos. Se debe desechar todo trozo de tallo que presente necrosis (decoloraciones), chancros, tumores, agallas, galerías y/o presencia de insectos (escamas, barrenadores, etc). Las estacas infectadas o infestadas pueden contaminar las ramas durante

el período de almacenamiento (Vargas, 1977). El material debe ser tratado luego con fungicidas e insecticidas para su desinfestación y protección (captan y benomil, 3.000ppm de cada producto; y aldrín al 2.5% por espolvoreo de 1gr/estaca). Debe en lo posible evitarse el almacenamiento de las estacas o, si es necesario, éste debe hacerse adecuadamente (CIAT, 1979-1980; Lozano et al, 1977).

4. La siembra de la estaca debe ser hecha en forma apropiada, pues de su posición puede depender un enraizamiento satisfactorio, con buena distribución de raíces (Toro, Castro y Celis, 1976). Esto puede conllevar a un buen desarrollo radical, a obtener plantas vigorosas que resisten más a los problemas bióticos y a que en la cosecha se facilite el arranque. Cuando ésto se relaciona con el daño mecánico que pueda causarse a las raíces al arranque, la aparición de deterioraciones fisiológicas y microbiales obviamente se restringe (Booth, 1976; Lozano, Cock y Castaño, 1977).
   Cuando se siembra en áreas con altas temperaturas o durante los períodos más secos del año, pueden ocurrir pérdidas considerables por el efecto del calor del suelo sobre la estaca si ésta es colocada horizontalmente. Si la estaca se coloca en forma oblicua o vertical, la acción del aire sobre el extremo superior de la estaca plantada reduce el efecto del calor del suelo sobre la estaca y la mantiene a temperaturas tolerables.
   Se debe tener en cuenta que el punto térmico de inactivación de las yemas de las estacas de yuca es de aproximadamente 52.5°C/10min (CIAT, 1974); además, el calor excesivo puede herir la estaca plantada, dejando puertas de entrada a patógenos del suelo.

5. La eliminación de las malezas en toda plantación de yuca constituye una labor esencial para el cultivo, debido a que ésta es una especie poco competitiva (Doll, 1978). Además, el buen control de malezas restringe la multiplicación de patógenos y pestes en los hospederos que crecen dentro de la plantación, permite una buena circulación de aire entre surcos y plantas y facilita la evaporación del agua lluvia por acción de la energía solar; ésto indudablemente restringe las humedades relativas altas (cercanas a la saturación), que favorecen generalmente el establecimiento de patógenos en el hospedero y propenden a veces la multiplicación de algunas especies de insectos y ácaros. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que algunas malezas pueden ser plantas nectíferas indispensables para la alimentación y albergue de algunos insectos benéficos. Como su eliminación podría disminuír las poblaciones de estos insectos, sería indispensable estudiar a las malezas también bajo estos puntos de vista: quizás el dejar áreas o fajas con malezas dentro de grandes extensiones de yuca (en Brasil, por ejemplo), podría traer muy buenos beneficios al equilibrio biológico.

6. Las inspecciones periódicas a los cultivos de yuca son altamente recomendables, no sólo para determinar labores culturales necesarias y oportunas (mejorar drenajes, hacer desyerbas, etc.), sino para entresacar plantas o partes de plantas que muestren síntomas o ataques de enfermedades (virus, micoplasmas, etc.) y de insectos (esca-

mas, mosca del cogollo) que afecten en forma localizada o individualmente a un bajo porcentaje de las plantas presentes dentro de una plantación. Estas plantas deben sacarse de la plantación, preferiblemente en bolsas de polietileno, para evitar la diseminación del problema biótico; ellas deben eliminarse por acción del fuego. Además, por las inspecciones periódicas se pueden predecir epifitotias causadas por patógenos e insectos; esto permite planificar las medidas, adecuadas y oportunas, de control. Una extensión de 15ha de yuca justificaría la labor de un obrero permanente para que ejecute muestreo de plagas y enfermedades y vigilancia agro-fitosanitaria.

7. La cosecha debe planificarse teniendo en cuenta su utilización inmediata de acuerdo a la demanda, pues las raíces de la yuca sufren deterioraciones fisiológicas y/o microbiales al poco tiempo después de la cosecha (Lozano, Cock y Castaño, 1977). Igualmente, debido a que tales deterioraciones se incrementan en incidencia y severidad por los daños mecánicos que ocurren a la cosecha, empaque y transporte (Booth, 1977), estas operaciones deben estar dirigidas a minimizar tales daños.
Recientes investigaciones sobre el almacenamiento de raíces frescas de yuca sugieren que la deterioración fisiológica es un proceso bioquímico (Lozano, Cock y Castaño, 1977; CIAT, 1980), que puede controlarse mediante la poda de las plantas tres semanas antes de la cosecha, o almacenando las raíces en bolsas plásticas selladas, para que mantengan una humedad ambiental saturada y evite la deshidratación. La deterioración microbial se ha prevenido tratando por inmersión las raíces frescas con soluciones de fungicidas protectantes (Maneb, 8.000ppm, por ejemplo) (Lozano, Cock y Castaño, 1977).

8. Los residuos de cosecha dejados en el suelo pueden servir como medio para que se propaguen pestes y patógenos que causan daños severos en siembras sucesivas de yuca (larvas de Coleóptera; Rosellinia spp, Armillariella spp, etc.). Su eliminación, sobre todo en cuanto se refiere a socas, tallos y raíces de desecho, puede ayudar a mantener un nivel bajo de pudriciones radicales o de daños debidos a insectos por varias siembras consecutivas (CIAT, 1979; Lozano, 1977). La determinación del porcentaje de pudriciones radicales debidas a ataques de patógenos y/o pestes, sobre todo en suelos ricos en materia orgánica, ayuda a determinar la necesidad de una rotación del cultivo o el descanso del terreno. Generalmente, si las pudriciones radicales a la cosecha son mayores del 3%, es necesario hacer esta práctica cultural con el fin de disminuír la infestación del suelo. Al rotar con otros cultivos es preferible usar gramíneas, ya que otras plantas cultivadas (frijol, algodón, etc.) pueden también ser hospedantes de pestes comunes a la yuca (Lozano, 1977; Lozano y Booth, 1974; Lozano y Terry, 1976). Sin embargo, los insectos trozadores del maíz y sorgo pueden también atacar a plantas jóvenes de yuca. En este caso lo conveniente sería usar cebos tóxicos o asperjar al suelo con patógenos de dichos insectos antes de la siembra (Bellotti y Schoonhoven, 1978b).

9. En muchas áreas con precipitaciones altas durante el período lluvioso y con períodos fríos debidos al invierno de las zonas semisubtropicales, la programación de la siembra es una práctica aconsejable p para escapar al ataque de enfermedades y/o pestes durante los períodos más críticos de crecimiento en cada ciclo del cultivo (los primeros 6 meses después de la siembra) y de la ocurrencia de estos problemas bióticos (Lozano, 1977; Lozano y Terry, 1976). Por siembras periódicas durante varios ciclos y a través de varios años, se puede determinar los períodos apropiados de siembra y ayudar en la planificación del programa de siembra para ecosistemas específicos.

10. Las siembras consecutivas durante períodos largos ó durante todo el año, pueden inducir a que el inóculo potencial de los patógenos y de las pestes se incremente progresivamente y a que aparezcan ataques severos sobre todo en las siembras más recientes. La interrupción de las siembras del hospedero por algunos meses, sería lo más conveniente. También podrían reducirse los daños sembrando estacas largas más de 50cm, pues al germinar varias de sus yemas, algunas escaparán al ataque de las pestes; las plantas pronto lograrán un desarrollo similar al de las plantaciones vecinas, sembradas anteriormente, alcanzando una tolerancia mayor en un período relativamente corto.

11. La siembra intercalada con otras especies de cultivos se ha registrado como uno de los factores responsables de la baja presencia de problemas bióticos en los cultivos tradicionales del trópico. Esto, ayudado con el uso común de diferentes genotipos de yuca en el mismo sistema de cultivos asociados, lógicamente influye mucho a que los problemas bióticos sean relativamente de poca importancia económica en los cultivos más tradicionales de yuca del trópico. El sistema debe mantenerse en lo posible en aquellas áreas en donde la utilización de la yuca sea tradicional; de "pan coger", para el sustento de las familias campesinas. Investigaciones al respecto podrían llevar a interesantísimas conclusiones sobre equilibrio biológico.

12. El espaciamiento apropiado del cultivo en una plantación dada, no sólo evita la formación de microclimas favorables a la propagación de patógenos y pestes sino que puede reducir su diseminación entre planta y planta (sobre todo en caso de insectos poco motiles, escamas). Un buen espaciamiento entre plantas puede lograrse disminuyendo el número de plantas/unidad de superficie sembrada o modificando el sistema de siembras en surcos (por ejemplo: surcos pares distanciados 0.5m entre sí y 2.0m entre pares). La conveniencia de ésto debe ser estudiada en cada ecosistema de acuerdo a la fertilidad del suelo, clon(es) usado(s) sistemas de cosecha, etc.

13. Al igual que en todo cultivo, la suplementación del mejor suministro nutricional (abonamientos) y el balance hídrico críticos al suelo, permite un desarrollo vigoroso de las plantas que lógicamente conlleva a una tolerancia mayor a los problemas bióticos existentes en un ecosistema dado. Esto, debe estar determinado por estudios económicos que justifiquen el uso de tales prácticas y los niveles

y frecuencias de su aplicación; en general, se recomienda que los lotes destinados para la obtención del material vegetativo para siembras posteriores reciban tratamientos preferenciales.

14. Debido a la gran posibilidad de que los problemas bióticos puedan perpetuarse en un ecosistema dado, el establecimiento y el cumplimiento de medidas cuarentenarias estrictas sobre la introducción de material de propagación (sexual o asexual), es de gran importancia (Lozano, 1977). En general, se recomienda que sólo instituciones oficiales sean autorizadas para la introducción de material de propagación de yuca; que el material provenga de cultivo de meristemos y el sexual, de plantaciones cuya sanidad ha sido observada por especialistas varias veces durante su ciclo vegetativo.

15. La utilización de trampas de luz sónicas, cebos tóxicos, pheromonas, rayos gama y equis para esterilización, hormonas, etc., deben tenerse en cuenta en la programación del control cultural durante los diferentes ciclos del cultivo y de acuerdo al problema biótico a controlar durante los diferentes ciclos del cultivo y de acuerdo al problema biótico a controlar, el ecosistema y la factibilidad de su ejecución en la zona (Bellotti y Schoonhoven, 1979 y 1978b; Bellotti, Reyes y Arias, 1980).

Control Biológico

Debido a que la yuca tiene un ciclo de producción comercial tan largo (8 a 24 meses), reduce la posibilidad económica de todo control químico de enfermedades y pestes por medio de aspersiones al cultivo con pesticidas. Sin embargo, esta característica y el hecho de que la planta de yuca tiene la capacidad de recuperarse de ataques de patógenos y pestes una vez cesa la presión biótica, hacen que el control biológico (sobre todo de pestes) en el cultivo pueda funcionar extraordinariamente (Bellotti y Schoonhoven, 1978b; Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Igualmente, son muchos los agentes benéficos existentes en el cultivo de la yuca (se han encontrado alrededor de 30 agentes parásitos, predatores y patógenos del Erinnyis ello) (Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Estas ventajas deben ser aprovechadas por el cultivador de yuca. El control biológico debe constituír uno de los principales soportes del control integral de pestes y enfermedades.

Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a mantener el control biológico natural existente y a enriquecerlo, incrementando sus poblaciones benéficas nativas e introducidas.

1. Los insecticidas son componentes valiosos del control integrado; sólo deben aplicarse cuando los otros factores de control no sean suficientes y cuando se está seguro que el ataque de una plaga o enfermedad esté causando mermas en los rendimientos (Bellotti, Reyes y Arias, 1980; Lozano, 1978). Debe de reducirse la aplicación de pesticidas al máximo posible. Si por la aparición de una epifitotia ésto se hace indispensable, sólo se deben aplicar pesticidas específicos al problema biótico; deben preferirse aquellos productos selec-

tivos, que tienen poco o ningún efecto letal sobre agentes benéficos (Bellotti y Schoonhoven, 1978; Bellotti, Reyes y Arias, 1980).

2. En el ecosistema se debe hacer un inventario detallado sobre los insectos, ácaros y microorganismos benéficos, al igual que sobre las pestes, enfermedades, hospederos y fuentes alimenticias de pestes y patógenos. Las evaluaciones sobre los daños causados por los diferentes problemas bióticos del ecosistema, suministrarán información para establecer prioridades y desarrollar los programas respectivos de control biológico.

3. Los estudios ecológicos, que tiendan a explicar la relación parásito-plaga-medio ambiente, suministrarán información valiosa sobre las estrategias de control biológico en el ecosistema.

4. El control biológico nativo puede mejorarse favoreciendo el aumento poblacional de las especies nativas más benéficas mediante el sistema de cría masal, liberación y colonización (Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Este control biológico nativo puede también ser ayudado por la introducción de nuevas especies benéficas, aún más eficientes que las nativas, que se adapten a las condiciones ecológicas de la región.

5. Aunque la agricultura moderna tiende a usar el sistema de monocultivo univarietal (clonal), nuestras experiencias con el cultivo de la yuca nos inducen a recomendar como de gran importancia para el control biológico la siembra multivarietal (clonal), ya sea en monocultivo o en asociación con otros. La variabilidad genética de los clones de yuca en una plantación, definitivamente restringen la multiplicación asémica de las pestes y de los patógenos manteniendo su inóculo potencial a niveles bajos. Esto restringe toda posibilidad de epifitofias.

6. Se deben eliminar los hospederos alternantes de patógenos y pestes existentes en las plantaciones (Poinsetia pulcherrima), hospedero del agente causal del superalargamiento, etc) al igual que toda fuente de alimento de pestes y patógenos (las hojas del caucho alimentan al gusano cachón; los frutos en descomposición alimentan a la mosca de la fruta; las raíces de desecho alimentan a patógenos del suelo, etc.). En el ecosistema se debe divulgar sobre las ventajas de estas labores, con el fin de restringir su existencia al mínimo posible. Si los hospederos no se pueden eliminar por ser de importancia económica en el ecosistema (el caucho en Malasia, por ejemplo), se debe procurar que en tales cultivos también se realicen programas integrados de control de enfermedades y pestes.

7. La liberación de insectos irradiados o de híbridos interespecíficos de plagas al cultivo no se ha intentado en yuca, pero podría ser un excitante control biológico para el futuro. La aspersión al suelo con bacterias, hongos, virus patógenos de insectos y de agentes patógenos que viven en el suelo, es otro excitante campo que debería investigarse.

Control Varietal

La estabilidad en los rendimientos a través del tiempo en un ecosistema dado, depende no sólo de las presiones a los diferentes FNP existentes en el ecosistema, sino también de la capacidad genética de los clones de yuca para resistir a estas presiones. Debido a la selección regional aplicada al cultivo de la yuca desde milenios y a que los clones han sido perpetuados vegetativamente, existe una gran interacción genotipo-ecosistema. Un clon que muestre buena adaptación y tolerancia en un ecosistema dado, puede ser severamente afectado por los FNP existentes en otro ecosistema diferente cuando es introducido. Consecuentemente, en un ecosistema dado se debe preferir la utilización de los mejores clones regionales sobre los introducidos; las introducciones deben hacerse específicamente para mejorar genéticamente los clones regionales más promisorios o porque proceden de ecosistemas similares, con iguales FNP. Los programas de mejoramiento deben descentralizarse y hacerse en base al concepto ecosistema-especifidad clonal, tratando de localizar estos programas en regiones seleccionadas después de amplios estudios agro-socio-económicos (Lozano, Byrne y Bellotti, 1980).

El concepto de selección y evaluación varietal debe ser múltiple, involucrando con igual nivel de importancia los siguientes parámetros generales de evaluación: 1) buen rendimiento (como raíces frescas o como follaje, según su utilización); 2) alta producción y calidad del material vegetativo (estacas) para siembra; y 3) calidad de las raíces aceptable de acuerdo a los requerimientos socio-económicos de la región. Los clones que mejor manifiesten estas tres cualidades serán los que posiblemente muestren una mayor estabilidad a través del tiempo, ya que podrán ser los que preferirán los agricultores de la región.

La evaluación clonal debe ser dirigida a identificar genotipos con resistencia amplia a un mayor número de los FNP existentes en el ecosistema, mediante evaluaciones de campo en localidades en donde los FNP sean más frecuentes y severos. Estas evaluaciones deben ser integrales, involucrando todos los FNP que ocurran en el sitio de evaluación, y deben consistir de varios ciclos consecutivos (CIAT, 1979 y 1980; Lozano, Byrne y Bellotti, 1980). Lo anterior no elimina la conveniencia de evaluaciones sobre problemas específicos, con probada importancia en el ecosistema, ya que en esta forma se están también identificando genes de resistencia para solucionar deficiencias en clones con una amplia resistencia a varios FNP del ecosistema.

La resistencia varietal obviamente beneficia los programas de control biológico, ya que amplía el nivel de daño económico facilitando el incremento de agentes benéficos y reduce o elimina la necesidad de aplicar pesticidas. En yuca, el ataque de Erinnyis spp puede causar hasta un 40% de defoliación sin causar daños económicos; ésto permite retrasar la aplicación de insecticidas para su control o usar otros métodos de control compatibles con el equilibrio biológico.

Las anteriores recomendaciones generales para llevar un control integrado en el cultivo de la yuca, deben ser complementadas con el soporte científico que las entidades de investigación suministran al agricultor y al empresario, si el producto final es para procesar. De esta complementación y de la racional aplicación de las medidas aquí sugeridas, depende en gran parte el éxito de la producción de yuca a través del tiempo en una región o en un país.

REFERENCIAS

Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1977. World Distribution, identification and control of cassava pests. In: Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. IDRC, Ottawa, Canada, pp 188-193.

Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1978a. Mite and insect pests of cassava. Ann. Rev. Ent. 23:39-67.

Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1978b. Cassava pests and their control. CIAT Series 09EC-2. CIAT, Cali, Colombia pp 1-71

Bellotti, A.; J.A. Reyes y B. Arias 1980. Manejo de plagas en yuca. In: Manual de Producción de Yuca. Programa de Yuca del CIAT. CIAT, Cali, Colombia pp 23-33

Booth, R.H. 1976. Storage of fresh cassava. I. Post-harvest deterioration and its Control. Experimental Agriculture, 12:103-111.

Booth, R.H. 1977. A review of root rot diseases in cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 121-133 pp.

Castro, A.: J.C. Toro y E. Celis. 1976. Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca. CIAT, Cali, Colombia, 123-128 pp.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1974. Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 253 pp.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1979. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1978. CIAT, Cali, Colombia. pp A1-A100.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1979. CIAT, Cali, Colombia (in press).

Doll, J. D. 1978. Weeds: an economic problem in cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia. pp 65-69.

Jennings, D.L. 1976. Cassava, Manihot esculenta (Euphorbiacea). In: Evolution of Crop Plants. Simmonds, N.W. ed. Longman, London, 81-84 pp.

Kawano, D., A. Amaya; P.Daza y M. Ríos. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Science 18:373-376.

Lozano, J.C. 1977a. Cassava (Manihot esculenta Crantz). In: Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio, U.S.A., 346 pp.

Lozano, J.C. 1977b. General cinsideration on cassava pathology. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia. pp 17-27.

Lozano, J.C. 1978. An overview of cassava pathology. In: Proceedings of an International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. U.C.L., Louvain-la-Neuve, Belgium, pp 13-58.

Lozano, J.C. y R.H. Booth. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS 20:30-54.

Lozano, J.C. y E.R. Terry. 1976. Cassava diseases and their control. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 135-141 pp.

Lozano, J.C.; D. Byrne y A. Bellotti. 1980. Cassava/Ecosystem relationship and their influence on breeding strategy.. PANS 26 (in press).

Lozano, J.C.; J.C. Toro; A. Castro y A. Bellotti. 1977. Production of cassava planting material. CIAT, Series GE-17.

Oliveros, B.; J.C. Lozano y R.H. Booth. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58:703-705.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada, IDRC-020c, 182 pp.

Toro, J.C.; A. Castro y E. Cel is. 1976. Selección y preparación de material para siembra de yuca. In: Curso sobre producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 197-204 pp.

Vargas, O.H. 1977. The white scale (Aonidomytilus albus Ckll.) on cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, pp 199-202.

ENTOMOLOGIA

1537
Insectos y Acaros de la Yuca y Su Control H - 1 -22
A. Bellotti, J. Reyes, B. Arias, O. Vargas

1538
Manejo de Plagas en Yuca H -23 -33
A. Bellotti, J. Reyes, B. Arias.

INSECTOS Y ACAROS DE LA YUCA Y SU CONTROL

Anthony C. Bellotti *
Jesús A. Reyes Q.
Bernardo Arias V.
Octavio Vargas H.

Introducción

Las plagas de la yuca incluyen una gran diversidad de artrópodos; se han identificado aproximadamente 200 especies. Muchas de estas especies se consideran plagas menores y ocasionan poca o ninguna pérdida en el rendimiento. Sin embargo, algunas se deben clasificar como plagas mayores las cuales pueden ocasionar daños severos al cultivo y resultar en pérdidas en el rendimiento. Las plagas mayores de la yuca son los ácaros, trips, gusano cachón, escamas, piojo harinoso, barrenadores del tallo y mosca blanca. Otras plagas tales como salta hojas, chiza blanca, gusano trozador, hormiga cortadora de hojas y mosca de la fruta pueden ocasionar daños esporádicos o localizados.

Los insectos pueden causar daño a la yuca mediante la reducción del área fotosintéticamente activa, lo cual resulta en reducciones del rendimiento; mediante el ataque a los tallos, lo cual debilita la planta e inhibe el transporte de nutrimentos; y mediante el ataque al material de siembra, lo cual reduce la germinación. También pueden atacar a las raices y ocasionar pudriciones secundarias. Algunos son vectores y diseminadores de enfermedades.

Las ovservaciones indican que las plagas que atacan la planta durante un período prolongado, tales como ácaros, trips, escamas, piojo harinoso y barrenadores del tallo, reducirán el rendimiento en mayor grado que los que causan defoliación y daño a partes de la planta durante un período corto, tales como el gusano cachón, mosca de la fruta, mosca del cogollo y hormiga cortadora de hojas. Esto se debe a que la planta de yuca es capaz de recuperarse de un daño causado en corto tiempo bajo condiciones ambientales favorables.

En los países de América se ha reportado la mayor diversidad de insectos que atacan la yuca. Esto es de esperarse puesto que existe gran variación genética de la planta hospedante y también una gran variabilidad de organismos los cuales atacan la planta o se encuentran en simbiosis con ella. Los 18 grupos generales de plagas descritos en el Cuadro 1 se encuentran en América, 12 en Africa y 6 en Asia.

I. Insectos que atacan el material de siembra

La siembra de estacas libres de insectos y sin daños es importante para obtener una buena germinación y establecimiento de las plantas jóvenes.

* Entomólogo, Científico Visistante, Asistente de Investigación, Investigador Asociado respectivamente - Programa Entomologia Yuca

1.1 Insectos escamas

Se han identificado diversas especies de escamas que atacan los tallos de yuca en muchas regiones productoras del mundo. La calidad del material de siembra se puede reducir significativamente si las estacas están infestadas con insectos escamas. La escama blanca, Aonidomytilus albus, puede reducir la germinación en un 50-60 por ciento dependiendo del grado de infestación. La inmersión de estacas infestadas en soluciones de insecticidas redujo la infestación, pero las estacas altamente infestadas aún germinaron pobremente después de los tratamientos. En consecuencia, se recomienda no utilizar estacas infestadas con escamas como material de propagación. A. albus es una plaga encontrada en la mayoría de las regiones productoras de yuca en el mundo.

1.2 La mosca de la fruta

Se han identificado dos especies de mosca de la fruta, Anastrepha pickeli y A. manihoti, que atacan la yuca en América. Las larvas de esta mosca hacen túneles en los tallos de las plantas de yuca, formando galerías de color marrón en el área de la médula. Un patógeno bacteriano (Erwinia carotovora pvr carotovora) frecuentemente encontrado en asociación con las larvas de la mosca de la fruta, puede causar pudriciones severas del tejido del tallo. Las estacas tomadas de tallos afectadas presentan menor germinación.

1.3 Barrenadores del tallo

En estacas utilizadas para siembra se han encontrado barrenadores del tallo, principalmente del órden Coleóptera. Es factible que la infestación haya ocurrido en las plantas en crecimiento, pero la infestación también puede ocurrir durante el almacenamiento del material de siembra. El material de siembra se debe inspeccionar cuidadosamente antes de su utilización.

II. Daño de las estacas en Pre y Posgerminación y de las plantas jóvenes

2.1 Chizas

Las chizas blancas (Leucopholis rorida y Phyllophaga sp.) atacan el material de siembra o las raíces de plantas jóvenes. Se han encontrado varias especies de chizas blancas que atacan la yuca en gran parte de las regiones productoras de yuca del mundo. El estado adulto de la chiza es un escarabajo, generalmente de la familia Scarabaeidae.

El daño ocasionado por las chizas se caracteriza por la destrucción de la corteza de las estacas sembradas las cuales pueden podrirse y morir. El ataque a las plantas jóvenes (1-3 meses) ocasiona el marchitamiento de las hojas. Las larvas se alimentará de la corteza de la parte basal del tallo, generalmente bajo el suelo o formarán túneles dentro de la estaca. Las larvas son de color blanco con cabeza oscura y su longitud puede ser hasta de 5 centímetros. Generalmente se localiza alrededor de la estaca o

de las raíces de la planta. En Indonesia se describió la biología de L. rorira en yuca. Los adultos son activos después del inicio de las lluvias, y el daño más severo ocurre aproximadamente 4-6 meses después. Los adultos inician la oviposición aproximadamente nueve días después del apareamiento, y ovipositan profundamente en el suelo (50-70 cm) hasta 37 huevos individuales de color blanco aperlado. Los huevos eclosionan en aproximadamente tres semanas. El estado larval tiene una duración de aproximadamente 10 meses, y las larvas de 4-6 meses de edad son las más destructivas. Las larvas viven a una profundidad de 20-30 centímetros donde se alimentan de las raíces. Empupan a una profundidad de aproximadamente 50 centímetros. El estado de prepupa dura 14 días y el estado de pupa aproximadamente 22 días. Otros hospedantes incluyen maíz, arroz y batata.

Las observaciones de Phyllophaga sp. en Colombia indican que su ciclo de vida dura un año, y el mayor daño ocurre al inicio de la estación lluviosa. Los ataques frecuentemente ocurren si la yuca se siembra en un suelo que anteriormente tenía pastos o en un campo enmalezado. Al momento de la preparación del suelo frecuentemente se pueden detectar altas poblaciones.

Control: Las chizas blancas se controlan efectivamente con Aldrin (2,5 %, 50 Kg/ha) y Furadán 3 g/m^2 (carbofuran 0,09 gr. i.a/planta)aplicados bajo la estaca en el suelo. Los tratamientos de inmersión de las estacas en soluciones de insecticidas no han sido tan exitosas como las aplicaciones al suelo. El hongo Metarrhizium anisopliae, es patogénico para las chizas.

2.2 Gusanos trozadores

Existen varias especies de gusanos trozadores que atacan la yuca y ocasionan daño a las plantas de tres maneras.

1) Los trozadores de la superficie, tales como Agrotis ypsilon, los cuales causan daño en un sector cercano a la superficie del suelo (sobre o bajo la superficie), y dejan la planta doblada sobre el suelo. Las larvas son de color gris grasoso a marrón con rayados de colores claros.

2) Los trozadores trepadores, tales como Prodenia eridania, trepan los tallos, consumen yemas y follaje y pueden hacer cortes anulares en los tallos y ocasionar el marchitamiento y muerte de las plantas. La larva bien desarrollada es de color gris oscuro o casi negro y presenta bandas laterales amarillas.

3) Los trozadores subterráneos permanecen en el suelo para alimentarse de las raíces y partes subterráneas de los tallos, lo cual causa una pérdida de material de siembra. La pérdida de plantas jóvenes puede alcanzar el 50 por ciento lo cual hace necesaria la resiembra.

El ataque de gusanos trozadores ocurre esporádicamente pero es más frecuente cuando la yuca le sigue al maiz en rotación. La biología de las tres categorías de especies trozadoras que atacan la yuca es similar. Los huevos son ovipositados en masas en el envés de las hojas cercanas al suelo. Los

huevos eclosionan en 6-8 días y se desarrollan en 20-30 días. El estado de pupa (8-11 días) ocurre en el suelo o debajo de los residuos de plantas. La oviposición se inicia aproximadamente una semana después de la emergencia de los adultos. Una generación dura aproximadamente dos meses, y bajo condiciones ambientales favorables, pueden ocurrir varias generaciones en el año.

Control: Los ataques de trozadores son esporádicos pero ocurren más frecuentemente cuando la yuca le sigue al maiz o sorgo, o cuando se siembra en campos adyacentes a estos cultivos. Las estacas de mayor longitud (30 cm) permitirán la recuperación de las plantas del ataque de trozadores de la superficie. Los trozadores que atacan las plantas por encima o a nivel del suelo se pueden controlar efectivamente con cebos envenenados (10 kg de aserrín, 8-10 litros de agua, 500 g de azúcar ó 1 litro de melaza y 100 g de trichlorfón, para 1/4 ó 1/2 ha). Los trozadores subterráneos se pueden controlar mediante aplicaciones de aldrín o carbofurán alrededor de las estacas.

2.3 Termitas

Las termitas atacan la yuca principalmente en las tierras bajas del trópico. Se han reportado como plaga en diversas regiones del mundo, pero primordialmente en Africa. En Madagascar se han identificado las especies Coptotermes voeltzkowi y C. paradoxus (Rhinotermitidae). Se alimentan del material de propagación, raíces, raíces engrosadas o plantas en crecimiento. El daño principal parece ser la pérdida de estacas; también pueden afectar severamente el establecimiento del cultivo, especialmente durante períodos secos prolongados. Se ha observado daño en raíces engrosadas y posteriormente la pudrición de las mismas debido a las termitas.

En Colombia Coptotermes niger se alimenta de material de propagación (estacas), de raíces o de plantas en crecimiento que presentan partes en proceso de secamiento o muerte debido a condiciones climáticas desfavorables, patógenos o mala calidad de semilla. Es necesario realizar protección a las estacas al momento de establecer el cultivo para garantizar buena germinación y buen desarrollo de plantas. La protección debe hacerse en base a mezclas de fungicidas tales como: Captan + Carbendazin 2 gr. i.a/litro de agua y posteriormente aplicación de Aldrin en polvo a las estacas o al suelo en dosis de 0.025 gr. i.a. por estaca o sitio.

2.4 Grillos

Los grillos (Gryllus assimilis y Gryllotalpa sp.) causan daño a las plantas de yuca al cortar los retoños jóvenes despues de su emergencia. También pueden causar daño en la base de la planta lo cual favorece la susceptibilidad al volcamiento por el viento. Para su control se pueden utilizat los mismos insecticidas recomendados para los insectos trozadores.

III. Insectos y Acaros que atacan las partes aéreas

3.1 Consumidores de follaje

3.1.1 El gusano cachón

El gusano cachón, Erinnyis ello generalmente se considera como una de las plagas más severas de la yuca en América. Este insecto no se ha reportado en Africa y Asia. La defoliación durante los meses iniciales del crecimiento del cultivo puede ocasionar pérdidas en el rendimiento. Se han estimado reducciones del rendimiento de 10-50 por ciento, dependiendo de la edad de la planta e intensidad del ataque. Los ataques fuertes pueden ocasionar la muerte de las plantas jóvenes. En estudios de simulación del daño se observó que la defoliación de plantas jóvenes (2-5 meses) reduce más el rendimiento que la defoliación de plantas de más edad (6-10 meses). Aunque cada larva puede consumir 1.107 cm^2 de área foliar, se pueden tolerar altas poblaciones puesto que bajo condiciones ambientales favorables, puede haber hasta un 80 por ciento de defoliación sin que se presenten reducciones en el rendimiento de raíces. Las hembras son de hábitos nocturnos, de color ceniza y ovipositan los huevos grandes de color verde claro en el haz de las hojas de yuca. En condiciones de jaulas de oviposición colocadas en el campo (25°C, 80% HR); la hembra tiene una longevidad promedio de 8,6 días y el macho de 7 días.

El período de preoviposición es de 3 a 4. Una hembra puede llegar a ovipositar durante toda su vida hasta 1800 huevos con un promedio de 850 huevos cuando están en parejas individuales, y de 448 cuando están en grupos de parejas. Las hembras y los machos se pueden diferenciar en el estado pupal por la posición de la apartura genital. La apertura genital del macho (gonoporo) se encuentra localizada en el noveno segmento abdominal con el octavo segmento libre, en tanto que la apertura genital de la hembra alcanza a ocupar el octavo segmento. La relación de sexo es aproximadamente de una hembra por un macho. Las larvas varían en su color; los colores más comunes son el amarillo, verde, negro, gris oscuro y canela. Las larvas en el quinto estado larval pueden alcanzar 10-12 centímetros. Maduran en aproximadamente 12 a 15 días y migran hacia el suelo donde forman una pupa en forma de castaña de color marrón con rayas negras bajo los residuos de planta. El adulto emerge en aproximadamente 15 a 20 días. Los brotes generalmente ocurren después del inicio de la estación lluviosa pero son irregulares y pueden no ocurrir durante años.

Control: El uso de prácticas culturales adecuadas (control de malezas, buen preparación del terreno), puede reducir las poblaciones de adultos y pupas. Hay varios parásitos y predatores del gusano cachón. Los huevos de la mariposa de E. ello son parasitados por Trichogramma spp. y Telenomus sp. Entre los predatores del huevo se incluye Chrysopa sp. Las larvas son parasitadas por Apanteles congregatus y A. americanus, y por moscas Tachinidae. Predatores de las larvas incluyen a las avispas Polistes canadensis y P. erythrocephalus, los pentatomidae Alceorhynchus grandis, y Podisus sp.

Aspersiones con suspensiones bacteriales de Bacillus thuringiensis en dosis de 2 a 3 gm. de producto comercial por litro de agua proveen un control muy efectivo. Este control es más eficaz contra las larvas en los tres primeros instares. También se ha identificado un virus de la larva y un hongo de la pupa. El control químico con Dipterex es efectivo contra las larvas, pero debe evitarse ya que destruye los insectos benéficos que ejercen control biológico lo cual puede aumentar la frecuencia de ataque de esta plaga.

Utilización de trampas de luz

Se utilizan las trampas de luz ultravioleta debido a la gran atracción que ejerce sobre los adultos del gusano cachón.

Se ha observado que la lámpara de luz negra tipo BL y la lámpara de luz negra azulada tipo BLB, son las más recomendables para utilizar en los trampeos de Erinnyis.

Las trampas de luz no constituyen un método de control sino que permiten conocer las fluctuaciones de las poblaciones de adultos de Erinnyis, las épocas de mayor y menor abundancia con lo cual se puede planificar mejor la aplicación de las diferentes técnicas que se utilizan en el manejo de las plagas.

En observaciones preliminares se capturaron un máximo de 3094 adultos en una noche, determinándose que el mayor número de individuos se capturaron entre las 12 pm y las 2 am.

Esta información es importante porque en los lugares donde no se tenga energía, las trampas se pueden hacer funcionar sólo de 12 pm a 2 am utilizando baterías o motores movidos por combustible.

Métodos mecánicos

Las recolecciones manuales de de larvas y pupas resultan muy efectivas en la reducción de las poblaciones del gusano cachón. Esta práctica tiene más aplicabilidad cuando se hace en los campos donse se inician los ataques del insecto.

3.1.2 Hormiga cortadora de hojas

En América se han reportado varias especies de hormigas (Atta sp. y Acromyrmex sp) que se alimentan de yuca. Las plantas de yuca pueden sufrir defoliación cuando una alta población de hormigas obreras atacan un cultivo. Las hormigas hacen un corte semicircular en la hoja; durante ataques severos, también cortan las yemas. Las partes cortadas son llevadas al hormiguero bajo la superficie del suelo donde por masticación forman una pasta sobre la cual crece el hongo Rhozites gongylophora. Los brotes frecuentemente ocurren durante los primeros meses del crecimiento del cultivo; no se conoce su efecto sobre el rendimiento.

Control: El medio más efectivo de control es el uso de insecticidas. Los hormigueros, los cuales se observan con facilidad debido a los montones

de tierra alrededor de los orificios de entrada, se pueden destruir mediante la fumigación con humo de disulfuro de carbono y azufre o arseniatos. Los hidrocarburos clorinados aplicados alrededor del hormiguero o los cebos granulados de mirex a lo largo de los caminos dejados por las hormigas, dan un control efectivo.

3.2 Acaros e insectos chupadores

3.2.1 Acaros

Los ácaros son probablemente la plaga más seria que ataca la yuca. Frecuentemente atacan el cultivo durante la estación seca y causan daños severos en la mayoría de las regiones productoras de yuca del mundo. El ácaro verde de la yuca Mononychellus tanajoa, nativo de América, ha ocasionado considerables reducciones del rendimiento en partes de Africa Oriental después de su introducción a esta área. Los informes recientes indican que este ácaro se está diseminando a otras áreas de Africa.

El ácaro Tetranychus urticae es universal, pero es una plaga importante en partes de Asia.

La distribución de Oligonychus peruvianus se limita a América y Africa Oriental y no se ha reportado en Asia.

Los ácaros se pueden encontrar en gran número en el envés de las hojas bajo óptimas condiciones ambientales. Generalmente las plantas más viejas son más susceptibles al ataque.

El ácaro Mononychellus generalmente se encuentra alrededor de los puntos de crecimiento de las plantas, en las yemas, hojas jóvenes y tallos; las partes más bajas son menos afectadas. Cuando emergen, las hojas presentan puntos amarillos, pierden su color verde normal, desarrollan una apariencia moteada, bronceada en forma de mosaico y se deforman. En ataques severos, los retoños pierden su color verde, los tallos se escarifican, primero se tornan ásperos y de color marrón y eventualmente se presenta la muerte descendente. Los tallos y hojas sufren necrosamiento progresivamente de las partes superiores a las inferiores.

El daño ocasionado por el ácaro Tetranychus aparece primero en las hojas más bajas de la planta. Inicialmente se observan puntos amarillos a lo largo de la nervadura central, los cuales eventualmente se extienden a la totalidad de la hoja, la cual toma un color marrón rojizo o herrumbroso. Comenzando con las hojas basales, las hojas severamente infestadas se secan y caen, y las plantas pueden morir.

La presencia del ácaro Oligonychus se caracteriza por manchas blancas pequeñas, las cuales son redes que la hembra esparce sobre la superficie del envés de las hojas, comunmente a lo largo de las nervaduras centrales y laterales y los márgenes. La oviposición ocurre bajo estas redes donde se desarrollan los estados inmaduros. En el haz de las hojas se forman las correspondientes manchas amarillas a marrón. El daño es más marcado en las hojas inferiores.

Nyiira reportó reducciones del rendimiento hasta del 40 por ciento en Africa debido a M. tanajoa. En estudios recientemente realizados en Venezuela (Doreste, comunicación personal) se estimaron reducciones del rendimiento del 30-40 por ciento debido a este ácaro. Las infestaciones de ácaros en el CIAT incluyen las tres especies mencionadas y en experimentos recientes se detectó una pérdida en rendimiento del 20 por ciento cuando el ataque de ácaros ocurrió del quinto al septimo mes del crecimiento de las plantas.

Control: La evaluación del banco de germoplasma del CIAT por resistencia a los ácaros indica que existen bajos niveles de resistencia o tolerancia al Tetranychus y niveles moderados al Mononychellus y Oligonychus.

También existen varios agentes de control biológico que regulan las poblaciones de ácaros entre las cuales se destacan Oligota minuta (Coleoptera: Staphylinidae), Stethorus sp. (Coleoptera: coccinellidae) y varios ácaros Phytoseiidae.

En caso extrictamente necesario se pueden aplicar algunos productos acaricidas tales como Monocrotophos, clordimeform (Galecron, Fundal), dimetoato y binapacril (Acricid) en dosis comerciales.

3.2.2 El chinche de encaje

El daño causado por chinches de encaje (Vatiga manihotae) sólo se ha reportado en América. No se conocen los efectos de este insecto sobre el rendimiento. Los adultos son de color gris y miden aproximadamente 3 milímetros de longitud. Las ninfas de color blanco son más pequeñas, y tanto las ninfas como los adultos se pueden encontrar en gra número en el envés de las hojas. Las hojas afectadas presentan manchas amarillas las cuales eventualmente se tornan de color marrón rojizo, semejante al daño por ácaros. Puede ocurrir un daño considerable al follaje.

Los estudios de laboratorio realizados en el CIAT indicaron cinco estados de desarrollo, que duraron 2,9, 2,6, 2,9, 3,3 y 4,8 días respectivamente (total 16,5 días). El estado de huevo dura aproximadamente ocho días; las hembras ovipositan en promedio 61 huevos. La longevidad de los adultos dió un promedio de 50 días. Los períodos secos prolongados favorecen una mayor población de chinches de encaje y fueron mayores durante los primeros tres meses del crecimiento de las plantas.

En CIAT-Palmira se ha observado que un chince (Hemiptera: Reduviidae) es un excelente predator de ninfas y adultos de Vatiga, llegando a consumir durante todo su ciclo biológico un promedio de 475 individuos del chinche de encaje.

3.2.3 Mosca blanca

La mosca blanca (Aleyrodidae) atacan la yuca en América, Africa y ciertas partes de Asia. Aunque no causan daños económicos, su importancia radica

en que son vectores del mosaico de la yuca en Africa e India. En estas áreas la especie más importante es Bemisia tabaci. En Africa también se han reportado las especies B. gossypiperda y B. nigeriensis. Las especies más frecuentemente encontradas en yuca en América incluyen Trialeurodes variabilis, Aleurotrachelus socialis, B. tuberculata y Aleurothrixus sp. Aunque B. tabaci se ha reportado en América, existen dudas con relación a su capacidad para alimentarse en yuca. El mosaico africano, revisado por Lozano y Booth, no se encuentra en América.

Altas poblaciones de mosca blanca pueden causar el amarillamiento y necrosis de las hojas bajeras de la planta de yuca. En Colombia se han observado infestaciones severas de Aleurotrachelus socialis; el daño foliar se manifestó por un moteado o encrespamiento severo con síntomas similares al mosaico en las variedades susceptibles. Una enfermedad fungosa que produce un moho negro frecuentemente encontrada en excresiones de la mosca blanca, puede tener un efecto adverso sobre la fotosíntesis de la planta.

Las poblaciones de adultos casi siempre se encuentran en el envés de las hojas en desarrollo, donde ocurre la oviposición. Una generación de B. tabaci dura 4-5 semanas, dependiendo de las condiciones climáticas, se pueden presentar hasta 10 generaciones por año.

Los estudios sobre la biología de T. variabilis indicaron que las hembras ovipositan un promedio de 161 huevos, con un sesenta y dos por ciento de supervivencia desde el huevo hasta el adulto. La longevidad promedio de las hembras fué de 19,2 días y la del macho, 8,8 días. La pupa de forma oblonga normalmente es de color verde pálido pero la de Aleurotrachelus es negra con una secreción blanca cerosa alrededor del márgen exterior. Las hojas altamente infestadas se encuentran casi totalmente cubiertas con los estados inmaduros y pupas, lo cual le da al envés un efecto blanco brilloso. Las infestaciones también se han observado en las hojas superiores e inferiores.

Las poblaciones altas generalmente se asocian con la estación lluviosa cuando las plantas se encuentran más vigorosas. Los niveles de población pueden depender más de las condiciones fisiológicas de la planta que del clima.

Control: La utilización de variedades resistentes y de insectos benéficos parece ser el método más racional para regular las poblaciones de mosca blanca.

En zonas con altas poblaciones de mosca blanca las aplicaciones de insecticidas sólo son efectivas cuando se realizan con intérvalos de 15 días con productos tales como monocrotophos en dosis de 0,6 cc de i.a./litro de agua.

3.3 Insectos raspadores

3.3.1 Trips

Se han identificado varias especies (Frankliniella williamsi Hood

Corynothrips stenopterus y Caliothrips masculinus) de trips que atacan a la yuca, todas pertenecientes a la familia Thripidae. Los thrips son una plaga principal en América Central y Suramérica y también se han reportado en Africa.

La especie más importante es F. williamsi que causa daños a las yemas terminales de la planta. Las hojas no se desarrollan normalmente; los folíolos se deforman y presentan manchas amarillas cloróticas irregulares. El daño causado por el estilete a las hojas en expansión causa la deformación y distorsión, lo cual ocasiona la ausencia de lóbulos foliares. En los tallos y pecíolos aparece un tejido de color marrón y los entrenudos se acortan. Los puntos de crecimiento pueden morir lo cual causa el crecimiento de yemas laterales, las cuales también pueden sufrir el ataque, dándole a la planta la apariencia de una escoba de bruja. El ataque es más frecuente durante los períodos secos y las plantas se recuperan al inicio de la estación lluviosa.

En el CIAT se estudiaron las reducciones del rendimiento debido al ataque de los trips. Los resultados indican que los trips pueden ocasionar una pérdida en rendimiento del 15-20 por ciento, lo cual es consistente con la literatura.

Control: El control de los trips se logra eficientemente mediante el uso de variedades resistentes, las cuales se consiguen con facilidad. La resistencia se basa en la característica morfológica de las vellosidades de la yema foliar y casi el 50 por ciento del banco de germoplasma del CIAT (2.300 variedades) presenta altos niveles de resistencia.

Para su control se pueden lograr buenos resultados mediante la aplicación de productos sistémicos tales como dimehoato o thiometon en dosis de 1 a 1,5 cc de producto comercial por litro de agua.

3.4 Insectos perforadores del tallo

3.4.1 La mosca del cogollo

El daño ocasionado por la mosca del cogollo (Silba pendula, Carpolonchaeae chalybea) se puede observar en casi todas las regiones productoras de yuca en América. La plaga no se ha reportado en Africa y Asia.

El daño ocasionado por la larva de la mosca del cogollo se manifiesta por un exudado blanco a marrón que fluye del punto de crecimiento, el cual eventualmente muere. Esto retarda el crecimiento de la planta, rompe la dominancia apical y estimula la germinación de las yemas laterales, las cuales también pueden sufrir el ataque. En algunos casos, sólo muere parte de la yema apical y el rotoño continúa su crecimiento. Las plantas más jóvenes son más susceptibles al ataque; los ataques repetidos pueden ocasionar el enanismo de la planta. En brotes severos, se ha reportado hasta un 86 por ciento de plantas afectas; en estudios de simulación del daño, la remoción del 50 y 100 por ciento de los retoños de plantas 2-5 y 6-9 meses de edad

de la planta. La variedad de ramificación tardía Mecu 150 fué más susceptible que la Llanera en los primeros meses del cultivo (2-5 meses) y el rendimiento se redujo en aproximadamente un 30 por ciento. La remoción de los retoños a los 6-9 meses de edad no afectó el rendimiento de ninguna de las variedades. En base a plantas individuales, se observó una reducción del rendimiento del 15,5 16,7 y 34,12 por ciento cuando ocurrió un ataque natural a los 4,5 5,5 y 6,5 meses, respectivamente. Las plantas afectadas se observaron más pequeñas y pueden haber sufrido el sombrío ocasionado por las plantas sanas adyacentes, y en consecuencia, estas pérdidas en rendimiento pueden corresponder a valores sobreestimados.

La mosca adulta oscura de color azul metálico realiza la oviposición entre las hojas que aún no han iniciado su expansión en los puntos de crecimiento o en una cavidad pequeña en el tejido perforado por el ovipositor. Se han observado hasta 22 huevos por retoño, pero el promedio es de 3-8 huevos. Los huevos eclosionan en aproximadamente cuatro días, y las larvas jóvenes construyen túneles en el tejido blanco eventualmente matan el punto de crecimiento. En la yema afectada se pueden observar varias larvas blanquecinas. El período larval tiene una duración de aproximadamente 23 días; las larvas empupan en el suelo y la mosca adulta emerge aproximadamente 26 días después. La mosca es más activa en días soleados.

Los ataques pueden ocurrir durante todo el año, pero en muchas áreas son estacionales y frecuentemente se presentan al inicio de la estación lluviosa. En el CIAT el período seco fué favorable para mayores poblaciones de mosca del cogollo.

Control: Las larvas son difíciles de controlar. Se recomienda el uso de insecticidas sistémicos órganofosforados durante los ataques tempranos si las poblaciones son altas. Un cebo efectivo para el control de los adultos es el uso de insecticidas y una solución de azúcar, el cual se asperja sobre las plantas. También se recomienda el uso de trampas con frutas descompuestas, caseína o levadura con un insecticida como atrayente.

3.4.2 La mosca de la fruta

Frecuentemente se indica que la mosca de la fruta de la yuca (Anastrepha manihoti, A. pickeli) ataca el fruto de la yuca, donde no causa pérdidas económicas. Sin embargo esta plaga ha causado daños severos a los tallos de la planta de yuca. Los ataques Anastrepha en el tallo ocurren aproximadamente a 10-20 centímetros debajo del ápice donde se puede observar un orificio pequeño de entrada o salida. La hembra de color amarillo o canela inserta el huevo en el tejido del tallo, y al momento de la eclosión la larva blanca-amarilla barrena el tallo hacia abajo a través de la médula.

En asociación con la larva frecuentemente se encuentra una bacteria patógena, la cual puede causar una pudrición severa del tejido del tallo. Frecuentemente se observa un exudado blanco que fluye del túnel de la larva. Los ataques severos pueden causar la muerte y colapso de los puntos de crecimiento, la cual retarda el crecimiento de la planta y estimula el crecimiento de las yemas laterales. Esta pudrición secundaria pueda causar una reducción en el rendimiento y una pérdida de estacas de siembra.

Aun no se conoce el nivel de pérdidas ocasionadas por esta plaga, pero aparentemente es importante la edad de la planta al momento del ataque. Las plantas más jóvenes (2-5 meses) sufren más debido al ataque de la mosca de la fruta.

Control: El uso de atrayentes o cebos envenenados es un método de control promisorio. Se ha identificado un parásito Hymenoptera (Opius sp.);el insecticida Lebaycid (Fenthion) da un buen control de larvas en el tallo, aplicado en dosis de 1 a 1,5 cc de producto comercial por litro de agua.

3.4.3 Barrenadores del tallo

Se han reportado numerosas especies de insectos que se alimentan y causan daño a los tallos y ramas de la planta de yuca. Aunque su distribución es mundial, tienen mayor importancia en América, especialmente en Brasil. Generalmente causan daños esporádicos o localizados, y ningúna de las especies se puede considerar como plaga universal.

Los barrenadores del tallo más importantes pertenecen al órden Coleóptera y Lepidóptera. Los barrenadores del tallo son altamente específicos para hospedantes, y se ha reportado que sólo pocos se alimentan en hospedantes alternantes. En Africa se han identificado varios lepidópteros y coleóp teros, pero en Asia (Indonesia) sólo se ha reportado la especie Lagochirus sp. En América existen 7 especies de Coelosternus que atacan la yuca y la especie C. manihoti se considera plaga en Africa. A continuación sólo se discutirán en detalle las especies Coelosternus spp. y Lagochirus spp.

Las larvas varían en tamaño y forma dependiendo de la especie. Algunas pueden medir hasta 30 milímetros de longitud. Las larvas generalmente son de color blanco, amarillo o canela y se pueden encontrar formando túneles en las partes aéreas de las plantas. Los tallos y ramas se pueden romper o reducir a aserrín. Durante los períodos secos las ramas pueden perder sus hojas o morir, y bajo infestaciones severas las plantas pueden morir. En las ramas infestadas o en el suelo debajo de la planta se pueden encontrar excresiones y exudados del aserrín expulsados por las larvas.

La hembra de Coelosternus spp. puede ovipositar en varias partes de la planta de yuca, pero prefiere las partes tiernas. En C. alterans la oviposición se ha observado cerca de los extremos quebrados o cortados de ramas o debajo de la corteza en cavidades perforadas con la proboscis. La oviposición por C. granicollis comienza tres días después del apareamiento; la hembra penetra en el tallo y oviposita varios huevos blancos.

Las larvas pueden variar de tamaño, lo cual depende de la especie. Las larvas de C. alternans totalmente desarrolladas miden 16 milímetros de longitud y un máximo de 4 milímetros de ancho, en tanto que las C. tardipes miden 9X2,5 milímetros. La mayoría de las larvas son curvas, con un cuerpo de color blanco amarillento a marrón pálido, presentan una cabeza capsular de color marrón rojizo y sus mandíbulas son negras. En C. rugicolis, sólo se encuentra una larva en cada tallo, en tanto que en las otras especies, se pueden observar varias larvas. El período larval dura 30-69 días.

Las larvas totalmente desarrolladas de todas las especies empupan dentro de una celda construída en la región de la médula. La pupa se sostiene en su celda por un extremo de la perforación hecha en el tallo, con excreciones larvales; la duración del estado de pupa es de aproximadamente un mes. Después de su emergencia, el adulto puede permanecer en la celda durante varios días antes de abandonar el tallo. El tamaño de los adultos oscila entre 6 milímetros de longitud para C. granicollis a 12 milímetros para el C. alternus y C. rugicolis. El color de los adultos es marrón claro a oscuro y se pueden observar casi totalmente cubiertos con escamas amarillentas. Los adultos son activos durante todo el año, pero la actividad puede disminuir en algunas áreas durante los meses más frescos. Los adultos de Lagochirus spp. ovipositan en los tallos y ramas aproximadamente 2,5 centímetros bajo la corteza; los huevos eclosionan en 5-6 días. El período de desarrollo larval es de aproximadamente dos meses; las larvas miden hasta 29 milímetros; se alimentan en la base de la planta y se pueden encontrar numerosas larvas en una planta. El período de pupa, el cual tiene una duración de aproximadamente un mes, ocurre en la perforación hecha por la larva. Los adultos son voladores nocturnos de vuelo rápido, y son activos durante todo el año. Son de color marrón, con una longitud de aproximadamente 17 milímetros y se alimentan de hojas y cortezas.

Chilomima clarkei (Lepidoptera: Pyralidae) es otro barrenador del tallo que afecta las plantaciones de yuca y del cual no se tiene suficiente información sobre las pérdidas de rendimiento ocasionadas por sus ataques.

En CIAT se ha observado que una hembra de Chilomima coloca individualmente hasta 237 huevos en los tallos cerca de los brotes.

La larva recien eclosionada es amarilla en su totalidad, más tarde la cápsula cefálica se torna café permaneciendo de color amarillo el resto del cuerpo. Antes de penetrar en el tallo la larva permanece afuera durante 15 días aproximadamente, alimentandose de la corteza del tallo y de los brotes posteriormente penetra en el tallo formando galerías de 3 a 10 centímetros de largo.

Los ataques se identifican por la presencia en la boca de las galerías de una masa formada por excrementos y seda producidos por la larva. Las larvas empupan dentro del tallo y los adultos emergen 13 a 15 días más tarde. Existen varios enemigos naturales de Chilomima, algunos de los cuales actúan como parásitos de huevos y otros como parásitos de larvas y pupas.

Control: En virtud de que los adultos de los barrenadores del tallo son difíciles de matar y las larvas se alimentan dentro de los tallos, no es práctico adelantar un control con insecticidas. Las prácticas culturales que reducirán las poblaciones de la plaga incluyen la remoción y quema de las partes de la planta infestadas. Sólo se deben utilizar estacas de siembra no infestadas y sin daños.

3.5 Deformadores foliares

3.5.1 La mosca de las agallas

En América se han reportado varias especies de mosca de las agallas en yuca, siendo la más frecuente Iatrophobia brasiliensis (Diptera: Cecidomyiidae). Esta mosca más frágil generalmente se encuentra en el envés de las hojas donde ovipositan. Las larvas ocasionan el crecimiento anormal de las células en las hojas y la formación de una agalla. Las agallas foliares en el haz de las hojas son de color verde amarillento a rojo y más estrechas en la base y frecuentemente curvas. Cuando se abren las agallas presentan un túnel cilíndrico con una larva en su interior. Se considera que la mosca de las agallas tiene poca importancia económica y generalmente no requiere control. Sin embargo, se ha reportado que recarga el crecimiento de las plantas jóvenes cuando los ataques son severos (a los 2-3 meses de edad). Para reducir las poblaciones se recomienda la colección y destrucción de las hojas afectadas a intervalos semanales.

3.6 Insectos que atacan el tallo externamente

3.6.1 Insectos escamas

En la mayoría de las regiones productoras de yuca se han identificado varias especies de escamas (Aonidomytilus albus, Saissetia spp., Hemiberlesia diffinis, Ceroplaster sp.) que atacan los tallos de la yuca. En el CIAT las pérdidas en rendimiento de plantas altamente infestadas alcanzaron un 19 por ciento (en base a plantas individuales).

Los tallos atacados ocasionan el amarillamiento y caída de las hojas. En los ataques severos el crecimiento de las plantas se retarda los tallos se pueden secar y ocurre la muerte de la planta. El mayor daño ocasionado por las escamas parece ser la pérdida de material de siembra. Las estacas de siembra altamente infestadas con escamas presentan una baja germinación, las raíces se desarrollarán pobremente y perderán su palatabilidad. La escama adulta de A. albus tiene forma de mejillón y está cubierto por una secresión blanca cerosa. Ataca las ramas de la yuca especialmente durante la estación seca.

Swaine (1950) estudió en detalle la biología de A. albus. Las pieles de las mudas del primer y segundo estado ninfal se incorporan a la escama. A diferencia de las hembras, los machos tienen patas y alas bien desarrolladas. La hembra produce un promedio de 47 huevos, los cuales ovipositan entre la escama superior cobertura y la secreción algodonosa inferior. Durante la oviposición la hembra se encoge y marchita. Los huevos eclosionan en cuatro días; los primeros estados ninfales (rastreros) son locomotores y pueden dispersarse. Estos estados se fijan en 1-4 días, se cubren con numerosos hilos finos, mudan en 11 días y se tornan inmóviles. Después de cuatro días aparece la hembra adulta y comienza la oviposición en 1-2 días. La generación de una hembra pasa en 22-25 días.

La dispersión ocurre por el viento, por movimiento rastrero o a través

de las estacas infestadas. El medio más importante de diseminación es el almacenamiento de estacas infestadas con estacas sanas.

Control: El método más efectivo de control es el uso de material de siembra no infestado, y la quema de plantas infestadas para prevenir la diseminación de las escamas.

Se ha reportado la especie Chilocorus distigma (Coccinellidae), como predatora de A. albus. En Cuba se han reportado dos parásitos hymenopteros (Aphelinidae), Aspidoiphagus citrinus y Signiphora sp. Sobre A. albus se encontró un hongo marrón en forma de esponja (Septogasidum sp.). En Colombia se ha observado más del 79% de parasitismo de Saissetia miranda por dos microhymenopteros, Anagyrus sp. y Surtellista sp.

3.6.2 Piojo harinoso

En Colombia, Brasil y parte de Africa se han reportado daños en yuca por piojo harinoso. Las especies identificadas en el CIAT son Phenacoccus gossypii y Phenacoccus manihote, en tanto que en Brasil las especies identificadas son Ph. gossypii y Phenacoccus sp.

El piojo harinoso del Africa es Pseudococcus virgatus (Ferrisiana virgata, Dastulopius virgatus), Ph. citri y Ph. adonidum. Las altas poblaciones de piojo harinoso causa la defoliación de las plantas de yuca y el secamiento del tejido del tallo, lo cual resulta en una pérdida de material de siembra. Las hojas se amarillan y secan,y las plantas defoliadas forman nuevas yemas, las cuales también sufren el ataque.

Ph. gossypii presenta un amplio rango de hospedantes, los cuales incluyen cultivos alimenticios y plantas ornamentales. Las hembras depositan sacos que contienen un gran número de huevos alrededor del eje de tallos en ramificación u hojas, en el envés de la hoja donde el pecíolo se une con la hoja alrededor de las yemas en el tallo principal. Las ninfas jóvenes poco después de iniciar su alimentación exudan un material blanco ceroso de sus cuerpos el cual forma una cubierta para el insecto. Las poblaciones altas presentan una apariencia algodonosa a la porción verde o suculenta del tallo y al envés de la hoja. No permanecen fijas sino que se mueven lentamente sobre la superficie de la planta.

En CIAT el ciclo de vida de Ph. gossypii tuvo una duración de 29 a 32 días dependiendo de la variedad en que se desarrolló.

Control: Como base principal para el control de este insecto se buscan variedades resistentes y la utilización de sus numerosos enemigos naturales. Entre los parásitos se encontraron: Dos especies de Anagyrus (Encyrtidae), Hexacnemus sp., Eusemium sp., (Encyrtidae) y dos especies de género desconocido (Encyrtidae): El piojo es también parasitado por Haltichella sp., (Chalcididae), Signiphora sp., (Signiphoridae) y un pteromalidae de género desconocido. Entre los predatores se ha encontrado una variedad de coccinellidos: Coccidophilus sp., Scymnus spp., Cleothera onerata Mulsant, Cleothera sp., Diomus sp., Olla sp., Curinus colombianus, Cicloneda sanguinea, Cryptognatha auriculata, Hipodamia convergens, Pentilia sp., Prodilis sp.

Azya sp. También dos dipteros, Ocyptamus stenogaster complex (Sirphidae) y Kalodiplosis coccidarum (Felt) (Cecidomyiidae) cuyas larvas son predatoras de ninfas y huevos; además dos Neuropteros; Sympherobius sp. (Hemerobiidae) y Chrysopa sp. (Chrysopidae); dos Hemipteros de la familia Reduviidae, Zellus sp. y Emesaya sp. y un microlepidoptero Pyroderces sp. (Cosmopterigidae).

IV. Plagas de la yuca seca almacenada

Se han reportado aproximadamente 38 insectos, principalmente coleópteros, en tajadas o productos secos de la yuca. Muchos son polífagos; los únicos que son importantes son los que pueden reproducirse en la yuca seca. Estos incluyen Stegobium paniceum, Araecerus fasciculatus, Rhizopertha dominica, Dinoderus minutus, Tribolium casteneum y Latheticus oryzae. Los informes indican que la mayor parte del daño ocurre en yuca seca importada de Asia,Africa o de Europa.

No se dispone de información sobre pérdidas de yuca seca debidas a los insectos. En India, las tajadas de yuca quedaron convertidas en polvo en 4-5 meses. Los estudios recientes realizados en el CIAT, indican que A. fasciculatus y D. minutus pueden causar pérdidas considerables.

Control: Las medidas más efectivas de control sanitario son la limpieza y desinfección de las bodegas antes del almacenamiento y la remoción rápida del material infestado. Se indica que las variedades amargas de yuca son más resistentes a los gorgojos que las dulces; sin embargo, aún se requiere confirmar ésto. Las fumigaciones del grano también son métodos efectivos para controlar estas plagas.

V. Principios básicos de un sistema de control integrado de plagas

1. La yuca es ideal para un Programa de Control Biológico.

2. No se requieren altos niveles de resistencia a plagas y se dispone de resistencia a algunas plagas.

3. Es necesario comprender la interacción insecto-planta-medio ambiente. La precipitación parece ser el factor clave.

4. Las prácticas culturales (selección de material de siembra rotación de cultivos, etc.) puede reducir la incidencia de las plagas.

5. El uso de insecticidas se debe hacer racionalmente y sólo cuando sea extrictamente necesario.

6. El uso indiscrimiando de pesticidas interrumpirá los Programas de Control Biológico.

Estamos firmemente convencidos de que un programa de Control Integrado de laś plagas de yuca se debe basar en el contro biológico, la resistencia varietal y prácticas culturales. Estos tres eslabones en la cadena de control integrado tendrán papeles importantes en programas de manejo de plagas de yuca en el futuro.

REFERENCIAS

1. Alberto, J. 1957. Cassava II. Diseases, pests and wild animals. Gazeta Agrícola de Angola 2 (2): 504-506.

2. Albuquerque, M. de 1976. Cochonilha em mandioca na Amazonia. EMBRAPA, CPATU, Belem. 10 pp.

3. Barrios R., J. R. 1972. Reacción de 25 variedades de yuca, Manihot esculenta, al ataque de ácaros. Trabajo presentado a la VIII Jornadas Agronómicas, Cagua, Venezuela 7 p.

4. Bellotti, A. C., and A.V. Schoonhoven. 1976. World destruction identification and control of cassava pests. IV International Symposium on Tropical Root Crops Aug. 1976. CIAT, Cali, Colombia 24 pp.

5. Bennett, F. D. and M. Yaseen. 1974. Investigacion on the natural enemies of cassava mite Mononychellus tanajoa (Bondar) carried out by the Commonwealth Inst. of Biological Control on Trinidad under the IDRC grant 3-p-73-0136. Rept. April-Sept. 1974. 6 pp.

6. Bennett, F. D. and M. Yaseen. 1975. Investigation of the cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) and its natural enemies in the Neotropics. Mimeographed Rept. April 1974-March 1975, Commonwealth Institute of Biological Control. West Indies Sta. 12 pp.

7. Brasil. Universidade Federal de Bahía. Escola de Agronomía. 1973 Projecto mandioca. Cruz das Almas, Bahía, Brasil, 115 pp.

8. Cardenas, R. 1972. Principales plagas de la yuca y su control. In: Instituto Colombiano Agropecuario. Curso intensivo del cultivo de la yuca. Palmira, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones Agrop. pp. 14-19.

9. Carrasco, F. 1962. La hormiga "cuqui" Atta sexdens fuscata Santschi (Formicidae) grave problema entomológico para los cultivos tropicales. Rev. Peruana de Entomol. 5:94-97.

10. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1974. Ann Rept. 1973. 284 pp.

11. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1975. Ann. Rept. 1974. 260 pp.

12. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1976. Ann. Rept. 1975 Cassava Prod. Syst. 57 pp.

13. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1977. Ann. Rept. 1976 (In press).

14. Cosenza, E. W. and H. Correa. 1971. Estudo da cohinilha da mandioca na ragiao centro-oeste (Brazil). In: Reuniao da Comissao Nacional da Mandioca. 5a. Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971. Actas Sete Lagoas Instituto de Pesquizas Agropecuarias do Centro Oeste-41-42.

15. Costa, A. S., E. W. Kitajima, A. S. Pereira, J.R. Silva, and C. A. Camacho Díaz. 1970. Molestias de virus e de micoplasma da mandioca no Estado de Sao Paulo. Campinas, Brasil, Secretaria de Agricultura 18 pp.

16. Fernández, F. and Terán, J. B. 1973. Presencia de Chilomima clarkei (Amsel) y Chilozela bifilalis (Hmapson) (Lepidoptera, Pyralidae) en yuca (Manihot esculenta Crantz) en Venezuela. Agronomía Tropical (Venezuela). 23 (4): 407-411.

17. Fletchmann, C. H. W., and E. W. Baker. 1970. A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63: 156-163.

18. Fonseca, J.P. Da. 1945. Mandarova da mandioca. Biologico 8 (8): 210-215.

19. Erappa, C. 1938. Les Insects nuisibles au manioc sur pied et aux tubercules de manioc en magasin a Madagascar. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 18 (197): 17-29.

20. Frappa, C. 1938. Les insectes nuisibles au manioc sur pied et aux tubercules de manioc en magasin a Madagascar. II. Insectes nuisibles au manioc in magasin. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 1938: 104-109.

21. Gallego, M.F. L. 1950. Estudios entomológicos: el gusano de las hojas de la yuca. Rev. Fac. Nac. Agron., Medellín, Colombia 11: 84-120.

22. Golding, F. D. 1935. A probable vector of cassava mosaic in Soutern Nigeria. Tropical Agriculture (Trinidad) 12:215.

23. Golding, F. D. 1936. Bemisia nigeriensis corb., a vector of cassava mosaic in Southern Nigeria. Tropical Agriculture. 13. (7): 182-186.

24. Kaufmann, R. 1972. Biology and feeding habits of Zonocerus elegans (Orthoptera: Acrididae) in Central Tanzania. American Midland Naturalists 87 (1): 165-171.

25. Korytkowski, C. and D. Ojeda. 1968. Especies del género Anastrepha Schiner. 1968, en el nor-oeste peruano. Revista Peruana de Entomología 11 (1): 32-70.

26. Korytkowski, C. and D. Ojeda. 1971. Revisión de las especies de la familia Lonchaeidae en el Perú (Diptera: Acalyptratea). Rev. Peruana Entomol. 14: 87-116.

27. Lefevre, P.C. 1944. Note sur quelques insectes parasites de "Manihot utilissima Pohl" dans la region de Kasenyi (Lac Albert). Bulletin Agricole du Congo Belge 35 (1/4): 191-201.

28. Lozano, J.C.,A. Bellotti, A. V. Schoonhoven, R. Howeler, J. Doll, D. Howell and T. Bates. 1976. Field Problems in Cassava. CIAT series GE-16. 127 pp.

29. Lozano, J.C. and Booth, R. H. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz) Pans 20 (1): 30-54.

30. Lyon, W. F. 1973. A plant-feeding mite Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) new to the African continent threatens cassava (Manihot esculenta Crantz) in Uganda, East Africa. Pans 19 (1): 36-37.

31. Lyon, W. F. 1974. A green cassava mite recently found in Africa. Plant Protection Bulletin 22 (1): 11-13.

32. Montaldo, A. 1972. La yuca; trabajo sobre este cultivo, con especial referencia a Venezuela. Maracay, Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. 113 pp.

33. Monte, O. 1945. Observacoes biologicas sobre Coelosternus granicollis (Pierce) broca da mandioca. Arquivos do Instituto Biologico 15: 89-110.

34. Nestel, B. 1973. Current utilization and future potential for cassava In: Chronic cassava toxicity, proceedings of an interdisciplinary workshop. London, 1973, 11-26.

35. Normanha, E. S. 1971. Yuca; observaciones y recomendaciones sobre el cultivo en Nicaragua. Managua, Banco Central de Nicaragua. 29 pp.

36. Nyiira, Z.M. 1972. Report of investigation on cassava mites, Mononychus tanajoa (Bondar). Mimeogr. Dept. of Agric. Kawanda Research Station. 14 pp.

37. Nyiira, Z. M. 1973. Bioecological studies on the cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranichidae) Kampala Uganda, Kawanda Res. Sta. 6 pp.

38. Nyiira, Z. M. 1975 a. Biology distribution and ecology in Uganda of the green cassava mite Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranychidae). Ph. thesis. 314 pp.

39. Nyiira, Z. M. 1975 b. Cassava mites and meteorology. Symposium of the Uganda Society of Agronomy, Kampala, Uganda. Oct. 30-31 1975.

40. Nyiira, Z. M. 1975 c. Advances in research on the economic significance of the green cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) in Uganda, Workshop on Cassava Improvement in Africa IITA. Ibadán, Nigeria. Nov. 17-21, 1975.

41. Okusanya, B.A.O. and M.J. Ekandem. 1973. A review of cassava mosaic virus research in Nigeria. Ibadán, Nigeria, Fed. Depart. of Agric. Res. 1973. 14 pp.

42. Pingale, S.V.M. Muthu and M.V. Sharangapani. Insect pests of stored tapioca chips and their control. Bulletin. Central Food Technological Res. Inst. (India).

43. Quiroz, M. and R. Pulga. 1974. Evaluación de cinco acaricides comerciales en el combate del acaro. Mononychellus caribbeanae McGregor en yuca, Minihot esculenta Crantz. Rev. Facultad Agron. (Univ. Zulia, Maracaibo, Venezuela) 2: 65-71.

44. Ramos Nuñez, G. 1962. La yuca, Conferencias, Mimeo. 16 pp. Fac. de Ciencias Agrop. Palmira-Colombia.

45. Romero, J. I. and R.F. Ruppel. 1973. A new species of Silba (Diptera, Lonchaeidae) from Puerto Rico. J. of Agric. of the Univ. of Puerto Rico 57 (2): 165-168.

46. Schoonhoven, A. v. 1974. Resistence to thrips damage in cassava. J. of Econ. Entomol. 67: 728-730.

47. Schoonhoven, A.V. and J. Peña. 1976. Estimation of yield losses in cassava following attack from thrips. J. Econ. Entomol. 69: 514-516.

;

48. Sivagami, R. and K.R. Nagaraja Rao. 1967. Control of the tapioca scale, Aonidomytilus albus Ckll. Madras Agric. J. 54:325;327.

49. Swaine, G. 1950. The biology and control of the cassava scale. The East African Agric. J. 16: 90-93.

50. Urich, F. W. 1915. Cassava insects. Bull. of the Dept. of Agric. Trinidad and Tobago. 14 (2): 38-40.

CUADRO I. EL COMPLEJO DE ACAROS E INSECTOS DE LA YUCA

NOMBRE COMUN	GENEROS Y ESPECIES IMPORTANTES	REPORTADO EN	PARTES DE LA PLANTA ATACADA
Thrips	Frankliniella williamsi Hood Frankliniella sp. Corynothrips stenopteros Williams Euthrips manihoti (Bondar) Scirtothrips manihoti (Bondar) Caliothrips masculinus Hood	Principalmente en América pero también en Asia	Deformación del follaje tejido exterior del tallo.
Acaros	Mononychellus mcgregori (Fletchmann & Baker) Mononychellus tanajoa (Bondar) Tetranychus urticae Koch Oligonychus peruvianus (Mcgregor) Oligonychus gossypii (Zacher)	América y Africa Todas las regiones	Hojas amarillentas necrosis y muerte de los cogollos
Gusano cachón de la yuca	Erinnyis ello (L)	Américas	Hojas cogollos y consumo de la parte tierna del tallo
Mosca de la fruta	Anastrepha manihoti Costa Lima Anastrepha pickeli Costa Lima	Américas	Fruto (semilla) y barrera del tallo
Mosca del cogollo	Silba pendula (Bezzi) Lonchaea chalybea Wied	Américas	Muerte del cogollo apical
Mosca blanca	Aleurotrachelus socialis Bondar Bemisia tuberculata Bondar Bemisia tabaci (Gennadius) Trialeurodes variabilis (Quaintance)	Africa, Asia, Américas	Deformación de las hojas, necrosis y transmisión de virus.
Barrenadores del tallo	Coelosternus sp. Lagochirus sp. Chilomima clarkei (Amsel)	Todas las regiones pero principalmente en las Américas	Tallos, y posiblemente hinchamiento de las raíces.
Chiza blanca	Leucopholis rorida Fabricius Phyllophaga sp.	Todas las regiones pero principalmente en las Américas	Material de siembra y raíces

NOMBRE COMUN	GENEROS Y ESPECIES IMPORTANTES	REPORTADA EN	PARTES DE LA PLANTA ATACADA
Trozadores	Agrotis ypsilon Hufnagel Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) Prodemia eridania (Cramer)	Américas y Madagascar	Material de siembra, tallo y follaje
Mosca de las agallas	Iatrophobia brasiliensis Rubs	Américas	Agallas en la hojas
Chinche de encaje	Vatiga manihotae(Drake)	Américas	Hojas
Saltamontes	Zonocerus elegans (L) Z. vareigatus (L)	Principalmente Africa pero también Américas	Consumo de follaje
Piojo harinoso	Phenacoccus gossypii (Townsend & Cockerell) Phenacoccus manihoti Mat.Ferr.	Américas y Africa	Follaje y tallos
Escamas	Aonydomytilus albus(Cockerell) Saissetia miranda (Cockerell & Parrot) Hemiberlesia diffinis (Newstead) Ceroplastes sp.	Todas las regiones	Tallos
Hormigas	Atta sp. Acromymex sp.	Principalmente las Américas y Africa	Follaje
Grillos	Gryllus assimilis (Fabricius) Gryllotalpha sp.	Africa y Américas	Ataque a plantas jóvenes
Termitas	Coptotermes voeltzkowi Wasman Coptotermes paradoxus Wasman	Todas las regiones pero principalmente Africa	Material de siembre, raíces, tallos
Insectos de yuca almacenada	Stegobium paniceum (Linneo) Araecerus fasciculatus Degger Dinoderus minutus Fabricius Dysides obscurus Perty Tribolium castaneum (Herbst) Latheticus oryzae Watherhouse	Todas las regiones	Productos secos de la yuca

MANEJO DE PLAGAS EN YUCA

Anthony C. Bellotti *
Jesús A. Reyes Q.
Bernardo Arias V.

El manejo de plagas en yuca se debe basar fundamentalmente en el control biológico, la resistencia de la planta hospedante y en la aplicación de prácticas culturales. Estos tres eslabones en la cadena del control integrado tendrán papeles importantes en programas de manejo de yuca en el futuro.

En el control de insectos perjudiciales a la agricultura se puede decir que uno de los objetivos prácticos por parte de los entomólogos es mantener las poblaciones de insectos plagas a niveles de ninguna importancia económica; este es aparentemente, un enunciado claro y fácil de entender, pero la verdad es que en la práctica parece que se ignora su verdadero sentido. Cuando se habla de mantener los insectos perjudiciales a niveles de ninguna importancia económica, debe entenderse que no siempre la presencia y daño de un insecto plaga significa reducción en la producción, que casi todos los cultivos tienen capacidad para soportar cierto porcentaje de daño, que tienen habilidad para recuperarse y que por lo tanto no tiene sentido aplicar insecticidas por la sóla presencia de insectos dañinos.

La habilidad de la planta de yuca para recuperarse de daños de plagas es un criterio importante que siempre debe ser considerado y no se debe recurrir a la aplicación de métodos de control al menos que se haya hecho un estimativo de la pérdida en rendimiento. De ser necesario el control de plagas en este cultivo se debe hacer con un mínimo de insumos costosos, sobre todo pesticidas. Para lograr este objetivo se requieren mayores conocimientos de los que se tienen actualmente sobre la biología y ecología de muchas de estas plagas. Se deben aprovechar los factores favorables involucrados en la interacción insecto/planta/medio ambiente y las consideraciones que hacen que un sistema de manejo de plagas de yuca sea un objetivo atractivo y práctico.

Algunos de estos factores son:

1. La yuca se cultiva de 8 a 24 meses; por lo tanto el uso de pesticidas es costoso.

2. Por ser un cultivo de ciclo largo, la yuca es ideal para un programa de control biológico, especialmente en áreas donde se la cultiva ininterrumpidamente y en grandes extensiones. Ya se han identificado agentes de control biológico para muchas de las plagas principales

* Entomólogo, Científico Visitante, Asistente de Investigación respectivamente- Programa Entomología Yuca- CIAT- Palmira.

3. La planta de yuca se puede recuperar casi siempre del daño causado por los insectos. Durante períodos de precipitación pluvial adecuada, los niveles altos de defoliación causarán poca o ninguna reducción en rendimiento.

4. Muchas de las plagas no están diseminadas ampliamente y su incidencia es a menudo estacional. Las épocas secas favorecen el aumento de poblaciones de muchas plagas, pero la habilidad de la planta para resistir largos períodos de sequía generalmente le permitirá recuperarse cuando comiencen las lluvias.

5. La yuca tiene un umbral alto de daño económico por plagas; las variedades vigorosas pueden perder bastante follaje (40% o más) y hay períodos cuando pueden sufrir aún más defoliación sin que se afecte significativamente el rendimiento. Sin embargo, las nuevas variedades desarrolladas pueden tener una tolerancia menor a la defoliación.

6. Muy pocas son las plagas que realmente pueden matar la planta, lo que hace posible que ésta se recupere del daño y produzca raíces comestibles.

7. La selección de material de propagación sano y vigoroso, junto con un tratamiento de fungicidas e insecticidas de bajo costo, permite una germinación rápida y exitosa, asegurando el vigor inicial de la planta durante esta fase tan importante y aumentando finalmente el rendimiento.

8. Estudios han demostrado que existen fuentes de resistencia en yuca que, aunque bajas, pueden ser adecuadas para evitar graves pérdidas en el cultivo.

9. A menudo se cultiva la yuca en pequeñas fincas bajo condiciones de cultivos mixtos; este sistema no sólo reduce la incidencia de plagas sino que también evita brotes de plagas en áreas muy dilatadas.

10. Se tiene evidencia de que los insectos pueden ocasionar disminuciones en el rendimiento durante períodos específicos del desarrollo de la planta. Se deben identificar estos períodos para que puedan intensificarse las prácticas de control durante este tiempo.

Consideraciones Importantes Sobre los Insectos

Los insectos existen en la tierra desde hace más de 300 millones de años y han sobrevivido y evolucionado con todos los cambios drásticos originados en la evolución de la tierra. Por otra parte presentan una gran capacidad reproductora; una termita (comején) reina puede llegar a ovipositar 30.000 huevos diarios. Cuando apareció el D.D.T. para uso agrícola, su efecto letal sobre los insectos fué de tal magnitud que muchos entomólogos iniciaron la recolección de insectos para conservarlos ya que se creía que el D.D.T. los iba a exterminar pero el insecto que había sobrevivido a situaciones mucho más difíciles, dió su respuesta

desarrollando resistencia no sólo al D.D.T., sino a la gran mayoría de los insecticidas. Hasta la fecha se registran 321 especies de insectos resistentes a varios grupos de insecticidas, lo cual quiere decir que éstos, los insecticidas, ya no son efectivos para reducir sus poblaciones y que por lo tanto el hombre debe buscar otras alternativas valiéndose de métodos más racionales y económicos que no continúen aumentando la resistencia de los insectos a los insecticidas, ni contaminando el ambiente a niveles críticos para la humanidad.

Muchos entomólogos y científicos, algunos ya fallecidos, dedicaron su vida al estudio de los insectos benéficos y a pregonar que estos debían ser utilizados en los programas de control de insectos plagas, convencidos de que con el empleo de sólo insecticidas se propiciaría el desequilibrio biológico, además de consecuencias catastróficas para la humanidad. Estas investigaciones reposan en los libros y boletines especializados en los cuales se presentan en detalle los métodos y recomendaciones a seguir en los programas de control integrado y manejo de plagas. Hoy en día la situación ha cambiado, todos reconocen que los insecticidas por sí solos no son suficientes para el control de las plagas y que ya están sufriendo las consecuencias de su uso indiscriminando. Ante esta situación tan propicia corresponde no sólo a los entomólogos y técnicos, sino también a toda la humanidad tratar de verter a la práctica estos principios y experiencias que además de resolver problemas de producción minimiza la contaminación del ambiente.

El cultivo de la yuca puede servir de modelo para entender algunos principios básicos del control integrado y principalmente del control biológico por medio de insectos benéficos.

A pesar que en algunas épocas se presentan explosiones de algunas plagas, se puede decir que el cultivo de la yuca no está sometido permanentemente a ataques severos de insectos y que por el contrario mantiene un excelente equilibrio biológico, debido a que existen factores de mortalidad que han mantenido sus poblaciones a niveles de poca importancia económica.

Esta situación tan favorable debe tratarse de que perdure, evitando o retardando que ocurra lo que ha pasado en otros cultivos. Para entender mejor este punto de vista se presenta el siguiente ejemplo:

El cultivo del algodonero en Colombia, durante 1977, llegó a lo que se ha llamado estado de catástrofe en lo que se refiere a control de plagas; el Heliothis su principal plaga alcanzó tal grado de resistencia a los insecticidas que su control se hizo más que difícil, imposible.

Pero lo que se debe recordar es que cuando recien se inició en Colombia hace más de 20 años el cultivo del algodonero, eran pocas las plagas que lo atacaban y su control relativamente fácil. Podría decirse que era una condición similar a la presentada hoy en día por el cultivo de la yuca; también podría asegurarse de que al no manejar racionalmente las plagas de la yuca y de aplicar insecticidas indiscrimanadamente, se llegará en un futuro no muy lejano a la misma situación de desesperación a que llegaron los algodoneros

Control Integrado

El control integrado parece ser la forma más racional de luchar contra los insectos plagas y consiste en la combinación e integración de todas las técnicas disponibles para que aplicadas en forma armoniosa mantengan los insectos plagas a niveles que no produzcan daño de importancia económica a los cultivos. Se recalca que son todas las técnicas disponibles y no únicamente el contro biológico y los insecticidas que sin lugar a duda son dos de sus unidades básicas. Entre estas técnicas disponibles figuran además de las dos anteriores, el uso de plantas resistentes y tolerantes al ataque de los insectos, la utilización de métodos mecánicos y físicos, de atrayentes y repelentes, métodos culturales, técnica de machos estériles etc. Las técnicas disponibles pueden ser muchas pero lo más importante para que se apliquen exitosamente es que deben ser entendidas y utilizadas correctamente por los técnicos y por los agricultores.

Control Biológico

El control biológico se puede definir como el combate de las plagas mediante la utilización deliberada y sistemática de sus enemigos naturales. La acción de parásitos, predatores y patógenos, mantiene la densidad de otros organismos a un nivel más bajo del que podría ocurrir en su ausencia. Esta forma de control tiene varias ventajas:

Es relativamente permanente, económico y mantiene favorablemente la calidad del ambiente.

La idea de que las poblaciones de insectos podrían ser inicialmente reducidas por otros insectos es antigua. Parece que esta práctica se originó en la China, cuando éllos utilizaron hormigas predatoras para controlar ciertas plagas de cítricos. Este mismo sistema se sigue usando en la actualidad en algunas partes de Asia.

El parasitismo de insectos lo registró por primera vez el científico Vallisnieri (1661-1930) en Italia. El notó la asociación única entre la avispa parásita Apanteles glomeratus y el gusano de repollo Pieris rapae.

Los primeros usos de parásitos para control biológico en cultivos agrícolas se hicieron en Europa, principalmente en Alemania, Francia, e Italia, durante el siglo 19. Sin embargo, la ciencia de control biológico se desarrolló y adelantó en los Estados Unidos durante los siglos 19 y 20.

El proyecto de control biológico en cítricos contra la escama algodonosa (Icerya purchasi) en California, fué el primer ejemplo exitoso del uso del control biológico. La escama fué introducida en Australia y, en 1888 los entomólogos trajeron del mismo país dos enemigos naturales, incluyendo el predator coccinelidae "Vedalia" (Rodolia cardinalis). Las poblaciones de escamas disminuyeron rápidamente. La técnica de crianza masiva de parásitos y predatores, y sus liberaciones periódicas, para

el control de plagas, se desarrolló en California en 1919 con el proyecto del coccinellidae Cryptolaemus montrouzieri, predator del piojo harinoso.

Desde entonces, más de noventa y seis proyectos de control biológico han sido completamente evaluados como sustancialmente exitosos y más de sesenta y seis han sido evaluados como parcialmente exitosos (De Bach 1964) en todas partes del mundo.

Manejo de Plagas

Después de los planteamientos presentados anteriormente, quizás se facilite el entendimiento del término manejo de plagas que no es una definición más, sino un estado de cosas que nos obliga a entender que antes de tratar de eliminar a los insectos plagas debemos aprender a convivir con éllos, a realizar un inteligente manejo de nuestros recursos razonando no sólo en función económica sino también en función ecológica. Manejo de plagas es una categoría superior al control integrado que además de los factores considerados por éste, tiene como base fundamental, en la lucha contra los insectos nocivos, los principios biológicos y ecológicos. Reconociendo que el estado a que llega una plaga es el resultado de las actividades del hombre introduciendo plagas a regiones antes no infestadas, introduciendo a áreas nuevas plantas y animales exóticos, produciendo variedades o razas de organismos, y simplificando los ecosistemas como un resultado de las actividades agrícolas o industriales.

Manejo del Gusano Cachón de la Yuca Erinnyis ello (L)

Basado en las investigaciones realizadas por el CIAT sobre Erinnyis ello se puede elaborar un programa de manejo para este insecto incorporando las diferentes técnicas que ofrece el manejo integrado de plagas.

Control Biológico

Existen varios insectos parásitos y predatores, bacterias, hongos y virus que hacen factible el control de E. ello sin necesidad de recurrir a la aplicación de insecticidas que rompen el equilibrio que debe existir entre el gusano cachón y sus enemigos naturales (Cuadro I). Con la no aplicación de insecticidas no sólo se favorece la conservación de los agentes entomófagos sino que se evitan aplicaciones más frecuentes contra E. ello y la no aparición de otras plagas especialmente de ácaros, los cuales son de más difícil manejo.

Enemigos Naturales de Huevos de E. ello

El parasitismo de huevos por Trichogramma spp. y Telenomus sp. puede ayudar a reducir las poblaciones. Trichogramma es un parásito de mucha importancia por encontrarse durante todo el año en los campos de yuca ocasionando parasitismos superiores al 50% y por la facilidad de su cría masal en el laboratorio. En cada liberación se recomienda de 10 a 15 pulgadas por ha., lo que equivale de 36,000 a 54,000 adultos por ha. A través del período vegetativo se realizan unas 10 liberaciones

que tienen un costo aproximado de US$25.00/ha.

Es importante tener en cuenta el momento preciso para realizar las liberaciones de Trichogramma, y esto se logra realizando evaluaciones periódicas en los lotes de yuca con el fin de detectar en qué momento ó época ocurren las mayores poblaciones de huevos de E. ello.

No existe un patrón que sirva de base para indicar con qué número de huevos de Erinnyis se deben iniciar las liberaciones de Trichogramma, pero experiéncias de técnicos y agricultores indican que las liberaciones con la aparición de las primeras posturas del gusano cachón, permiten el establecimiento del parásito para controlar las súbitas poblaciones de E. ello que aparecen de un día para otro.

Las liberaciones de Trichogramma se deben realizar preferiblemente cuando los huevos están recién colocados y presentan una coloración verde, o cuando la tonalidad es amarillenta. Es importante no dejar que el huevo de E. ello se desarrolle mucho para realizar las liberaciones porque en estos se ha iniciado la formación de la cápsula cefálica de la larva, no siendo parasitados por Trichogramma.

Investigaciones de CIAT, muestran que Trichogramma australicum es una de las especies con mayor actividad parasítica sobre posturas de Erinnyis (Annual Report 1978).

Telenomus sp. es un parásito de huevos de E. ello y E. allope y tiene mucha importancia en la regulación de sus poblaciones. La duración del ciclo biológico de Telenomus de huevo a adulto es de 11 a 14 días. Una hembra de este parásito puede dar origen a un máximo de 228 adultos con un promedio de 99 adultos.

Enemigos Naturales de Larvas

1. Predatores: Polistes erythrocephalus y Polistes canadensis.
La capacidad de predación de los adultos depende del número de larvas que tengan sus nidos. En CIAT se determinó que cada larva de Polistes consume diariamente 0,47 larvas de E. ello (CIAT Annual Report, 1978).

Los campos sembrados con yuca se pueden colonizar con nidos de Polistes colocados en casetas o ranchos. Los adultos prefieren los lugares sombreados, frescos, cercanos a las fuentes de agua para establecer sus colonias, por lo cual se ha utilizado la guadua y hojas de palma en la construcción de las casetas. Se recomienda un rancho por cada cuatro ha. y 20 nidos por rancho. Los nidos deben tener más de 50 celdas ya que estos están conformados por hembras y machos, lo que favorece el establecimiento de nuevas colonias.

Podisus sp. (Hemiptera: Pentatomidae): Su importancia radica en la facilidad de sus crías masivas y su capacidad de predación. Durante toda su vida un chinche Podisus consume un total de 100 larvas de E. ello de primero o segundo instar.

Parásitos: Apanteles sp. Es un braconido que ataca las larvas de Erininyis desarrollándose en su interior y posteriormente empupándose en la epidermis formando una masa blanca de apariencia algodonosa. Las liberaciones de Apanteles realizadas en el CIAT dieron como resultado un aumento del parasitismo de las larvas del gusano cachón superior al 50% (Annual Report 1977). Es posible la cría masiva de este parásito para ser utilizado en los programas de control biológico.
Drino sp. Belvosia sp. y Chetogena (Euphorocera) Scutellaris son varios de los tachinidos que parasitan las larvas de E. ello; Chetogena tiene particularmente importancia por la posibilidad de su cría masal en laboratorio y por la rapidez de su ciclo biológico.

Patógenos: Las larvas son atacadas por un virus de la granulosis nuclear y la bacteria Bacillus thuringiensis. Esta última es la más fácil de utilizar por encontrarse comercialmente bajo los nombres de Dipel, Thuricide, Bactospeine y Biotrol. Ensayos del CIAT mostraron que Bacillus thuringiensis es efectivo contra todos los estados larvales pero especialmente contra el primero aplicado en dosis de 2 a 3 gramos de producto comercial por litro de agua. Este producto tiene la ventaja de no afectar ni a los enemigos naturales de E. ello ni a los otros insectos.

Las larvas en sus primeros estados permanecen ocultas en el envés de las hojas terminales, por lo cual al recorrer los campos es necesario examinar muy bien esta parte. Cuando se encuentren de 5 a 7 larvas de primero o segundo instar por planta es el momento para aplicar el Bacillus. Este nivel es flexible dependiendo de la abundancia de enemigos naturales,, de las condiciones climáticas, de la variedad, edad y vigor de la planta. El número de plantas a revisar por ha. depende del área sembrada, de la edad de la planta y de la disponibilidad de tiempo; un mínimo de 5 plantas por ha. sería aceptable. Lo más conveniente sería que en extensiones superiores a 15 ha. se tenga un plaguero (obrero entrenado) permanente para que esté revisando los campos.

Es importante recalcar que el éxito del control integrado depende de la oportuna aplicación de sus diferentes técnicas, recordando que los insecticidas son componentes valiosos del control integrado pero que solo se recurrirá a su utilización en caso extrictamente indispensable.

En ocasiones los insectos benéficos no son suficientes para controlar el gusano cachón o sus larvas presentan tamaños superiores al tecer instar, caso en el cual las aplicaciones de insecticidas microbia les no tendrian la efectividad esperada. En estos casos se puede recurrir a la aplicación de Dipterex sp 80 (Triclorfon) en dosis de 2 gra-

mos de producto comercial por litro de agua para aplicaciones terrestres y 400 a 500 gramos por ha. para aplicaciones áereas.

Utilización de Trampas de Luz

Se utilizan las trampas de luz ultravioleta debido a la gran atracción que ejerce sobre los adultos del gusano cachón.

Se ha observado que la lámpara de luz negra tipo BL y la lámpara de luz negra azulada tipo BLB, son las más recomendables para utilizar en los trampeos de Erinnyis.

Las trampas de luz no constituyen un método de control sino que permiten conocer las fluctuaciones de las poblaciones de adultos de Erinnyis, las épocas de mayor y menor abundancia con lo cual se puede planificar mejor la aplicación de las diferentes técnicas que se utilizan en el manejo de plagas.

En observaciones preliminares se capturaron un máximo de 3094 adultos en una noche, determinándose que el mayor número de individuos se capturaron entre las 12 PM y las 2 AM.

Esta información es importante porque en los lugares donde no se tenga energía, las trampas se pueden hacer funcionar sólo de 12 PM. a 2 AM utilizando baterías o motores movidos por combustible.

Métodos Mecánicos

Las recolecciones manuales de larvas y pupas resultan muy efectivas en la reducción de las poblaciones del gusano cachón. Esta práctica tiene más aplicabilidad cuando se hace en los campos donde se inician los ataques del insecto.

REFERENCIAS

Arias B., y Anthony Bellotti, 1977. Eficiencia del Bacillus thuringiensis sobre el gusano cachón Erinnyis ello en yuca en un Programa de Control Biológico. IV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá.

Bellotti, A. and Aart van Schoonhoven. 1978. Mite and Insect Pest of Cassava. Ann. Rev. Entomol. 23: 39-67.

Bellotti, A. y Aart van Schoonhoven. 1978. Plagas de la yuca y su control. CIAT. Serie 09EC-2 p 55-59.

Bellotti, A. 1978. Control Biológico del Gusano Cachón Erynnis ello. CIAT. Seminario Interno. Serie SE-02-78.

Bellotti, A. y Jesús A. Reyes. 1980. Manejo integrado de Plagas de Yuca. Artículo en libro en preparación sobre manejo de plagas.

Bellotti, A., Reyes, J. Arias, B. y Vargas O. 1980. Insectos y Acaros de la Yuca y su Control. Manual de Producción de yuca. Programa de yuca CIAT.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1977. Informe Anual, 1976.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1979. Informe Anual, 1978.

Colvert, J.D. 1978. Control Biológico como un componente del manejo integrado de plagas. Seminario sobre Manejo de Plaguicidas y Protección del Ambiente. Bogotá, Febrero 13-17, 1978. p. 225.

Georghiou, G. P. and C.E. Taylor. 1976. Pesticide resistance as an Evolutionary Phenomenon. In Proceeding of XV International Congress of Entomology. Washington. p. 760-761.

Reyes, J.A. 1977. Aspectos Prácticos sobre el Manejo de Plagas y Control Biológico, 26 p. Fac. de Ciencias Agropecuarias. Palmira.

Reyes, J. A., Anthony Bellotti y Bernardo Arias. 1979. Actividad Parasítica, Fecundidad y Relación de Sexos de Trichogramma spp. y Telenomus sp., Parásitos de Huevos de Erinnyis ello. VI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cali.

Winder, J. A. 1976. Ecology and Control of Erinnyis ello and E. alope, Important Insects in the New World. Pans 22 (4): 449-466

CUADRO I PARASITOS, PREDATORES Y PATOGENOS DE *Erinnyis ello* (L) GUSANO CACHON DE LA YUCA

AGENTE BENEFICO	HABITO	ORDEN	FAMILIA
EN HUEVO			
Trichogramma minutum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T. fasciatum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T australicum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T. semifumatum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
Telenomus dilophonotae	Parásito	Hymenoptera	Scelionidae
Telenomus sphingis	Parásito	Hymenoptera	Scelionidae
Chrysopa sp.	Predator	Neuroptera	Chrysopidae
Dolichoderus sp.	Predator	Hymenoptera	Formicidae
EN LARVA			
Apanteles congregatus	Parásito	Hymenoptera	Braconidae
A. americanus	Parásito	Hymenoptera	Braconidae
Euplectrus sp.	Parásito	Hymenoptera	Eulophidae
Cryptophion sp.	Parásito	Hymenoptera	Ichneumonidae
Microgaster flaviventris	Parásito	Hymenoptera	Ichneumonidae
Sarcodexia innota	Parásito	Diptera	Sarcophagidae
Chetogena (Euphorocera) *scutellaris*	Parásito	Diptera	Tachinidae
Thysanomyia Sp.	Parásito	Diptera	Tachinidae

CUADRO I PARASITOS, PREDATORES Y PATOGENOS DE Erinnyis ello (L) GUSANO CACHON DE LA YUCA
(Continuación)

AGENTE BENEFICO	HABITO	ORDEN	FAMILIA
Belvosia sp.	Parásito	Diptera	Tachinidae
Drino macarensis	Parásito	Diptera	Tachinidae
Polistes erythrocephalus	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. versicolor	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. carnifex	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. canadensis	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Polybia sericea	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Podisus sp.	Predator	Hemiptera	Pentatomidae
Zellus sp.	Predator	Hemiptera	Reduvidae
Alcaeorrhynchus grandis	Predator	Hemiptera	Pentatomidae
Calosoma sp.	Predator	Coleoptera	Carabidae
Bacillus thuringiensis	Patógeno	Eubacteriales	Bacillaceae
Baculovirus	Patógeno	Virus de la granulosis nuclear	
EN PREPUPA Y PUPA			
Calosoma sp.	Predator	Coleoptera	Carabidae
EN PUPA			
Cordyceps	Patógeno	Sphaeriales	Hypocreaceae

CUADRO [illegible] PARASITOS, PREDATORES Y PATOGENOS DE Erinnyis ello (L) QUSANO CACHON
(Continuación) DE LA YUCA

AGENTE BENEFICO	HABITO	ORDEN	FAMILIA
Solenopsis sp.	Predatorio	Diptera	Tachinidae
Orius insidiosus	Predatorio	Diptera	Tachinidae
Polistes erythrocephalus	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. versicolor	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. carnifex	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. canadensis	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Polybia sericea	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Podisus sp.	Predator	Hemiptera	Pentatomidae
Zelus sp.	Predator	Hemiptera	Reduviidae
Alloeorhynchus grandis	Predator	Hemiptera	Pentatomidae
Telenomus sp.	Predator	Hymenoptera	Scelionidae
Bacillus thuringiensis	Patógeno	Eubacteriales	Bacillaceae
Baculovirus	Patógeno	Virus de la granulosis nuclear	

En adición a lo ya

Calosoma sp.	Predator	Coleoptera	Carabidae
En pupa			
Cotesia	Parásito	Hymenoptera	Braconidae

COSECHA
Y
UTILIZACION

Métodos de Cosecha de la Yuca
J. C. Toro, E. Celis, G. Jaramillo
I- 1 - 6

Evaluación de dos Cosechadoras de Yuca
D. Leihner
I- 7 -12

Nuevos Avances en el Almacenamiento de la Yuca
J. C. Lozano, J. H. Cock, J. Castaño
I- 13 -27

Secamiento de la Yuca
R. Best.
I- 29 -54

Utilización de Raíces y Productos de Yuca en Alimentación Porcina
G. Gomez, J. Santos, M. Valdivieso
I- 55 -75

Producción y Evaluación de Proteina Unicelular a Partir de Yuca
J. Santos, G. Gómez
I- 77 - 85

METODOS DE COSECHA DE LA YUCA

Julio César Toro*
Ernesto Celis **
Gustavo Jaramillo***

Introducción

De acuerdo a estudios económicos realizados en unas 300 fincas de Colombia por Rafael Orlando Díaz (5), la cosecha representa aproximadamente un 30 por ciento de los costos de producción. Esto es más que todo debido a que dicha labor se realiza principalmente por métodos manuales rudimentarios y algunas veces ineficientes.

Por que mecanizar la cosecha

La consideración anterior nos indica claramente que hay mucho por hacer en este campo de la cosecha de la yuca, ya que cualquier método o dispositivo mecánico que pueda aumentar la eficiencia de esta operación ayudará también a reducir notablemente no solo los costos de producción, sino también la fatiga y energía en las personas que la ejecutan.

Fuerzas que intervienen en la cosecha

Según las investigaciones de Briceño (4) las fuerzas más importantes que se deben conjugar en la recolección de la yuca son de dos tipos:

1. Vibración
2. Tracción

Cuando solo se efectúa la tracción el tallo puede quebrarse muchas veces dejando las raices enterradas. Es necesario combinar la vibración con la tracción para un arranque adecuado.

1. Método manual

El método manual comprende 2 etapas: En la primera se cortan ramas y follaje dejando sólo una parte del tallo principal, el cual sirve para efectuar el agarre y extracción de las raíces mediante la combinación de las dos fuerzas mencionadas anteriormente. Esta operación se realiza generalmente con un machete.

---

* Agrónomo
** Ing.Agrónomo, Asistente de Inv.
*** Ing.Agrónomo, Asistente de Inv.

En la segunda etapa o sea una vez removido el follaje el cual se utilizará para seleccionar las estacas o semilla, se efectúa la extracción que en el caso de Colombia va acompañada de limpieza y empaque. La porción del tallo que queda adherido a las raíces puede tener una longitud variable entre 20 y 40 centímetros que sirve de mango para efectuar la fuerza.

Modalidades

1.1 A mano

En suelos arenosos o ligeros las raíces se pueden arrancar a mano fácilmente sin la ayuda de ningún implemento o palanca adicional.

1.2 Saca-pico

En suelos un poco más pesados para asegurar una cosecha completa y evitar que se rompan las raíces, se puede introducir un implemento puntiagudo debajo de las raíces el cual sirve de palanca. Este implemento puede ser generalmente un saca-pico.

1.3 Cincha

En la zona cafetera de Colombia de suelos generalmente medianos en cuanto a textura se usa mucho una especie de cincha, la cual el agricultor se ata dando vuelta a la espalda pasando por el hombro y amarrando luego al tallo. La parte que amarra el tallo puede ser un lazo fuerte o una cadena dependiendo mucho de la preferencia del agricultor. De esta manera las manos le sirven de agarre y vibración, y el cuerpo de palanca. Esta operación la hace una sóla persona.

1.4 Palanca

En suelos compactos la operación se efectúa en muchas zonas mediante el uso de una palanca. Esta palanca consiste en la mayoría de los casos de una guadua o palo de 2.50 a 3 metros de largo y lo suficientemente recto y firme para hacer un esfuerzo de levante.

Esta operación envuelve siempre a dos personas: la que amarra el tallo a la guadua y hace la vibración y la que hace el movimiento de palanca.

1.5 Palanca Modificada

Existe la posibilidad de una palanca como la anterior pero modificando el punto de apoyo y simplificando el agarre. Este sistema podrá ahorrar mucha energía además que podría aumentar la eficiencia.

2. Método manual- mecánico

La mayoría de los métodos para la recolección de la yuca con el uso de máquinas o implementos a tracción mecánica o animal se puede denominar semi-mecánicos y se efectúan por la adaptación de la maquinaria existente.

En este caso el arranque es mecánico en gran parte pero debe ser complementado por la mano del hombre.

Modalidades

2.1 Zanjadora

Cuando hay suficiente espacio entre los surcos de yuca se pasa una zanjadora con la cual se abren surcos paralelos a ambos lados de la planta. De esta manera las raíces quedan sobre un suelo removido y por consiguiente muy fácil de arrancar a mano. Con este sistema se puede reducir considerablemente los costos de producción pero en el caso específico de Colombia tiene el inconveniente que se pueden romper muchas raíces lo cual puede acarrear inconvenientes para la conservación y consiguiente mercadeo.

Esta consideración tiene mucha importancia en Colombia ya que según Booth (3) las raíces se deben sacar enteras y sin heridas para evitar la entrada de agentes patogénicos que provocan pudriciones al penetrar por las rajaduras.

En lugares como Brasil donde la gran mayoría de la yuca es procesada, esta consideración no tiene tanta validéz ya que en este caso la yuca que se cosecha entra a planta de procesamiento en menos de 24 horas.

2.2 Arado de vertedera

En Sao Paulo, Brasil y en Filipinas, se ha utilizado con buenos resultados un arado de vertedera el cual por su ángulo y curvatura ocasiona un volteo de tierra que permite aflorar las raíces. En este sistema el agricultor sigue atrás del equipo agrupando las raíces que más tarde son recogidas por tractor con vagón.

3. Método mecánico

No cabe duda que la operación más difícil para mecanizar es la cosecha de las raíces. Además del tamaño irregular, forma, profundidad y distribución, el problema se agrava por el arrastre de tierra, piedras, residuos del cultivo y remoción de tierra de las raíces sin que sufran mucho daño. Se desprende claramente que el diseño de una cosechadora eficiente y completa es muy difícil ya que las variedades hasta el momento han sido seleccionadas por rendimiento y resistencia a enfermedades e insectos, sin considerar mucho una futura necesidad para cosecha mecanizada.

Ya hemos pensado en variedades que presenten raíces estrechamente agrupadas de forma semi-cónica que no profundicen mucho y con sistema radical corto.

Los problemas de la cosecha de la yuca debidos a suelos duros, tamaño y disposición de las raíces, etc., sugiere el uso de un implemento acoplado con una reja de arado o partidor, cuya vibración reduce la tracción y hace la labor manejable por un tractor mediano o grande, pués es una realidad técnica que el principio vibratorio aplicado en la cosecha mecánica facilita el desprendimiento de los tubérculos(2).

Por otra parte hay que considerar que las características del terreno influyen grandemente en los requerimientos de potencia del tractor porque la yuca es un cultivo profundo. Como la cosecha mecánica requiere tractores grandes, es necesario hacer estudios de costos comparativos con cosecha manual, tendientes a determinar en qué tamaño de explotación es rentable la cosecha mecánica. Además para utilizar adecuadamente la maquinaria agrícola en la yuca hay que considerar la distancia entre surcos en el momento de planear el cultivo.

Factibilidad de maquinaria para la cosecha de yuca

En general toda cosechadora de cultivos de raíces posee una cuchilla para cortar vegetación, un elemento removedor de tierra, que puede ser otra cuchilla, una zanjadora u otro elemento similar y por último un sistema separador de las raíces y del suelo que le quede adherido y mezclado (4).

Modalidades

3.1 Un excavador sacudidor de mano e hilador de heno podría ser una solución para la yuca plantada en caballones en suelos friables. De esta manera las hélices podrían ofrecer una reducción en la succión. Se sugiere probarla con o sin elevador para comparar daños de tubérculos e introducir el principio vibratorio basándose en estos resultados (6).

El limpiador o mecanismo elevador de algunas cosechadoras de raíces podría causar considerable daño a los tubérculos. El sistema de limpieza posiblemente no debería ser usado en la cosecha de la yuca a causa del tamaño de los tubérculos, por lo que sería mejor lavarlos después de cosecharlos.

3.2 Un sistema altamente vibratorio operado continuamente por un tractor es una técnica posible que facilitaría el arranque de los tubérculos con un daño muy relativo (2).

3.3 Otra posibilidad sugerida por Bates (1) consiste en modificar una cosechadora de papas o remolacha que iría detrás del tractor, impulsada por el tomafuerza o por un cilindro hidráulico, con un mecanismo de arrancar en lugar de partidor-excavador, que levante los tubérculos

arrancándolos de la porción cortada por encima del nivel de la tierra. También sería posible construir un arrancador de frente sobre esta cosechadora.

La arrancada de los tubérculos por los tallos puede ser hecha con un par de bandas modificadas y resistentes, colocadas en posición inclinada, usadas en la recolección de remolacha azucarera (6).

3.4 Los investigadores Briceño y Larson (4) desarrollaron un prototipo de implemento para tractor lo suficientemente fuerte para extraer las raices del suelo. Consta esencialmente de una cuchilla que corta el suelo y de una serie de tubos que extraen las raíces y las separan de la tierra. Algunas de las características del implemento en lo que respecta al diseño son: enganche de tres puntos; ancho de corte de 0.95 metros; profundidad de 40 centímetros y velocidad de operación de 2-3 kms/hora. Tiene una capacidad de campo de 0.29 hectáreas. Requiere un tractor que tenga fuerza de tiro mayor de 4.000 kilogramos a la velocidad de operación indicada, lo cual equivale a una potencia máxima de 80 H.P. aproximadamente en el tomafuerza.

Consideraciones generales

Hay que tener en cuenta que para cualquier dispositivo que se use en la ayuda de la cosecha hay que tener presente varios factores:

1. Métodos de siembra

Si la siembra se hace en caballón o en camas, la cosecha tiende a ser más fácil que cuando se siembra en plano.

2. Tipo de suelo

En los suelos sueltos o arenosos la cosecha por cualquier método es más fácil que en suelos arcillosos ó pesados.

3. Humedad del suelo

En cualquier caso cosechar cuando el suelo está seco es más difícil que cuando está humedo.

Finalmente lo que determina las necesidades del tipo de cosecha son más que todo económicas. En cultivos pequeños puede la mano de obra ser eficiente y suficiente, pero tratándose de grandes extensiones a veces de 1.000 hectáreas como en Ourinhos, Sao Paulo, hay que pensar en métodos más rápidos. Claro que todo esto hay que tenerlo en consideración de acuerdo a la capacidad de procesamiento o al flujo del mercado.

REFERENCIAS

(1) BATES, W. Mechanization of tropical Crops. Ist edition. London Temple Press Books Ltda., 1957, p.410.

(2) BEENY, J.M. Mechanization of Tapioca. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia, p.14.

(3) BOOTH, R.H., and D.G. COURSEY. Storage of Casava Roots and related Post-harvest Problems, Cassava Processing and Storage Workshop, April 1974, Thailand.

(4) BRICEÑO, P.R., and G. LARSON. Investigación y Desarrollo de una Cosechadora de Yuca (Manihot esculenta Crantz). Revista ICA-7(2): 139-150, 1972.

(5) DIAZ, RAFAEL ORLANDO Y PER PINSTRUP-ANDERSEN. Costos de Producción de Yuca en Colombia, Sin publicar, CIAT, 1974.

(6) HOSSNE, A.J. Study of mechanization the Harvesting of Cassava. Thesis. Silsoe, Bedford, England, National College of Agricultural Engineering 1971, p.59.

EVALUACION DE DOS COSECHADORAS DE YUCA

Dietrich Leihner *

Se evaluó una cosechadora comercial de yuca y un implemento que mecánicamente ayuda en la cosecha; la comparación se hizo en una plantación establecida en un suelo friable, franco arcilloso de CIAT-Quilichao. La cosechadora comercial, llamada de ahora en adelante la Cosechadora A (figura 1), fue fabricada por Richter Engineering Ltd., Boonah, Austria, y el implemento de cosecha, Cosechadora B, fue diseñado y construído en los talleres del CIAT.

Evaluación de las Cosechadoras

Con el objeto de comparar la eficiencia de las dos cosechadoras mencionadas, se establecieron dos ensayos: 1) Se sembró la variedad Chiroza (difícil de cosechar manualmente) en tres sistemas de siembra: camas, camellones y en plano (en hileras con 1 m de separación entre ellas y diferentes espaciamientos entre plantas, con el propósito de variar las poblaciones entre 5000 y 20,000 plantas/ha. 2) se hicieron siembras a nivel del suelo utilizando tres variedades de yuca: M Col 22 (plantas con raíces cortas y cónicas, de crecimiento radical compacto), CMC 84 (con raíces de tamaño intermedio) y M Mex 11 (con raíces largas y disperas). Antes de la cosecha se removieron manualmente todas las partes aéreas de las plantas.

Desempeño de las Cosechadoras en Comparación con la Cosecha Manual

La Cosechadora A dejó las raíces totalmente expuestas sobre la superficie de la hilera y soltó parcialmente el suelo que estaba adherido a ellas. La Cosechadora B no expuso totalmente las raíces en la hilera.

Las pérdidas de raíces fueron mayores con la cosecha manual y menores con la Cosechadora B. La Cosechadora A, la cual dejó en el campo un volumen de raíces similar al dejado por el sistema manual, también ocasionó más rompimiento de las raíces. La Cosechadora B penetró más profundamente en el suelo y lo aflojó más eficientemente que la Cosechadora A o la cosecha manual. El diseño de la Cosechadora A para una hilera y su menor anchura de la cuchilla (0.81 m), permitió pérdidas potenciales de raíces en ambos lados de la hilera. La Cosechadora B, con una anchura de área de 1.92 m cosechó dos hileras a la vez; en consecuencia, sólo se presentaron pérdidas en un lado de la hilera, en cada pasada. Esto explica la cantidad relativamente mayor de pérdidas y de rompimiento de raíces observadas con la Cosechadora A. Las pérdidas ocasionadas por la cosecha manual indican que, al no aflojar el suelo antes de la cosecha queda una mayor cantidad de raíces en el suelo. La ocurrencia de raíces cortadas y peladas fue baja;aparentemente, ninguno de los sistemas de cosecha influyó sobre este tipo de daños (Cuadro 1).

---

* Agrónomo, Prácticas culturales - CIAT

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE LAS RAICES DE YUCA Y DEL SISTEMA MANUAL DE COSECHA, CON LA VARIEDAD CHIROZA, EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Sistema de cosecha	Pérdidas de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Manual	1.62	1.9	0.0	0.0
Cosechadora A	1.55	17.0	0.5	1.5
Cosechadora B	0.23	3.3	0.1	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra y a tres densidades.
2 Evaluación visual con base en una escala de 0-10:0=sin pelar;10=daños en la mitad o más de la superficie de la raíz.

CUADRO 2. EFECTOS DE TRES SISTEMAS DE SIEMBRA, CON LA VARIEDAD CHIROZA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE YUCA, EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Sistema de siembra	Pérdidas de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
Camellones	2.1	16.8	1.5	2
Camas	1.4	19.5	0.0	1
Suelo a nivel	1.2	17.7	0.0	1
Cosechadora B:				
Camellones	0.5	4.1	0.3	1
Camas	0.2	2.7	0.0	1
Suelo a nivel	0.0	3.1	0.0	1

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medidas de densidades de siembra de 10,000,15,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2 , del Cuadro 1

Efectos del sistema de siembra

Al comparar los sistemas de siembra y las densidades, la proporción de raíces que quedó en el suelo, con una excepción, tendió a ser mayor en la siembra en camellones a baja densidad y menor en la yuca sembrada en plano y a alta densidad. Para las condiciones de los suelos de CIAT-Quilichao, la yuca sembrada en plano presentó el sistema radical con una distribución más uniforme y con sus raíces extendiéndose horizontalmente en todas las direcciones. Por otra parte, la yuca sembrada en camellones enraizó a mayor profundidad y produjo raíces grandes y largas, a lo largo de los camellones, particularmente en las bajas densidades de siembra. Esta circunstancia explica las mayores pérdidas que se presentan con este sistema.

La ruptura de raíces aumentó con el número total de raíces en las mayores densidades de siembra, pero, los sistemas de siembra no produjeron efectos claros sobre el particular. Los sistemas de siembra y las densidades de población tampoco parecieron influir sobre la proporción de raíces cortadas o peladas (Cuadros 2 y 3).

Diferencias varietales

Las variedades y los sistemas de cosecha tuvieron efecto sobre la cantidad de raíces que quedaron en el suelo y sobre el daño de las mismas (Cuadro 4). En la variedad M Mex 11 (difícil de cosechar), las pérdidas ocasionadas por las raíces que quedaron en el suelo fueron 2-3 veces mayores con la cosecha manual en comparación con los sistemas mecánicos. Estos resultados están acordes con los obtenidos en los primeros ensayos, en los cuales la variedad Chiroza (también difícil de cosechar), presentó la mayor cantidad de raíces que quedaron en el suelo cuando se cosechó manualmente.

Por otra parte, con las variedades intermedias y fáciles de cosechar, las pérdidas fueron bajas con la cosecha manual pero algo mayores con los sistemas mecánicos. La cantidad de raíces rotas fue sorprendentemente alta con la variedad M Col 22, de raíces cortas, siguiéndole en orden descendente la variedad M Mex 11. La consistencia del tejido radical, en vez del tamaño de la raíz, parece influir en la cantidad de raíces rotas como se observó en este ensayo. Excepto en un caso, no se observaron raíces con cortes. La variedad M Mex 11 pareció ser la más susceptible al pelado, en tanto que M Col 22 casi nunca fue afectada.

Eficiemcia de trabajo

La eficiencia neta de trabajo de la Cosechadora A se calculó en aproximadamente 0.2 ha/hora en tanto que para la Cosechadora B se estimó en 0.5 ha/hora.

Se analizaron las necesidades de mano de obra para las diferentes etapas de la operación de cosecha, con y sin el uso de las cosechadoras. El corte de los tallos requirió 25 horas hombre/ha (9%) y el levante manual de las raíces tomó 44 horas hombre/ha (16%). El 75 por ciento restante del tiempo (204 horas) se utilizó para separar las raíces de los tallos, recolectar la cosecha, y separar y empacar las raíces. Cuando las raíces se cosecharon mecánicamente, este segmento del tiempo total se ahorró y la eficiencia de

CUADRO 3. EFECTOS DE LAS DENSIDADES DE SIEMBRA DE LA VARIEDAD CHIROZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE LA YUCA, en CIAT-QUILICHAO[1].

Densidades (plantas/ha)	Pérdida de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
10,000	1.3	14.9	0.9	1.7
15,000	2.1	19.3	0.3	1.3
20,000	1.2	20.0	0.2	1.0
Cosechadora B:				
10,000	0.6	2.1	0.3	1.0
15,000	0.0	1.2	0.0	1.0
20,000	0.1	6.6	0.0	1.0

1 La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra.
2 Ver el pie de cuadro 2 , del Cuadro 1.

CUADRO 4. EVALUACIONES DE LA COSECHA MANUAL O CON DOS SISTEMAS MECANICOS, DE TRES VARIEDADES DE YUCA SEMBRADAS EN CIAT-QUILICHAO[1].

Variedad		Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Perdida de raíces (ton/ha)	Raíces partidas (%)	Raíces cortadas (%)	Escala de pelado (0-10)[2]
M Mex 11	Manual		1.03	1.5	0.0	0
	Cosechadora A	19.0	0.58	7.6	0.0	5
	Cosechadora B		0.37	2.4	0.0	2
CMC 84	Manual		0.28	0.9	0.0	1
	Cosechadora A	20.9	0.68	6.9	0.0	3
	Cosechadora B		0.58	2.0	0.0	0
M Col 22	Manual		0.29	0.4	0.0	0
	Cosechadora A	15.6	0.42	6.2	0.0	1
	Cosechadora B		0.44	11.2	2.0	0

1 Los valores corresponden a las medias de densidades de siembra de 5,000, 10,000 y 20,000 plantas/ha.
2 Ver el pie de cuadro 2 , del Cuadro 1.

cosecha aumentó en un 20 por ciento. Estos datos están acordes con las observaciones hechas en una cosecha manual efectuada en un cultivo comercial, en el área de Caicedonia, Departamento del Valle, en donde ocho hombres cosechan seis toneladas de raíces frescas en aproximadamente 7 horas. con una eficiencia de 0.85 ton/día/hombre (8 horas).

Implicaciones Agronómicas y Socioeconómicas

Ambas máquinas operaron con facilidad bajo una amplia gama de condiciones de cultivo y ambas levantaron la cosecha de raíces de yuca en forma eficiente. Bajo la mayoría de las condiciones de cultivo, las proporciones de raíces dejadas en el suelo por la cosecha mecanizada fueron inferiores en comparación con la cosecha manual. Aunque ambos implementos trabajan sobre el principio físico del pase de una reja con cuchilla por debajo de las raíces, no ocurrió un daño significativo por corte directo. El daño global por rompimiento y pelado con la Cosechadora B fue bajo y comparable al de la cosecha manual. Los daños de las raíces de yuca se tienen que mantener a un bajo nivel para el mercado fresco del producto o cuando las raíces se van a almacenar para su mercadeo posterior. El daño de raíces fue mayor con la Cosechadora A pero, para el procesamiento industrial de las raíces, este factor no tendría importancia significativa.

La cosecha de la yuca para el consumo fresco implica una serie de actividades que no se pueden mecanizar fácilmente, si se desea evitar el daño de las raíces. En consecuencia, los requerimientos de mano de obra permanecerían altos. Aunque los tallos se cortasen y las raíces se levantasen mecánicamente, estas dos operaciones combinadas sólo ahorrarían el 25 por ciento del total requerido de horas-hombre. Por lo tanto, las cosechadoras no desplazarían trabajadores pero su utilización les aliviaría de la mayor parte del trabajo físico.

Las características de trabajo de la Cosechadora B, junto con su bajo costo, favorecen su utilización en un sistema integrado de cosecha manual/mecánica, el cual se podría adaptar aún en pequeñas fincas en las cuales la yuca se produce principalmente para el consumo fresco.

Por otra parte, la Cosechadora A permite la posibilidad de mecanizar totalmente el proceso de cosecha de la yuca. Se podría acoplar un mecanismo de colección a la cosechadora y una cortadora de forraje para remover los tallos antes de levantar las raíces. Este sistema tendría aplicación potencial bajo un sistema de producción de yuca en gran escala para su procesamiento industrial.

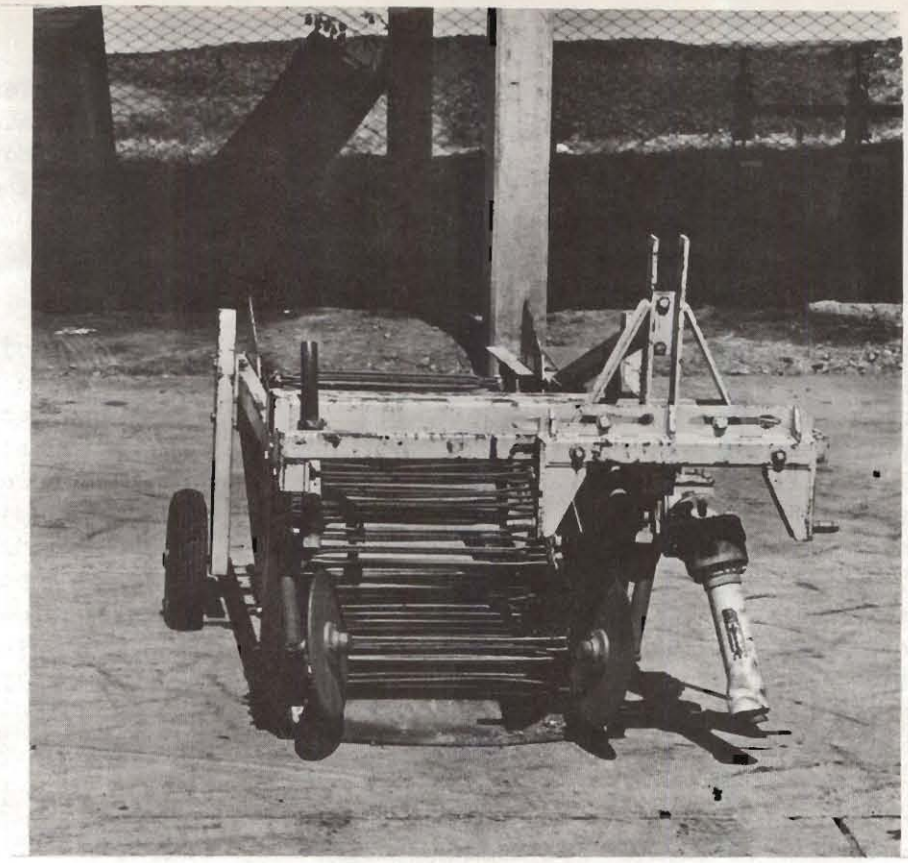


Fig. A. Implemento Comercial

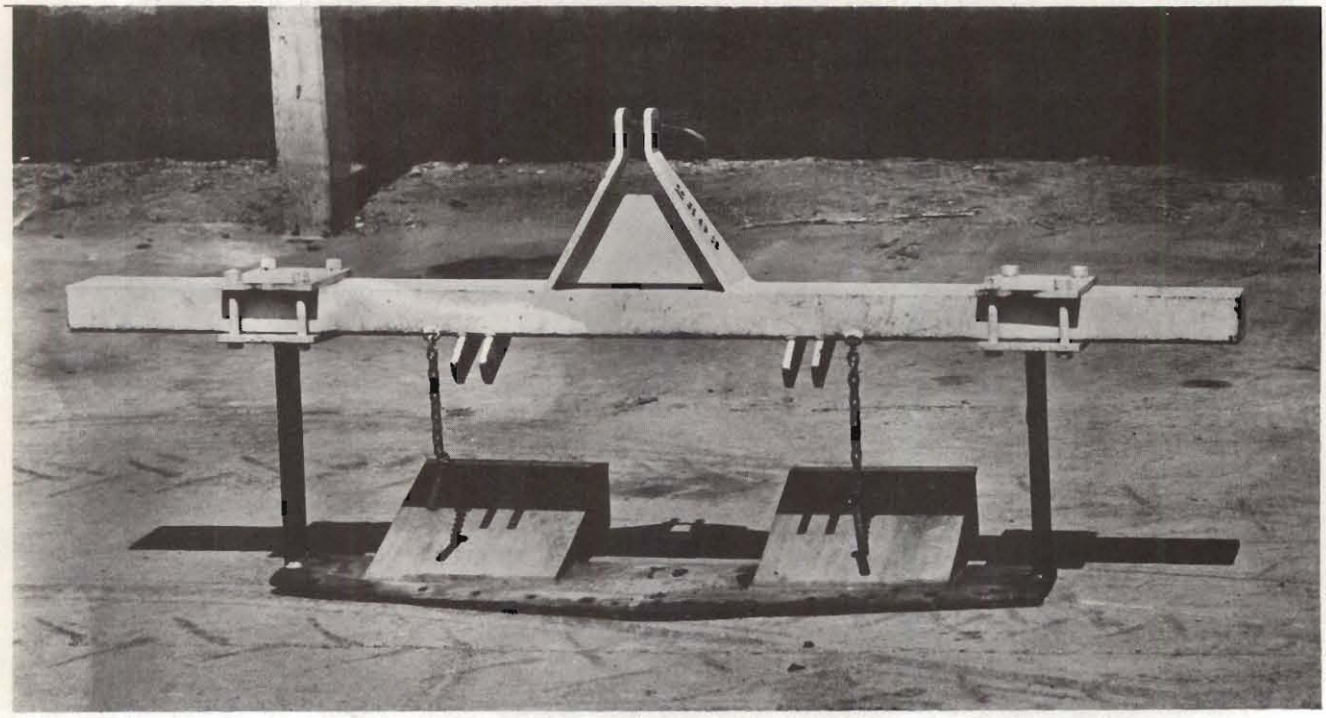


Fig. B. Implemento diseñado y construido en el CIAT.

NUEVOS AVANCES EN EL ALMACENAMIENTO DE YUCA

J.C. Lozano
J.H. Cock
J. Castaño*

Resumen

Las raíces de yuca se deterioran rápidamente después de la cosecha. Su deterioración es fisiológica o microbial, pero la primera generalmente ocurre 48 horas después de la cosecha. Los resultados experimentales muestran que la deterioración fisiológica se puede prevenir mediante la poda de las plantas 2-3 semanas antes de cosecha o mediante el empaque de las raíces en bolsas de papel forradas con polietileno después de cosecha. La deterioración microbial se puede prevenir mediante la inmersión de raíces en soluciones de fungicidas de amplio espectro tales como el Manzate.

Introducción

Las raíces de yuca son un producto altamente perecedero, el cual frecuentemente presenta deterioración fisiológica (necrosis cortical) 24 horas después de la cosecha; cinco a siete días después, se inicia la pudrición microbial (Booth, 1976).

Se han logrado algunos progresos en la búsqueda de resistencia varietal a los dos tipos de deterioración (Kawano, comunicación personal). Sin embargo, la resistencia a la deterioración fisiológica parece correlacionarse positivamente con el contenido de humedad (CIAT, 1976; Kawano, comunicación personal). A pesar de que ésta correlación no es muy cercana, indica que puede ser difícil mejorar genéticamente por un alto contenido de materia seca, y a la vez, por resistencia a la deterioración fisiológica. Además la mayoría de las líneas aparentemente resistentes a éste tipo de deterioración, eventualmente sufren la deterioración microbial después de aproximadamente 10 días. Es discutible el hecho de que la resistencia a la deterioración durante un período tan corto resolvería muchos de los problemas asociados con la durabilidad de la yuca en poscosecha.

En la extensa revisión que adelantó Ingram y Humphries (1962) sobre el almacenamiento de la yuca, mencionaron varios métodos tradicionales, tales como el empaque en lodo y estructuras similares a los silos

---

* Patólogo, fisiólogo y patólogo asociado, Programa de Sistemas de Producción de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

de tierra y paja utilizados en Europa para almacenar papa, Booth (1977) refinó el método de los silos de tierra y paja, y desarrolló el sistema de almacenamiento en cajas con aserrín húmedo. Estos sistemas son relativamente costosos y difíciles de manejar, y hasta el momento no se han adoptado a escala comercial. Oudit (1976) indicó que la yuca fresca se podría almacenar durante un mes en bolsas de polietileno sin aplicar tratamiento alguno.

Durante visitas realizadas a regiones productoras de yuca, los autores y otros miembros del equipo del Programa de Yuca del CIAT observaron que en muchos mercados locales las raíces de yuca se vendían aún ligadas al tallo. Los vendedores afirmaron que las raíces se deterioraban mucho más lentamente bajo estas condiciones, que al desligarlas del tallo.

Booth (1976) mostró que las raíces mantenidas bajo condiciones de alta humedad se "curan" y, en consecuencia, se previene la deterioración fisiológica; sin embargo, la deterioración microbial ocurrió rápidamente a medida que aumentó la temperatura.

Se ha intentado desarrollar métodos simples de fácil adopción para controlar la deterioración fisiológica y microbial de las raíces de yuca cosechadas. En el primer caso, la base de los métodos fue el mantenimiento de la alta humedad y la permanencia de las raíces ligadas a los tallos; en el segundo se evaluó el uso de productos protectores esterilizantes para prevenir la pudrición microbial.

MATERIALES Y METODOS

La definición sintomatológica de los dos tipos de deterioración que sufren las raíces de yuca en almacenamiento (Booth, 1976) se determinó a través de observaciones generales en raíces de diferentes variedades. La evaluación de la severidad de estos dos tipos de deterioración se hizo con base en la escala de deterioración propuesta por Booth (CIAT, 1972), la cual va de 0 hasta 4 (0 = raíces sanas; 4 = raíces más afectadas).

Deterioración Fisiológica

Se investigó el control de la deterioración fisiológica mediante (1) la poda de la parte aérea de las plantas antes de la cosecha y (2) el uso de diferentes sistemas de empaque.

1. Poda. En el primer ensayo se utilizaron plantas de dos variedades susceptibles a la deterioración fisiológica. (M. Colombia 22 y M. Colombia 1802) de un año de edad. Las plantas se podaron hasta 20 cm por encima de la superficie del suelo y se cosecharon 7, 14 y 21 días después de la poda. La mitad de las raíces se almacenaron sin el tallo y la otra mitad con la sección de tallo ligada a ellas. Las raíces se al-

macenaron en el campo bajo un cobertizo de hojas de palma abierta por los lados, y las lecturas se tomaron cada cinco días. La deterioración se determinó en 20 raíces/variedad/tiempo de almacenamiento. El segundo ensayo incluyó seis variedades (M. Colombia 45, M. Colombia 1807, CMC 29, CMC 92, M. Mexico 59 y Popayán), las cuales en ensayos anteriores mostraron diferentes grados de deterioración.

Con el fin de determinar los efectos de la temperatura y humedad sobre la deterioración, M. Colombia 22 se podó 14 ó 21 días antes de la cosecha. Las raíces se desligaron de los tallos al momento de la cosecha; a la mitad de las raíces se les cortaron los extremos y la otra mitad se dejó intacta. Las raíces se almacenaron a 35 y 45 C y a 20, 40, 60 y 80 por ciento de humedad relativa durante 0, 6, 12 y 24 horas. La deterioración se evaluó diariamente en 10 raíces por tratamiento durante 20 días.

2. Sistema de empaque. Veinte raíces frescas recién cosechadas de M. Colombia 113 de un año de edad se empacaron en sacos de estopas, bolsas de papel forradas en polietileno o bolsas transparentes de polietileno. Las bolsas se almacenaron en un cobertizo de hojas de palma abierto por los lados, y las lecturas se tomaron cada cinco días en tres bolsas por tratamiento. Este mismo ensayo se repitió posteriormente con raíces recién cosechadas de Llanera y M. Mexico.

Deterioración Microbial

Con el fin de controlar la deterioración microbial, las raíces se trataron con hipoclorito de sodio y Manzate (bisditiocarbamato de etileno manganoso); el hipoclorito de sodio se utilizó debido a su efecto esterilizante sin dejar residuos tóxicos, y el Manzate a su efecto protector con baja toxicidad (Rohm y Haas Co., 1976) y a su disponibilidad en el mercado. Los productos se suspendieron en agua en mezclas a concentraciones crecientes-decrecientes de 5×10^2, 1×10^3, 2×10^3, 3×10^3 y 4×10^3 ppm de i.a. de Manzate y 5×10^3, 1×10^4, $1{,}5 \times 10^4$, 2×10^4 y $2{,}5 \times 10^4$ ppm de i.a. de hipoclorito de sodio. El tratamiento de las raíces consistió en su inmersión en la suspensión durante un período de tres a cinco minutos antes de su empaque en bolsas de papel forradas con polietileno. Las lecturas de la deterioración se tomaron cada cinco días.

Con el fin de determinar si la luz ejercía algún efecto sobre la degradación química después del tratamiento, lo cual conduciría a la deterioración microbial durante su almacenamiento, las raíces de Llanera, M. Colombia 113 y M. Mexico 23 se empacaron en bolsas de polietileno transparentes, verdes y negras y en bolsas de papel forradas con polietileno con 3×10^3 ppm. de i.a. de Manzate y 1×10^4 ppm de i.a. de hipoclorito de sodio. Las lecturas se hicieron cada cinco días.

RESULTADOS

La deterioración fisiológica se caracteriza por una necrosis seca de color marrón a oscuro, la cual normalmente aparece en la forma de anillos alrededor de la periferia de la corteza. La deterioración aparece dentro de las primeras 48 horas después de la cosecha, lo cual depende de la susceptibilidad varietal. La deterioración microbial frecuentemente se inicia con un estriado vascular, seguido por una pudrición húmeda, fermentación y maceración de los tejidos radicales. Este tipo de deterioración, el cual no ocurre en ningún orden en especial, comúnmente se observa cinco a ocho días después de la cosecha, lo cual depende de la flora microbial del suelo capaz de metabolizar las raíces de yuca y de la intensidad del daño mecánico causado a las raíces al momento de la cosecha (Figura 1).

Poda

La poda de las plantas antes de la cosecha disminuyó el porcentaje de deterioración a medida que aumentó el tiempo entre la poda y la cosecha hasta 14-21 días; un mayor tiempo entre la poda y la cosecha ejerció poco efecto (Figura 2). Las raíces ligadas al trozo de tallo siempre sufrieron una deterioración más lenta en comparación con las raíces sin tallo (Figura 2). Las variedades sin tratamiento variaron en su susceptibilidad a la deterioración (Figura 3); por ejemplo, M. Colombia 1807 y M. Colombia 22 fueron más susceptibles, en tanto que M. Colombia 1802 y M. México 59 fueron moderadamente resistentes. Sin embargo, 21 días después de la poda, las primeras dos variedades presentaron menos deterioración que las últimas las cuales fueron más resistentes sin tratamiento. En consecuencia, la reacción de las variedades al tratamiento de poda varía y la resistencia sin tratamiento no se relaciona con la resistencia con tratamiento.

Las raíces con daños generalmente se deterioran más rápidamente que las raíces sin daño (Booth, 1976). Sin embargo, después del tratamiento de poda, la tasa de deterioración de las raíces que se cortaron para simular el daño fue igual a la del testigo sin daño, aún bajo condiciones de baja humedad para evitar su curación. Las humedades relativas altas o bajas no aumentaron la deterioración de las raíces de plantas con tratamiento de poda (Figura 4).

El almacenamiento de las raíces después de la poda evitó la deterioración fisiológica que ocurre normalmente durante los primeros dos días de almacenamiento; sin embargo, la pudrición microbial ocurrió después de 10 días (Figura 5), lo cual se evitó mediante la inmersión de las raíces en Manzate e hipocloruro de sodio (4×10^3 y $2,5 \times 10^4$ ppm de i.a., respectivamente).

Almacenamiento en bolsas

El almacenamiento en bolsas de estopa y de papel mejoró el número de raíces sin deterioro en comparación con los testigos(Figua 6), pero los tratamiento aún dieron un alto porcentaje de deterioración microbial y fisiológica a los cinco días de almacenamiento. Por otra parte, las bolsas de papel forradas con polietileno evitaron la deterioración fisiológica. Sin embargo, después de aproximadamente 10 días, se observó una tendencia a la deterioración microbial en forma muy similar a la observada en los tratamientos de poda. Esta tendencia se previno parcialmente mediante el tratamiento de las raíces con hipocloruro de sodio ($2,5 \times 10^4$ ppm de i.a.) y se evitó totalmente mediante el tratamiento con 4×10^4 ppm de i.a. de Manzate (Figura 7). Ensayos posteriores mostraron que esta concentración de Manzate permitía alguna pudrición microbial y que a concentraciones de 8×10^4 ppm de i.a. siempre se obtenía un excelente control (Figura 8). Los estudios preliminares sobre calidad mostraron que los niveles de HCN aparentemente se reducían durante el almacenamiento, y que la calidad de consumo mejoraba con el tiempo de almacenamiento si se evita la deterioración fisiológica.

Aparentemente, la luz no influye sobre el efecto protector de los productos químicos utilizados. Todas las raíces mantenidas en bolsas de polietileno de diferentes colores presentaron la misma tasa de deterioración.

DISCUSION

Los resultados obtenidos sobre los dos tipos de deterioración de las raíces de yuca concordaron con los reportados por Booth (1976), pero el estriado vascular parece ser un síntoma común. La deterioración fisiológica se desarrolla en la forma de una pudrición seca, la cual concluyó con un decoloramiento de color marrón claro a oscuro en forma de anillo alrededor de la parte más externa de la corteza. El estriado vascular, el cual también se asocia con la deterioración fisiológica, comúnmente se presenta al inicio de la deterioración microbial como resultado de la invasión y degradación por parte de microorganismos. El estriado vascular no presentó patrón sintomatológico alguno y siempre terminó con la maceración, fermentación y decoloramiento del tejido. Siempre se detectó actividad microbial.

La deterioración fisiológica se puede prevenir mediante la poda de las plantas dos a tres semanas antes de la cosecha y mediante el empaque de las raíces en bolsas de polietileno. Si se hace la poda y se permite el desarrollo de nuevos retoños antes de la cosecha, disminuye su efecto sobre la deterioración fisiológica. Esto indica que las hojas producen alguna sustancia la cual se transloca hacia las raíces e induce la iniciación de la deterioración fisiológica. Booth (1975) indicó que ésta deterioración que asocia con el daño mecánico sufrido por las raíces; sin embargo, con el tratamiento de poda, las raíces heridas no

mostraron signos de deterioración fisiológica. En consecuencia, después de la poda la sustancia de alguna manera se elimina o minimiza en las raíces; este punto de vista encuentra apoyo en la disminución de la deterioración fisiológica cuando se prolonga el tiempo desde la poda hasta la cosecha.

Cuando las raíces se almacenan bajo condiciones húmedas, aparentemente ocurre la curación de las raíces (Booth, 1975), y el cicatrizamiento de las heridas evita la pudrición fisiológica. El trabajo adelantado recientemente por John Marriot durante su permanencia en el CIAT, indica que existe otro factor relacionado con la pérdida de agua. Cuando se redujo la pérdida de agua por medios artificiales, se retardó la deterioración fisiológica (Marriot, comunicación personal). Este interesante resultado puede explicar el porqué un alto contenido de humedad se correlaciona en cierta forma con la resistencia a la deterioración fisiológica. Este proceso fisiológico sólo se puede iniciar cuando se alcanza un nivel crítico de bajo contenido de humedad; las variedades cuyas raíces presentan un bajo contenido de humedad pueden alcanzar este nivel más rápidamente. Además, cuando las raíces se almacenan en bolsas de polietileno, el alto contenido de humedad en el medio no solamente favorecerá la curación de las raíces y la cicatrización, sino también disminuirá lo suficiente la pérdida de humedad para evitar la deterioración fisiológica.

La deterioración debida a la actividad microbial es una entidad separada, distinta de la deterioración fisiológica. Es inducida por un complejo de microorganismos capaces de degradar los tejidos radicales. El uso de esterilizantes superficiales es aparentemente inefectivo, probablemente debido a que la esterilización es difícil y también porque existe la oportunidad de la reinfección. Por otra parte, los fungicidas protectores como el Manzate, se pueden utilizar para prevenir la reinfección.

En consecuencia, parece que los fungicidas protectores se pueden utilizar para evitar la pudrición microbial, y la poda o las condiciones de alta humedad, para prevenir la deterioración fisiológica. El tratamiento de poda ejerce algunos efectos adversos sobre la calidad de la yuca para su consumo fresco. Las raíces se tornan un poco más duras y aumenta ligeramente su contenido de materia seca, lo cual significa que es necesario prolongar el tiempo de cocción. Por otra parte, se favorece el secamiento de la yuca o la extracción de almidón debido al alto contenido de materia seca, lo cual reduce los costos de transporte y hace más fácil su procesamiento. En consecuencia, el método de la poda puede ayudar a conservar y mejorar la calidad de la yuca para uso industrial.

Aunque Oudit (1976) indicó que el almacenamiento en bolsas de polietileno sin ningún otro tratamiento no permite la deterioración durante 20 días, el resultado de éstas investigaciones mostró que siempre se presentó pudrición microbial a los 7-10 días después de cosecha. Sin embargo, el almacenamiento de las raíces en bolsas de papel forradas con polietileno y su tratamiento con fungicidas protectores, permitió su alma-

cenamiento seguro durante tres semanas después de cosecha sin que se presentaran cambios en su calidad culinaria. Los problemas de toxicidad debido a los fungicidas protectores superficiales son mínimos debido a que las raíces siempre se pelan de su cocimiento. Se harán futuras investigaciones sobre el uso de diversos productos químicos y su translocación dentro de las raíces.

REFERENCIAS

1. BOOTH, R.H. 1976. Storage of fresh cassava. I. Post-harvest deterioration and its control. Expl. Agric. 12:103:111.

2. BOOTH, R.H. 1977. Storage of fresh cassava. II. Simple storage techniques. Expl. Agric. 13:119-128.

3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1972. Cassava Production Systems. CIAT'S ANNUAL Report 1972. CIAT. Cali, Colombia. pp. 43-82.

4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1975. Cassava Production Systems. CIAT'S ANUAL Report 1974. CIAT. Cali, Colombia, 253 p.

5. INGRAM, J.S. and J.R.O. HUMPHRIES. 1972. Cassava storage-A review. Trop. Sci. 14:131-148.

6. OUDIT, D.D. 1976. Polyethylene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperatures. Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago. 76:63-66.

7. ROHM AND HAAS COMPANY. 1976. Agricultural Chemicals. Agricultural Business Team, Latin American Retion. L.A.R. Boletín Técnico No. 8, 10 p.

8. YOSHIDA, S., D.A. FORNO, and J.H. COCK. 1971. Laboratory Manual for physiological studies of rice. Int. Rice Res. Inst.

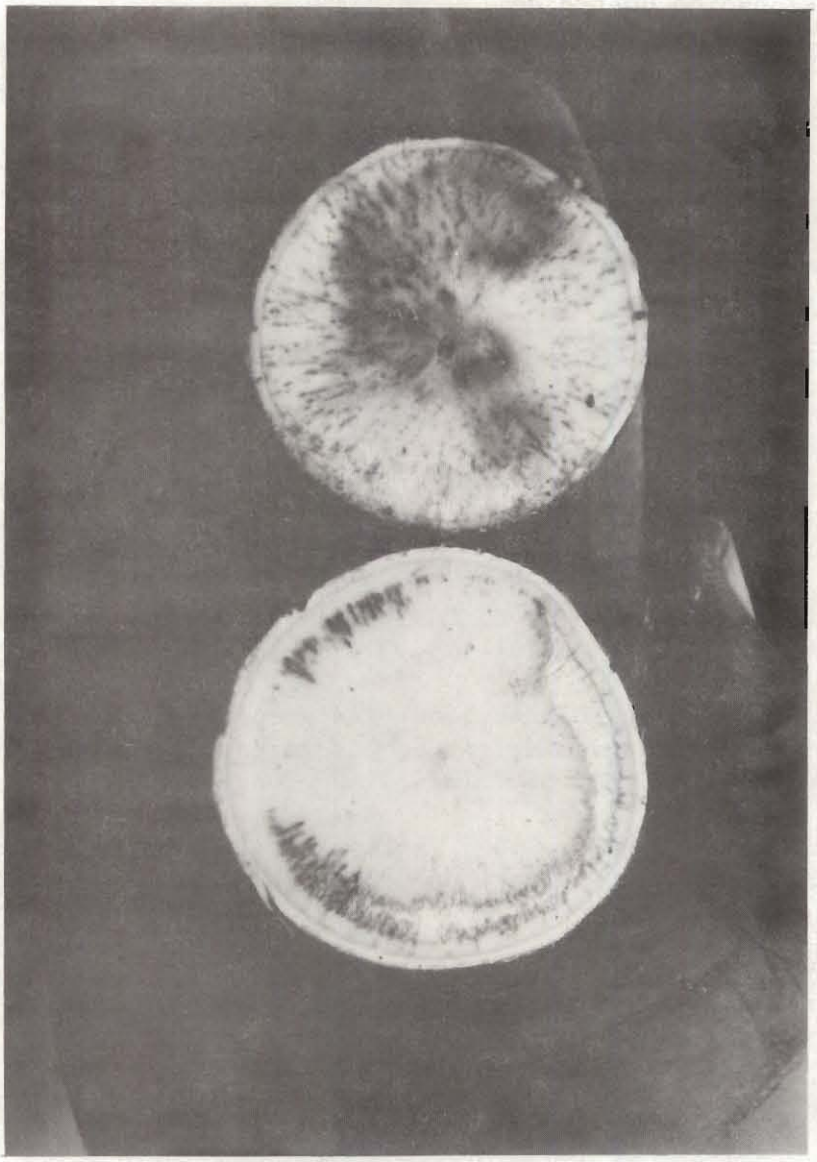


Fig. 1 Deterioración de raíces de yuca cosechada. Fisiológico (inferior) en una necrosis marrón-oscura en forma de anillos alrededor de la periferia de la corteza; microbial (superior) caracterizada por pudrición suave, con fermentación y maceración de los tejidos de la raíz.

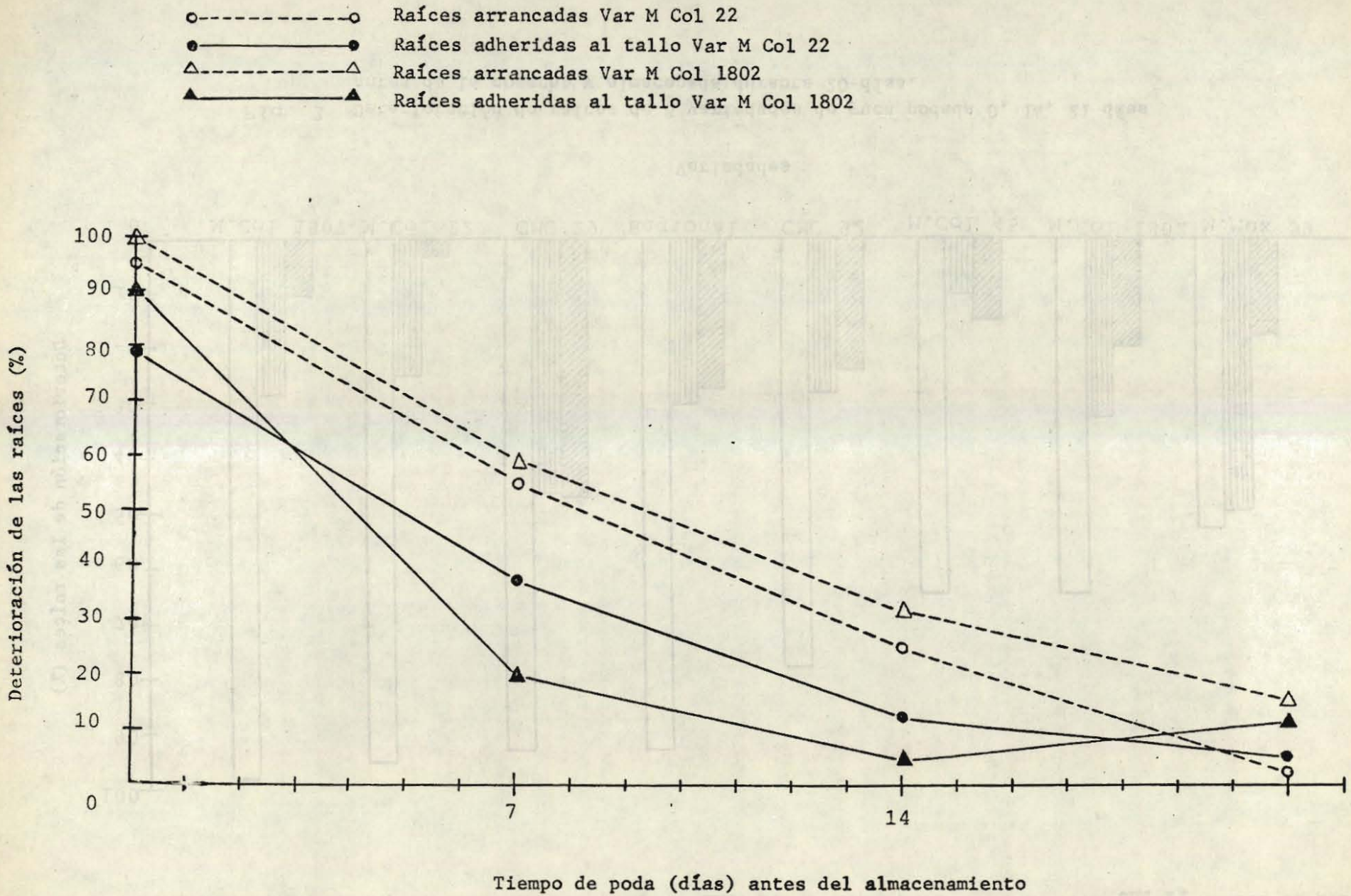


Fig. 2 Efecto de la poda en la deterioración de raíces de yuca después de 20 días de almacenamiento.

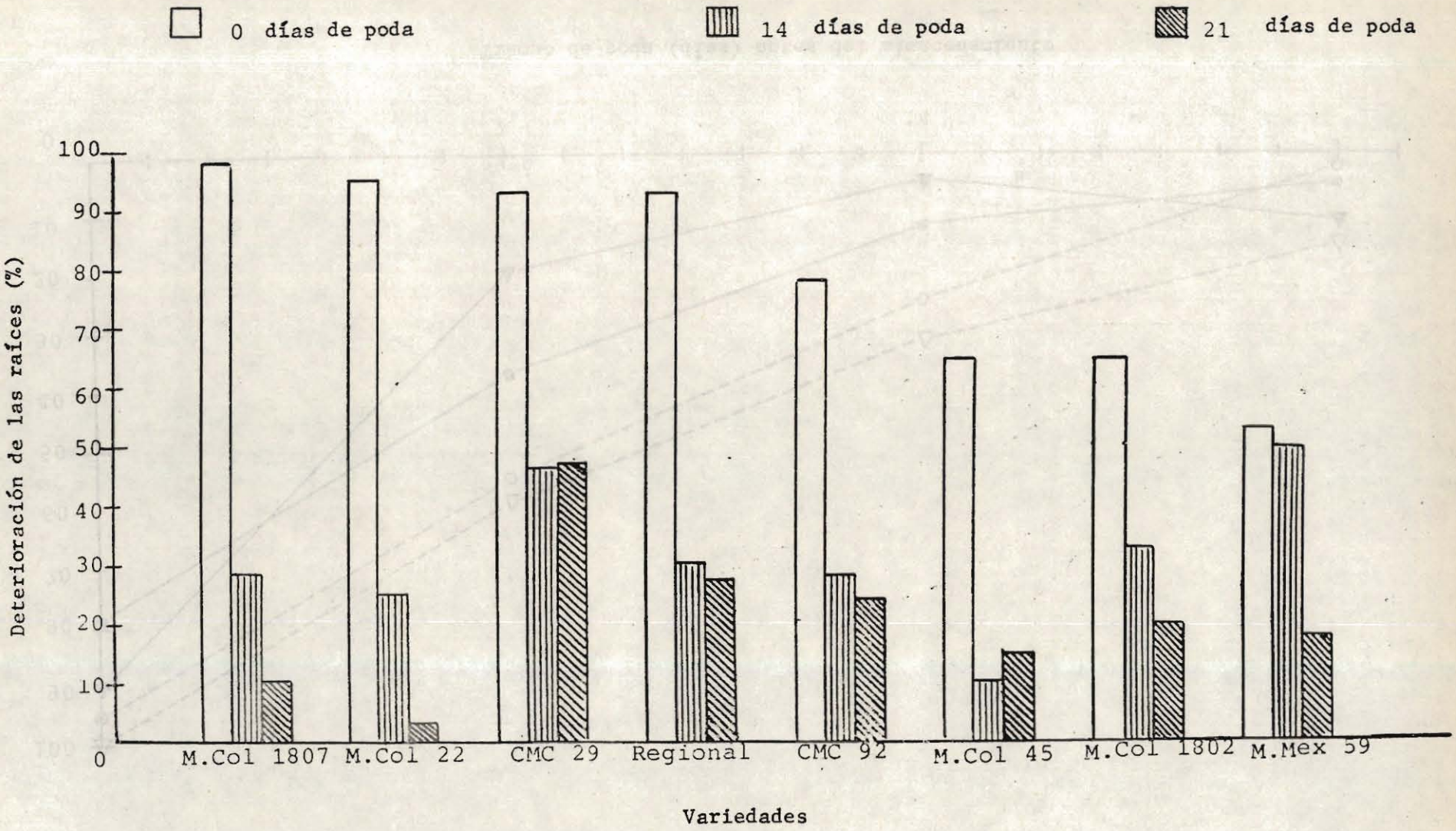
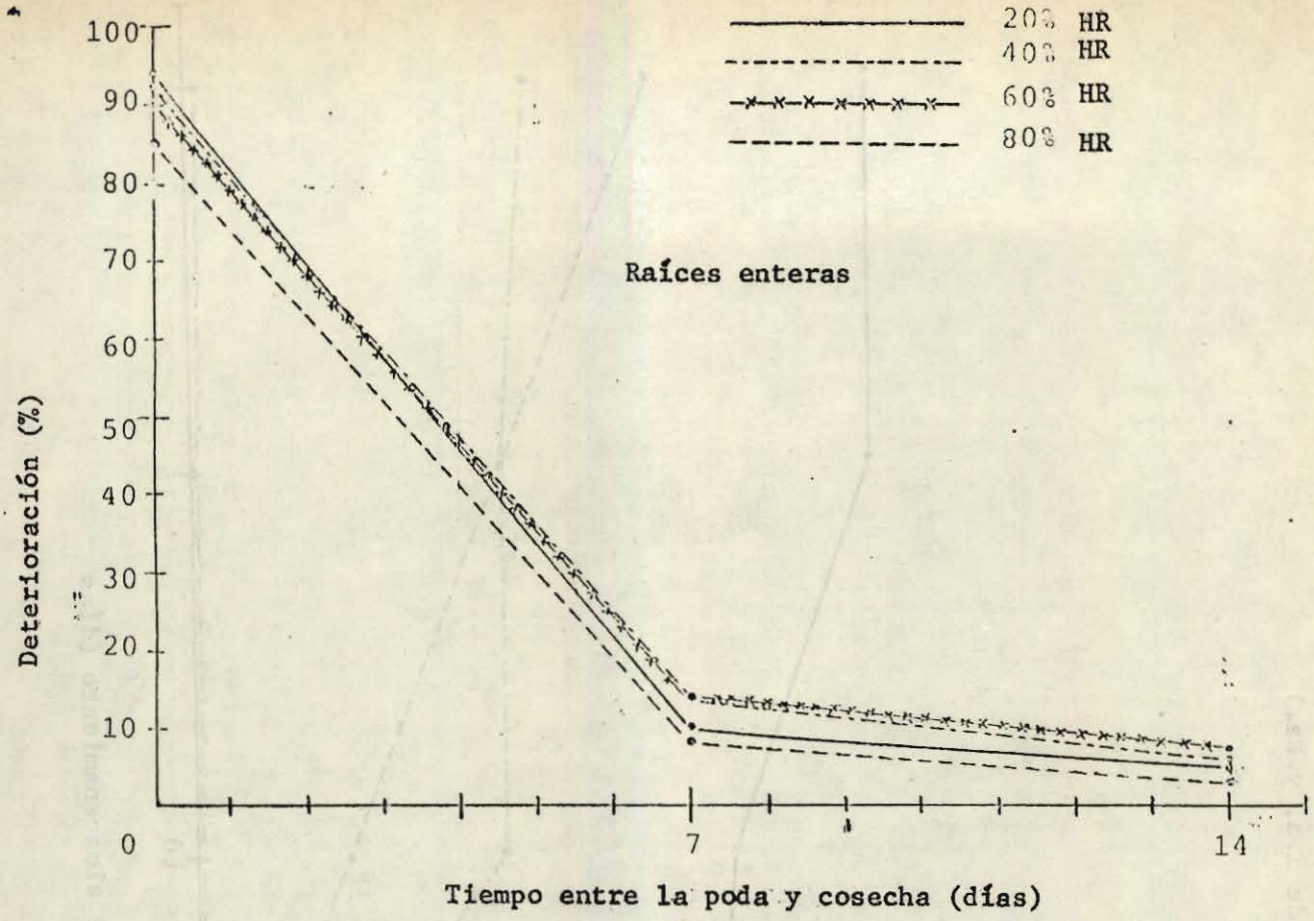


Fig. 3 Deterioración de raíces de 8 variedades de yuca podada 0, 14, 21 días antes de la cosecha y almacenada durante 20 días.



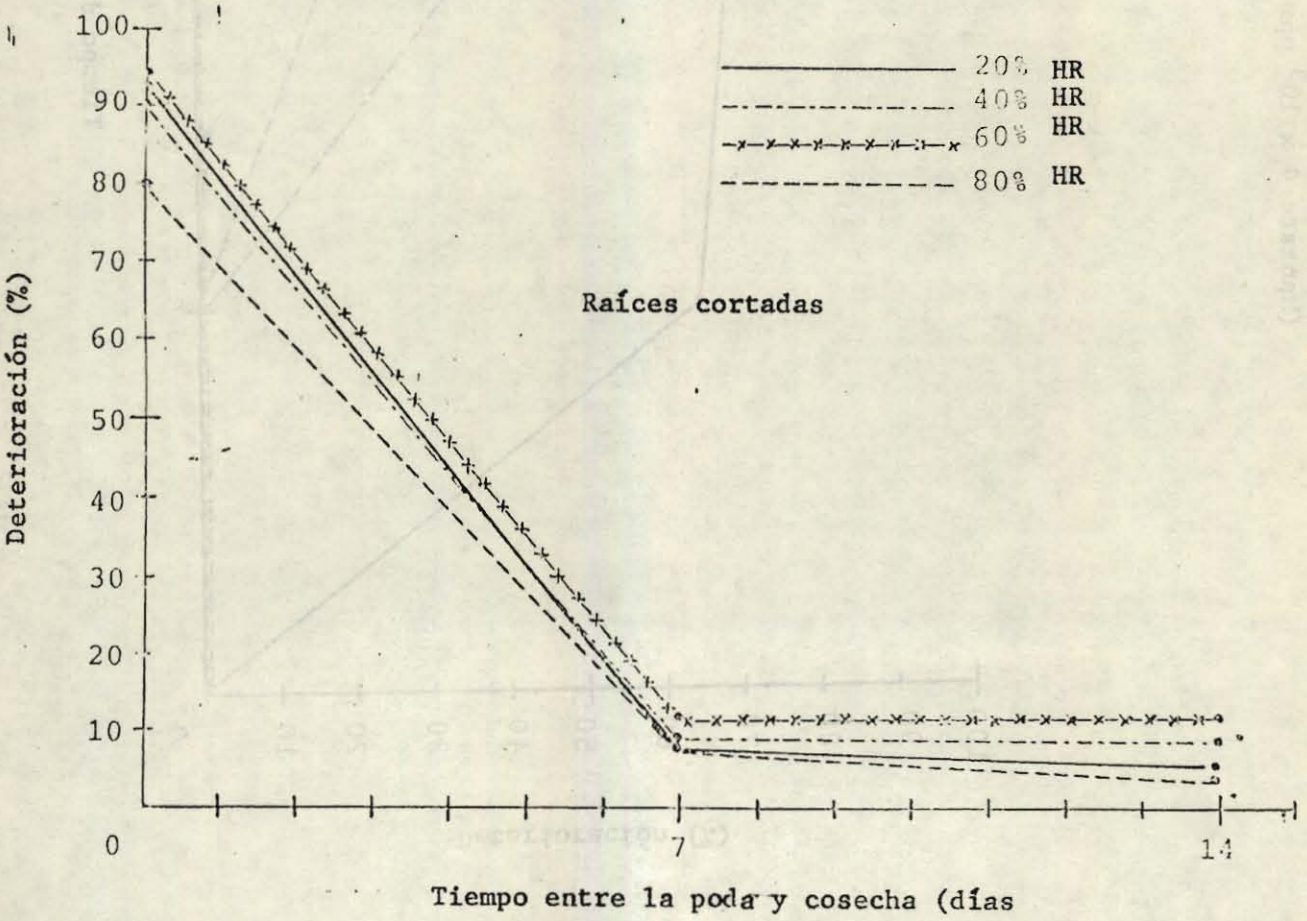


Fig. 4 Deterioración de las raíces de M. Colombia 22 después de 20 días de almacenamiento a 35°C, 20, 40, 60 u 80% de humedad relativa durante 12 horas, con relación a diferentes épocas de poda antes de cosecha.

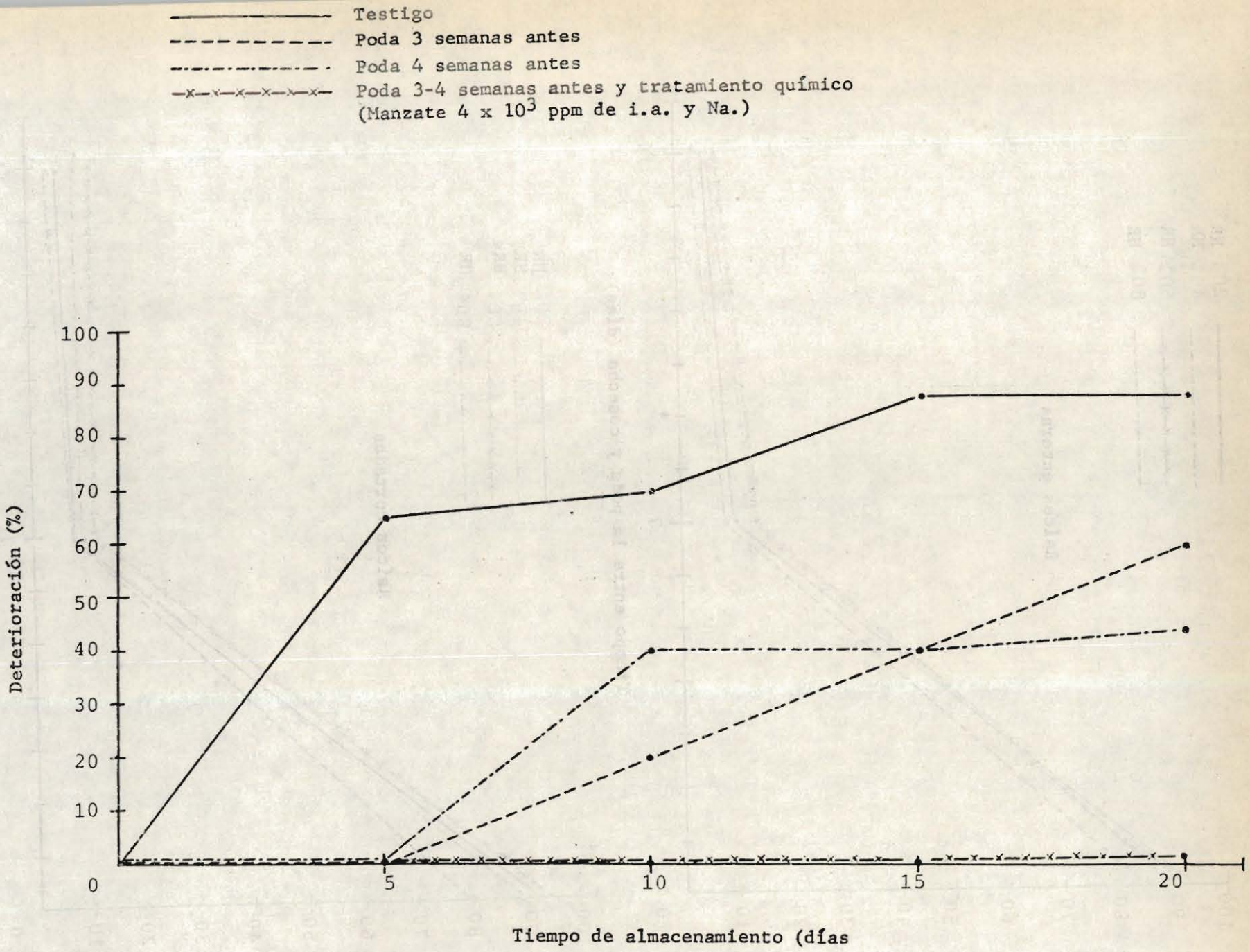


Fig. 5 Efecto de la poda y tratamiento químico en la deterioración

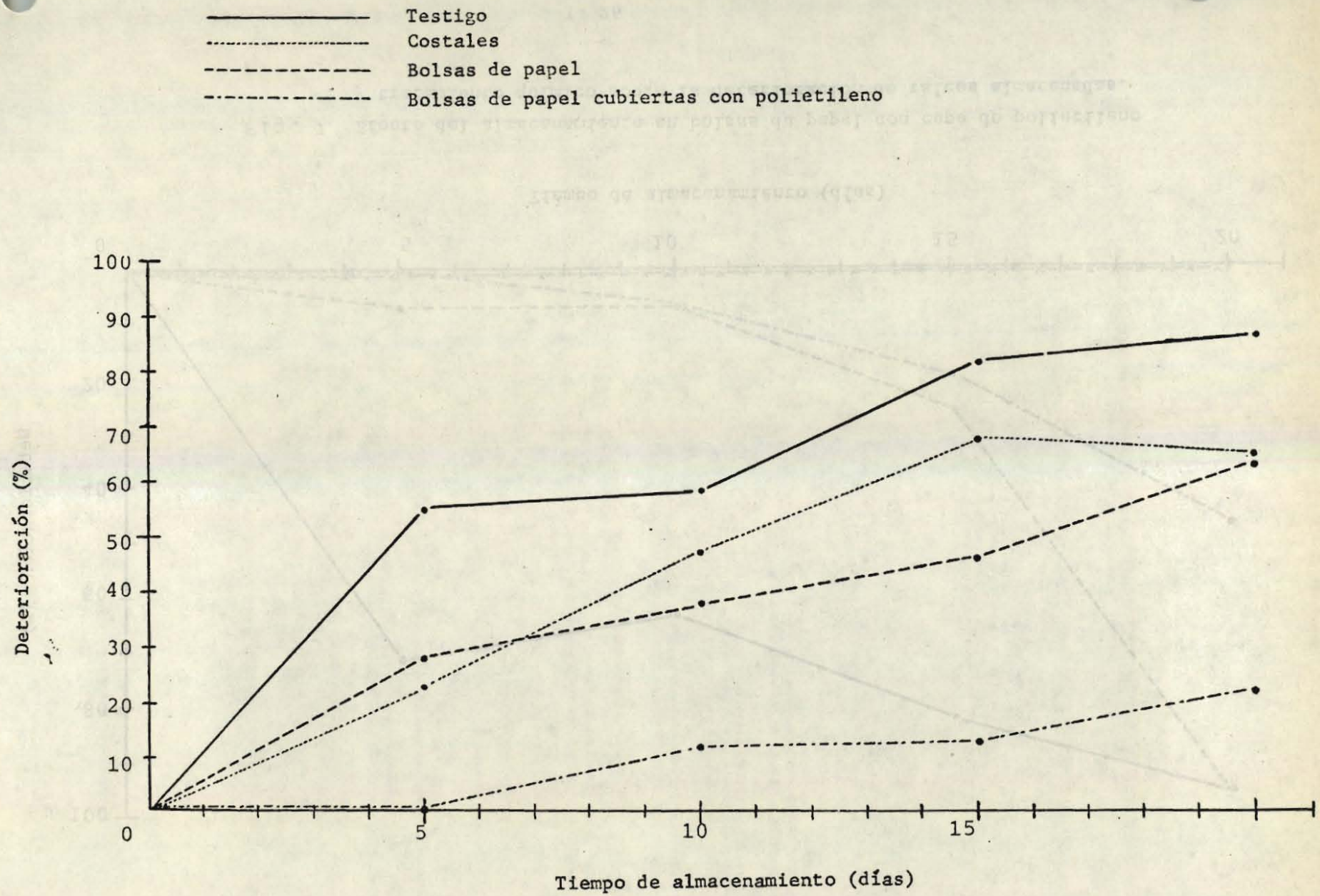


Fig. 6 Efecto del almacenamiento en bolsas sobre la deterioración de raíces de yuca (Var M Col 113).

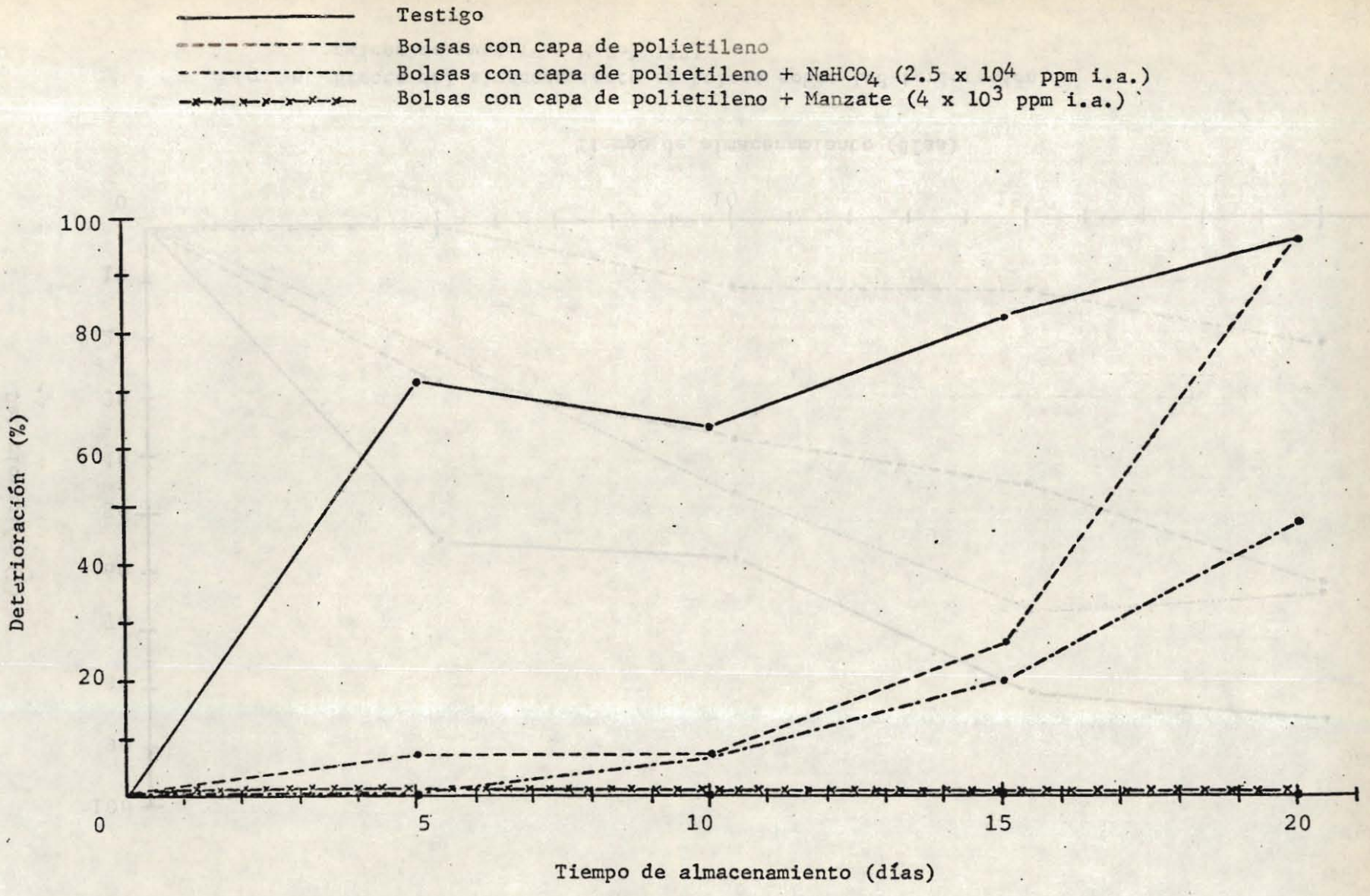


Fig. 7 Efecto del almacenamiento en bolsas de papel con capa de polietileno y tratamiento químico sobre la deterioración de raíces almacenadas.

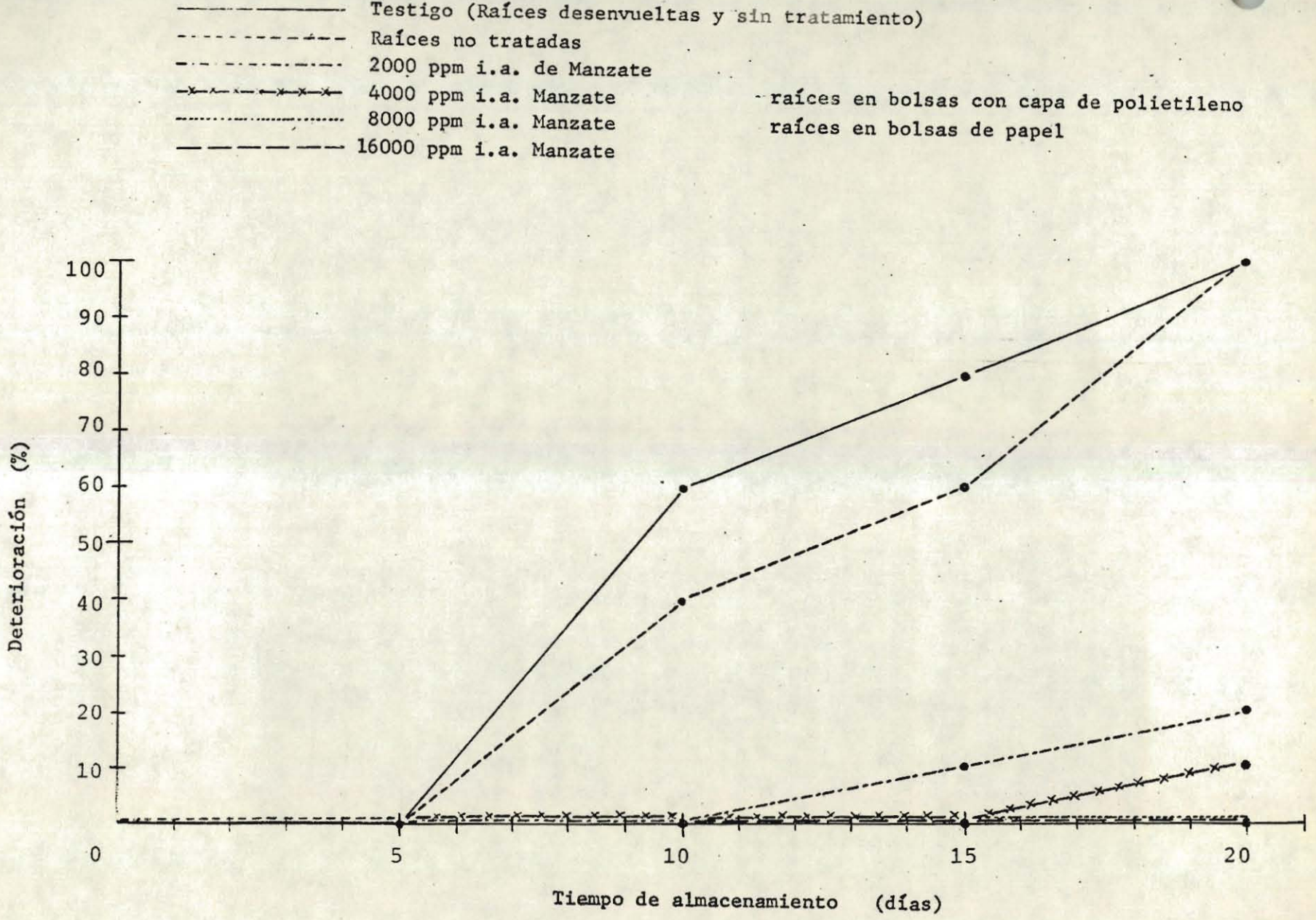
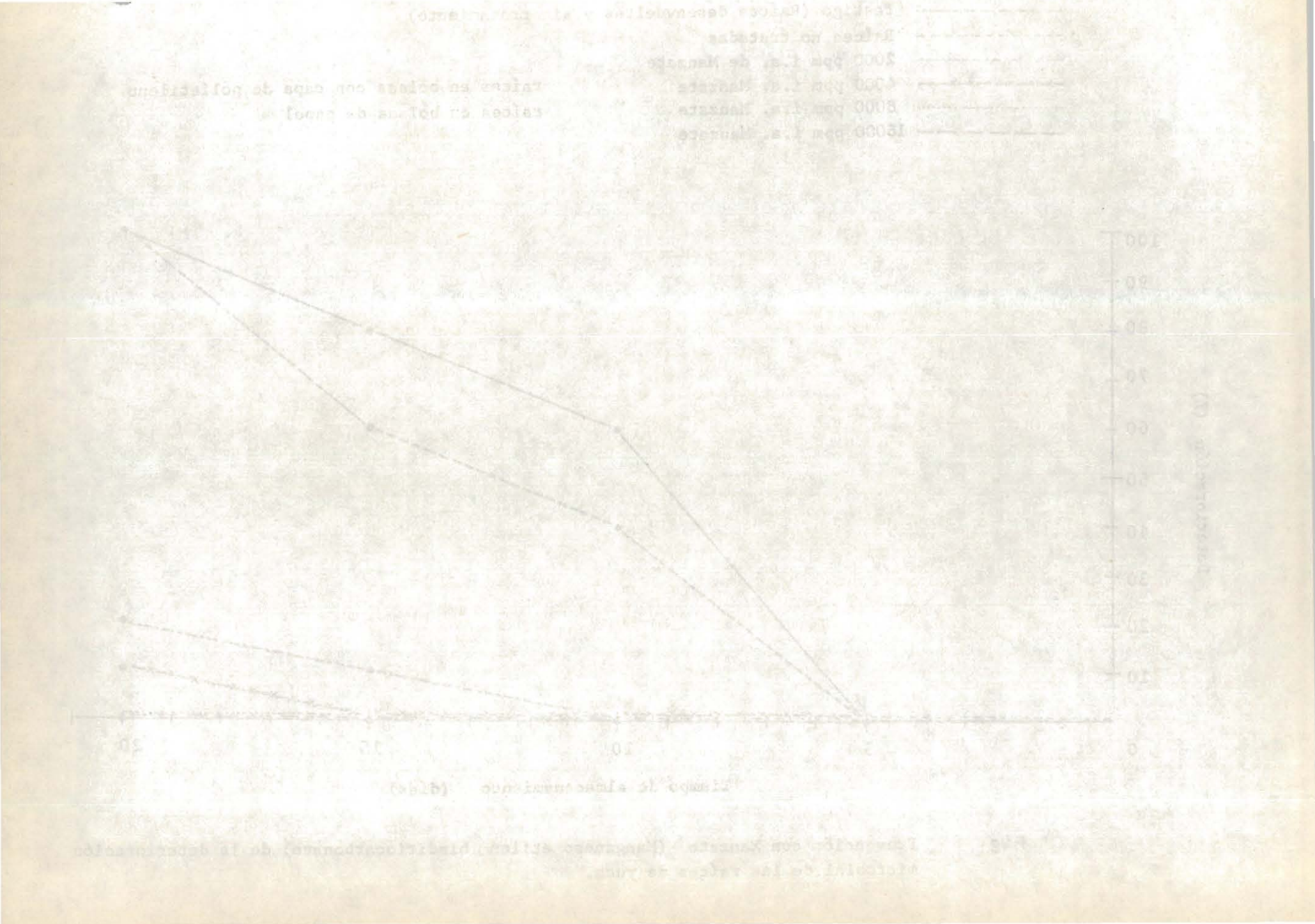


Fig. 8 Prevención con Manzate (Manganeso etilen bisditiocarbonato) de la deterioración microbial de las raíces de yuca.



SECAMIENTO DE LA YUCA

Rupert Best[1]

Introducción

El uso de prácticas culturales adecuadas y la introducción de variedades mejoradas han demostrado que los rendimientos de la yuca se pueden aumentar de dos a cinco veces en relación con los obtenidos anteriormente. Este incremento potencial de la producción plantea nuevos problemas en cuanto a mercadeo y utilización del cultivo, el cual es producido principalmente por agricultores de subsistencia.

Las raíces de yuca una vez cosechadas son altamente perecederas y por eso se las deja en la tierra hasta el momento de consumirla. Las raíces frescas se pueden almacenar en silos de tierra o empacar en cajas llenas de aserrín húmedo, pero estos métodos sólo son apropiados para cantidades pequeñas y durante períodos de tiempo que no excedan de seis meses. Las raíces se deben secar a fin de garantizar un almacenamiento seguro por un período más largo sin que haya riesgo de pérdidas debido a pudriciones. En muchas regiones tropicales y subtropicales el secamiento se puede hacer naturalmente usando el sol y el viento.

La yuca seca se emplea para el consumo humano y animal. En muchos países existen métodos tradicionales para preparar en el hogar alimentos a base de yuca seca, y se ha desarrollado la tecnología apropiada para sustituir parcialmente la harina de trigo por la de yuca en la panificación. Además, la yuca también se suministra como alimento rico en carbohidratos a cerdos y aves de corral.

Secamiento de la yuca

El secamiento al sol de cultivos como maíz, café y fríjol se lleva a cabo esparciendo los granos en capas delgadas sobre bandejas de madera o pisos de cementos y volteándolos periódicamente a fin de que se sequen de manera uniforme. Si las raíces de yuca se cortaran en trozos del mismo tamaño también se podrían secar en forma similar. No obstante, como las raíces frescas de yuca tienen un contenido de humedad de 60-70 por ciento, el proceso de secamiento sería más eficiente si se aprovechara la capacidad de secamiento al viento. Esto se puede lograr colocando los trozos de yuca a cierta altura del suelo sobre bandejas inclinadas con base de malla. (Figura 1.) .

Para que no haya problemas de almacenamiento la yuca se debe secar hasta que el contenido de humedad sea inferior a 14 por ciento. La cantidad de

---

[1] Tropical Products Institute, Londres.



Fig. 1 Secamiento de la yuca en bandejas de malla inclinadas.

yuca seca producida depende del contenido de las raíces frescas (Cuadro 1), ya que a mayor contenido de humedad menor es el rendimiento de yuca seca. O sea que 100 kg. de yuca fresca con un contenido de humedad de 70 por ciento dan 11 kg. menos de producto que aquellos con un contenido del 60 por ciento. De aquí la importancia de seleccionar variedades de yuca con un contenido bajo de humedad.

CUADRO 1. RENDIMIENTO DE YUCA SECA PARA DIFERENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD DE LA YUCA FRESCA.

Peso de la yuca fresca (kg.)	Contenido de humedad (%)	Rendimiento teórico de yuca seca con un contenido de humedad de 14% (kg.)	Rendimiento con un margen de 5% para pérdidas de procesamiento (kg.)
100	70	34,9	33,4
100	65	40,7	39,0
100	60	46,5	44,5

El proceso de secamiento

En la Figura 2 se observan las operaciones necesarias para secar la yuca. En la estación lluviosa y en suelos pesados las raíces tienen gran cantidad de tierra que si no se elimina afecta tanto la calidad visual como nutritiva del producto final. Las raíces se pueden lavar manualmente en un tanque grande de cemento (Figura 3). Cuando la yuca seca se va a emplear para la alimentación animal no es necesario quitar la capa externa de piel ni la cáscara.

Con el objeto de reducir el tiempo que toma el secamiento, la operación más larga de todo el proceso, las raíces de yuca se cortan en trozos iguales de 1 x 1 x 5 cm. Una máquina desarrollada en Malasia ha resultado fácil de construir y produce trozos de aproximadamente el tamaño exacto (Figura 4); la forma de construir y operar la picadora se indica en el Apéndice.1. Una vez tajada, la yuca se seca sobre patios de cemento o en bandejas de malla inclinadas. Habrá casos en que se disponga de áreas de cemento y por consiguiente ambos métodos de secamiento se describen en la siguiente sección. La yuca no se deteriora durante los tres días siguientes a su preparación en forma de trozos, siempre y cuando el contenido de humedad se reduzca al 50 por ciento en el primer día. Sin embargo, los trozos de yuca son más blancos cuando el tiempo de secamiento es corto.

Los trozos de yuca están suficientemente secos para almacenar cuando se quiebran con facilidad y el color de la sección transversal es blanco sin brillo; la cáscara casi siempre toma más tiempo para secarse que el resto de la raíz. La naturaleza quebradiza de los trozos secos de yuca hace

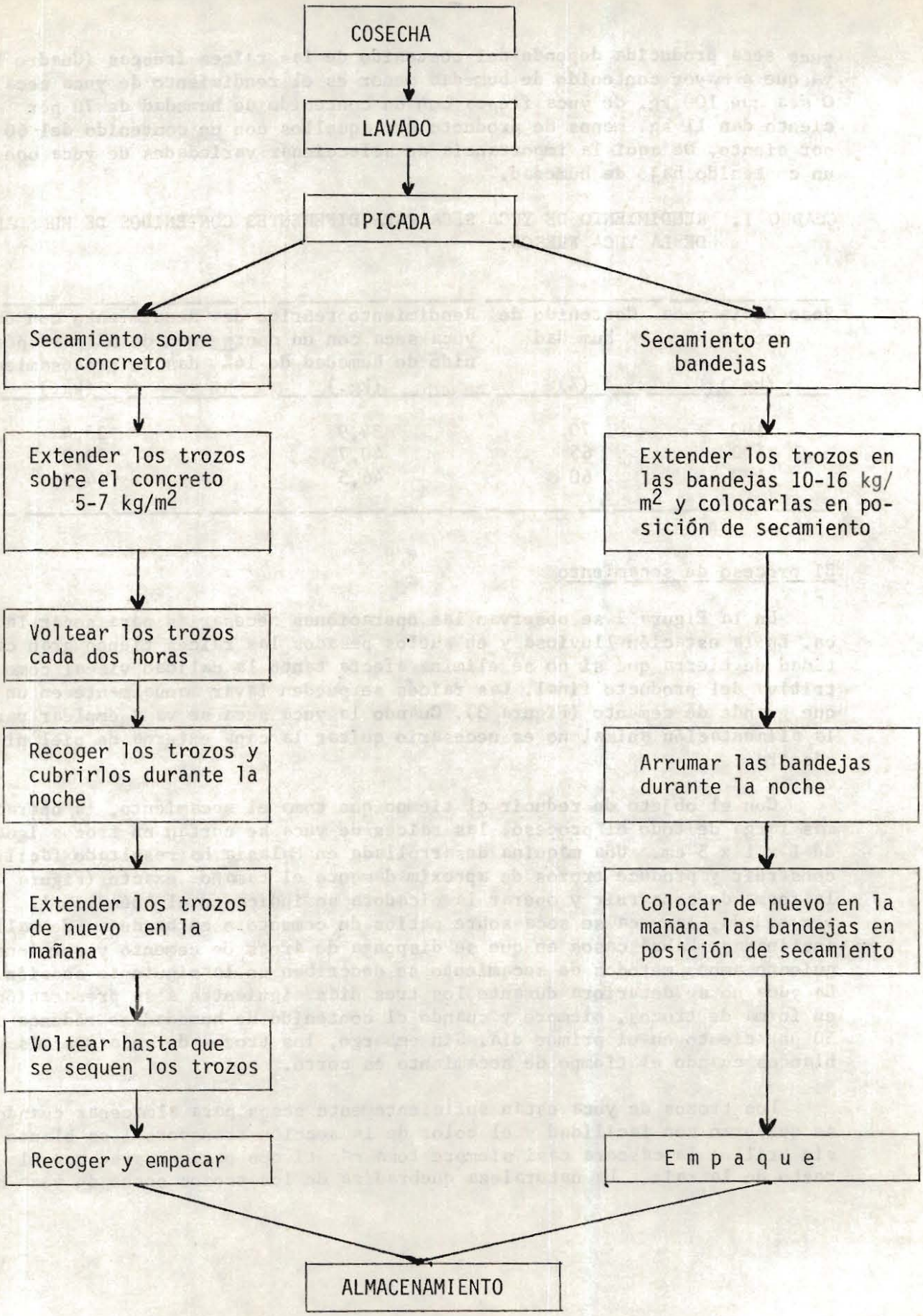


Fig. 2. Diagrama de flujo del secamiento de la yuca.

que al manipularlos se desmoronen produciendo una harina fina, así que para reducir las pérdidas de almacenamiento se deben utilizar costales con un tejido tupido. Se deben tomar las precauciones del caso para evitar los daños causados por roedores e insectos teniendo en cuenta el peligro de usar venenos e insecticidas cerca de alimentos. Si se requiere almacenar los trozos durante un tiempo prolongado es aconsejable verificar el grado de absorción de humedad y la formación de moho, toda vez que podría ser necesario someterlos a un período más largo de secamiento.

Estándares para los trozos de yuca seca

Las compañías que compran cultivos secos para incorporarlos en los alimentos compuestos para animales a menudo fijan estándares para conservar la calidad de sus productos. El valor del cultivo depende de que se cumpla o no con estos estándares. El Cuadro 2 muestra los límites permitidos para los principales componentes de la yuca seca. El contenido de humedad es el factor más importante y depende de la eficiencia de secamiento. La variedad y edad de la yuca determinan el contenido de almidón, y los porcentajes de ceniza y fibra lo reducen. El contenido de ceniza aumenta cuando la yuca está sucia, en tanto que el de fibra superará los límites establecidos si se agregan al producto otros materiales como cáscaras de maíz y tallos de yuca.

CUADRO 2. LIMITES DE LAS ESPECIFICACIONES PARA TROZOS DE YUCA.

Componente	Porcentaje	Factores determinantes
Humedad	10-14	Secamiento eficiente
Almidón	70-82	Variedad, edad, contenidos de fibra y ceniza
Contenido total de ceniza	1,8-3,0	Raíces limpias
Fibra cruda	2,1-5,0	Ausencia de cualquier otro material fibroso

Secamiento de la yuca sobre cemento

En muchas fincas hay patios de cemento que se pueden emplear para el secamiento de la yuca. Los trozos se esparcen uniformemente sobre la superficie empleando un rastrillo de madera como el que aparece en la Figura 5. Para obtener un secamiento uniforme es sumamente importante voltear los trozos a intervalos de dos horas, especialmente durante las etapas iniciales

cuando la yuca pierde la mayor cantidad de humedad. El rastrillo que se emplea para voltear la yuca (Figura 6) va formando surcos con los trozos y deja espacios vacíos de cemento entre los surcos, los cuales absorben la radiación solar y se calientan. La absorción de la radiación solar puede hacerse más eficiente pintando el cemento de negro, ó cuando se acaba de fabricar un nuevo patio, agregando un pigmento negro a la capa final de cemento. El terminado de los pisos de los patios de secamiento debe ser lo más parejo posible ya que cuando quedan ranuras el polvo de yuca se incrusta en ellas reduciendo la eficiencia del piso negro.

Una capa sencilla de trozos de yuca equivale a entre 5 y 7 kg./m.^{2} de yuca fresca. Es posible colocar capas más densas, pero por encima de 7 kg./m.^{2} disminuye el efecto de la superficie negra, y a más de 10 kg./m.^{2} es difícil voltear los trozos y se debe hacer más a menudo.

Por la noche y antes de que llueva se recogen los trozos de yuca con garlanchas de madera (Figura 7). y se cubren con plástico o lona. Es más fácil esparcirlos nuevamente si se hacen pequeños montones en lugar de uno solo grande.

Mediante el secamiento sobre cemento se puede obtener un producto de buena calidad si el tiempo es bueno, pero bajo condiciones desfavorables el hecho de tener que recoger y extender repetidamente los trozos hace que se forme una película fina de polvo de yuca, la cual queda en el patio a menos de que se barra cuidadosamente después de cada recogida.

Secamiento de la yuca en bandejas

Las bandejas inclinadas se deben emplear cuando es necesario secar grandes cantidades de yuca o donde las condiciones ambientales sólo permiten períodos cortos de secamiento. Los trozos de yuca se esparcen sobre bandejas hechas con un marco de madera cuya base está formada por una malla de gallinero de 1" y una malla plástica, fina contra los mosquitos (Figura 8). Las bandejas se colocan en ángulo sobre dos hileras de postes y barandas de bambú a fin de aprovechar al máximo la dirección del viento (Figura 9). La mejor circulación del aire acelera el secamiento sin tener que voltear los trozos. Las bandejas se colocan a un ángulo entre 25 y 30°, pero en los lugares donde la velocidad del viento es alta no se puede emplear el ángulo máximo por cuanto los trozos de yuca al secarse se caerían de las bandejas.

Las dimensiones de las bandejas dependen de los materiales disponibles. Por ejemplo, las de la Figura 10 son de 0,90 m. x 1,85 m. con una profundidad de 5,5 cm. y son fuertes y fáciles de manejar.



Fig. 3 Tanque de lavado



Fig. 4 Máquina picadora tipo malasio

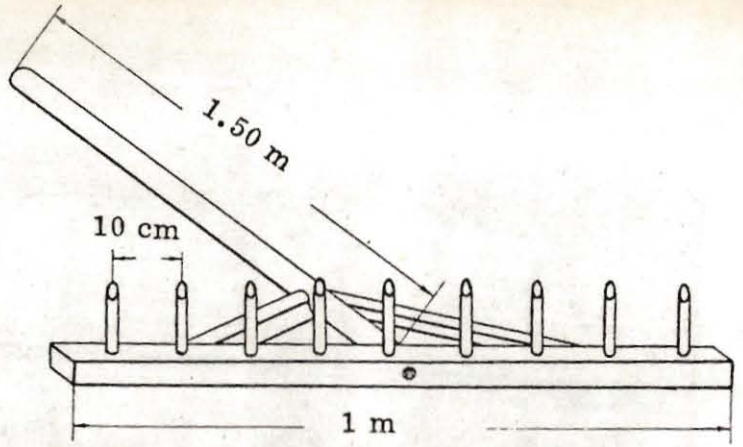


Fig. 5 - Rastrillo de madera para esparcir los trozos de yuca sobre el piso de cemento.

I-36

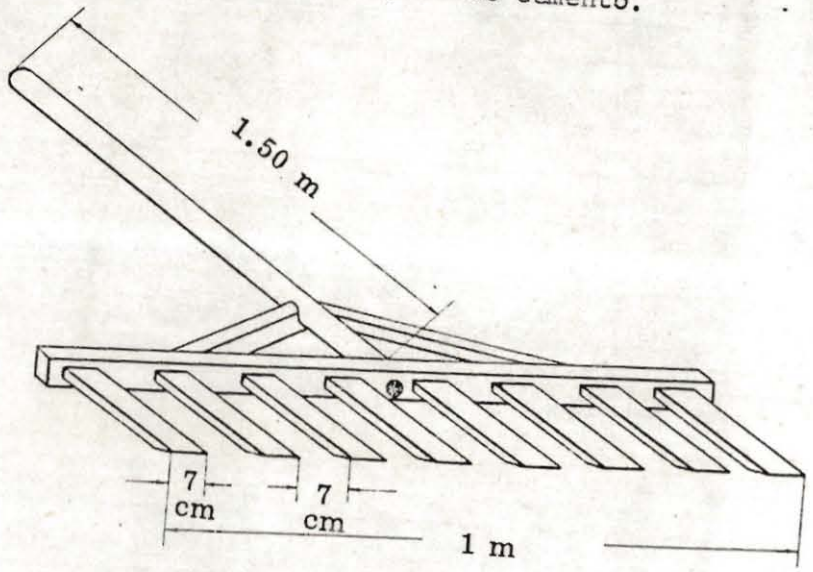


Fig. 6 - Rastrillo de madera para voltear los trozos de yuca sobre el piso de cemento

I-36

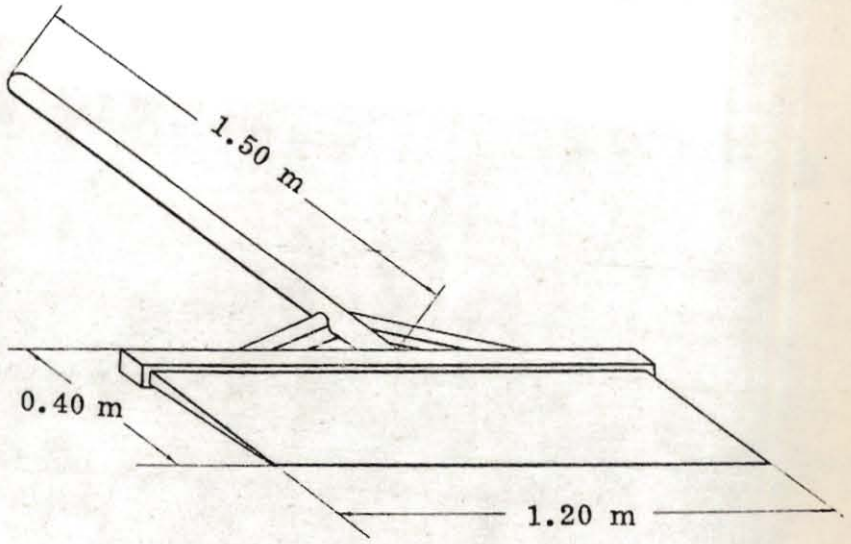


Fig. 7 - Garlanchas de madera para recoger los trozo de yuca por la noche o antes de que llueva

I-36

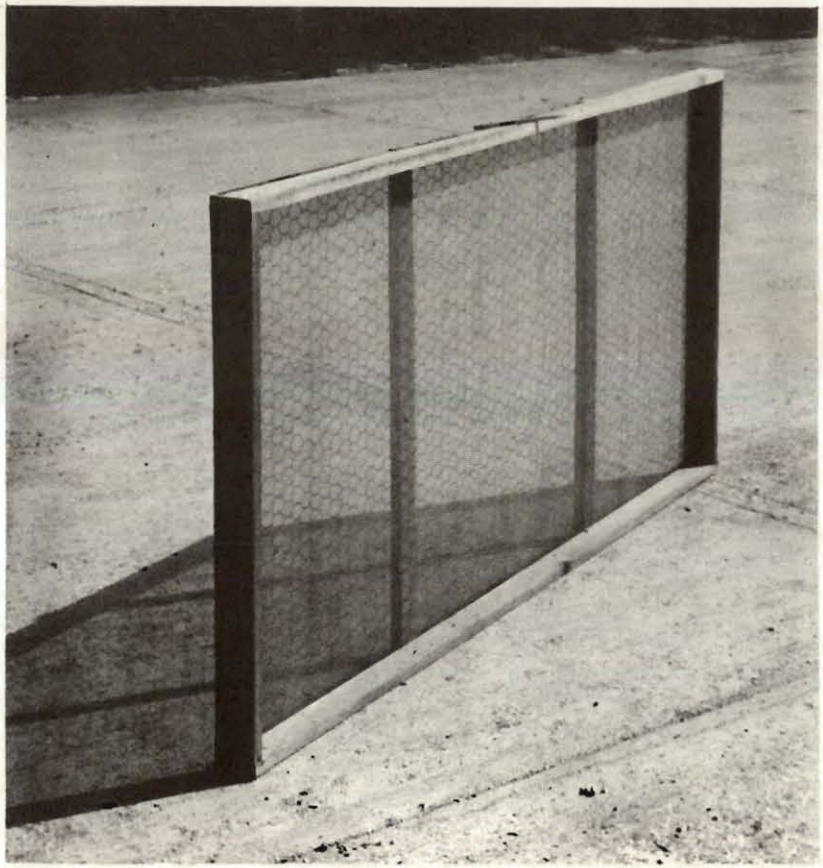
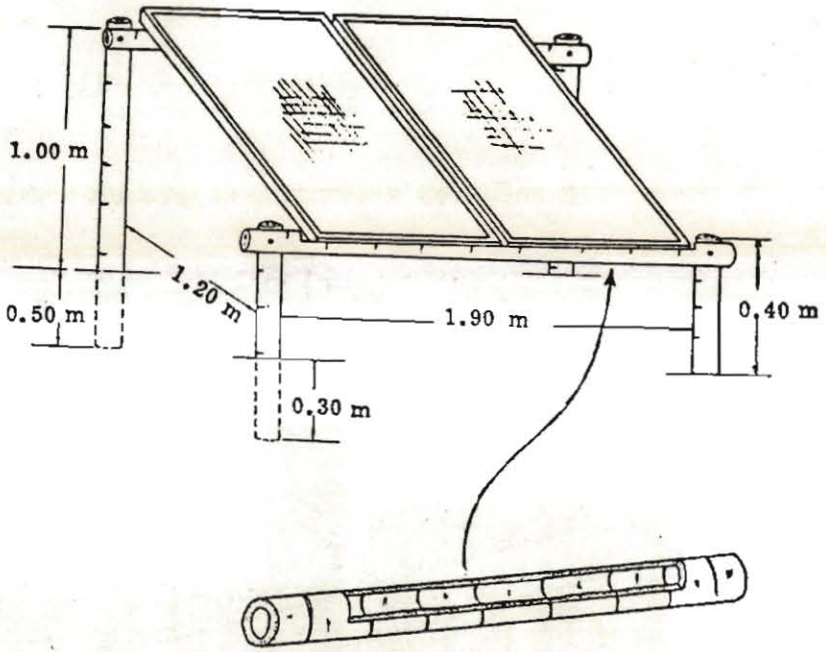


Fig. 8 **Bandeja de secamiento con marco de madera**



Detalle: Forma como se debe cortar el bambú para que sirva de soporte a las bandejas.

Fig. 9 - Marco de bambú que sirve de soporte a las bandejas de secamiento.

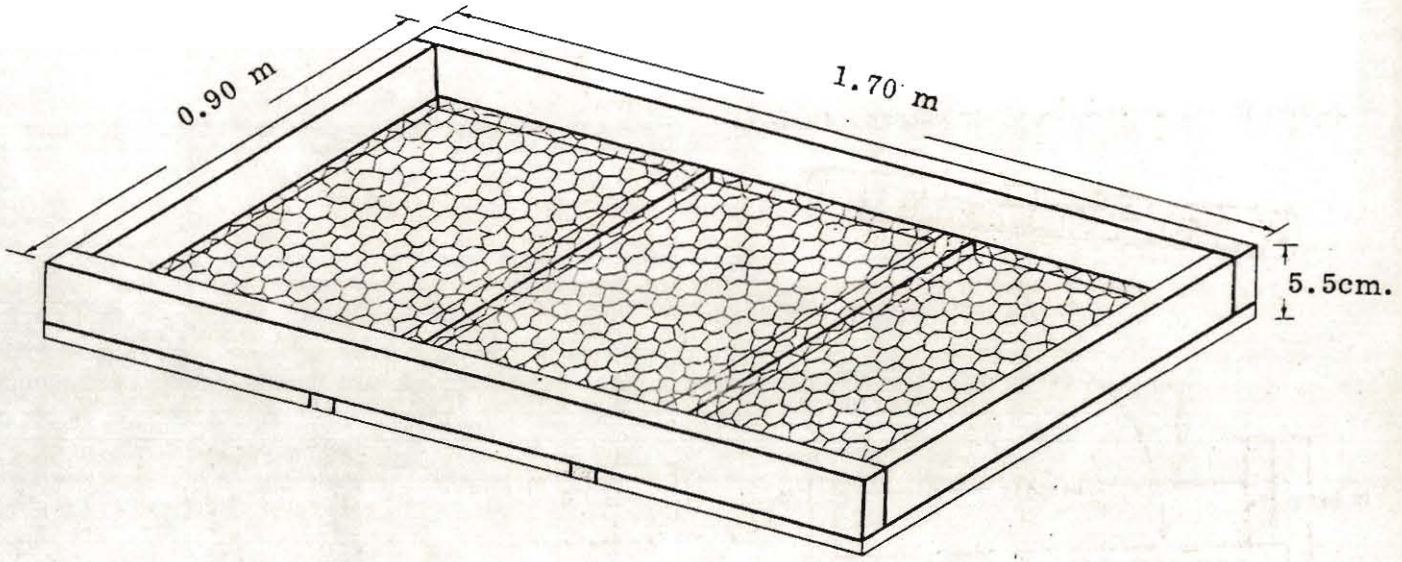


Fig. 10 - Bandeja de marco de madera con bases de anjeo de hueco ancho y malla de anjeo plástico.



Fig. 11 Hombres apilando las bandejas por la noche o antes de que llueva.

El ancho corresponde al de las mallas para gallinero y contra los mosquitos y la longitud se escoge tratando de minimizar el desperdicio de madera. Los tablones transversales de madera y la malla para gallinero sirven de apoyo a la malla contra los mosquitos. A continuación se clavan listones de madera alrededor del borde de la base a fin de asegurar firmemente la malla para gallinero. Las bandejas se pueden construir con cualquier material disponible localmente, pero la sustitución de la malla contra los mosquitos por una con aberturas más grandes daría como resultado mayores pérdidas de yuca. Las pérdidas con la malla contra los mosquitos (35 perforaciones/cm^2) equivalen al 5 por ciento, en tanto que cuando se usa tela de yute (aproximadamente 3 aberturas/cm^2) éstas llegan a ser del 15 por ciento.

La cantidad de trozos que se puede colocar sobre las bandejas depende de la velocidad del viento; a mayor velocidad más densas pueden ser las capas sin que sea necesario voltear los trozos. El Cuadro 3 muestra los índices típicos de carga para diferentes velocidades del viento. El peso por bandeja no tiene que ser necesariamente exacto pero es importante que cada una contenga cantidades iguales de yuca. Esto puede lograrse llenando primero un recipiente con la cantidad adecuada por bandeja, ya que cuando se emplean palas directamente para cargar las bandejas la cantidad resulta inexacta. Si la dimensión de la bandeja es diferente, la carga se puede encontrar multiplicando el área de la bandeja por la cifra apropiada que aparece en la columna 4 de la Figura 3 (carga de las bandejas en kg./$m.^2$). A mayor espesor de la capa mayor es la dificultad para colocar los trozos uniformemente y puede ser necesario esparcirlos de nuevo.

Antes de que llueva se deben apilar las bandejas horizontalmente una encima de la otra y cubrir la bandeja superior con lona o con una lámina de hierro corrugado (Figura 11). La bandeja inferior va colocada sobre dos postes de bambú que la mantienen por encima del nivel del terreno. De noche, únicamente es necesario apilar las bandejas cuando va a llover.

CUADRO 3. CARGA DE TROZOS DE YUCA FRESCA PARA BANDEJAS DE 0,90 x 1.85 m. (AREA DE 1,67 $m.^2$)

Condiciones	Velocidad del viento m./segundo	Carga de las bandejas Kg./bandeja	kg./$metro^2$
Calma - brisa suave	hasta 1	17	hasta 10
Brisa constante	1 - 2	22	10 - 13
Viento constante	más de 2	27	13 - 16

Tiempo requerido para el secamiento de la yuca

El proceso de secamiento de la yuca se puede dividir en dos etapas:

1. Una etapa inicial durante la cual los trozos frescos pierden humedad rápidamente y la circulación del aire en forma de viento es más importante que la temperatura y la humedad del aire. Siempre y cuando la velocidad del viento sea suficiente, esta etapa se puede completar cuando el tiempo está nublado e incluso de noche. Por lo tanto, en las épocas de baja precipitación pluvial, la yuca puede perder una cantidad apreciable de humedad si se la deja toda la noche sobre las bandejas en los soportes (Figura 12). Para aprovechar mejor este período la yuca se debe tajar a horas avanzadas de la tarde. El Cuadro 4 ilustra el efecto de la velocidad del viento sobre la cantidad de agua eliminada. En comparación, los trozos frescos de yuca que se dejan esparcidos sobre patios de cemento durante la noche pierden tan solo una cantidad pequeña de humedad debido a la baja velocidad del viento a nivel del suelo y a que no se los puede voltear con la frecuencia necesaria.

2. En la etapa final de secamiento, cuando el contenido de humedad de la yuca ya es de aproximadamente 30 por ciento, la remoción de agua es muy lenta (Figura 13) y se requiere la temperatura de medio día para completar el proceso de secamiento. Durante esta etapa, el contenido de humedad del aire debe ser inferior a 65 por ciento para que el contenido de humedad de la yuca pueda alcanzar el nivel apropiado para el almacenamiento. Algunas veces, particularmente durante la estación lluviosa, la humedad relativa del aire permanece por encima del 65 por ciento y el secamiento se prolonga hasta que el tiempo mejora. Si la etapa de secamiento inicial de la yuca ya ha terminado, ésta no se deteriorará durante dos ó tres días.

En varias localidades se efectuaron una serie de ensayos con el objeto de determinar el tiempo de secamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los resultados se presentan en el Cuadro 5 e ilustran los siguientes puntos:

a. El secamiento casi siempre toma más de 10 horas (un día) pero menos de 20 (dos días). Unicamente bajo condiciones ambientales excepcionales la yuca se secará en menos de un día. Sin embargo, en los lugares donde la velocidad del viento y la radiación solar son bajas, el secamiento puede prolongarse y tomar casi tres días como sucedió ocasionalmente en la localidad 2.

b. Se requiere aproximadamente el mismo número de horas para secar el doble de la cantidad de trozos por $m.^2$ en las bandejas en comparación con el piso de cemento.

c. En áreas muy húmedas (localidades 1, 2 y 5), la yuca se seca más rá-

Fig. 12 - Curva de secamiento de la yuca en bandejas.
El secamiento comenzó a las 5 pm y continuó durante la noche.

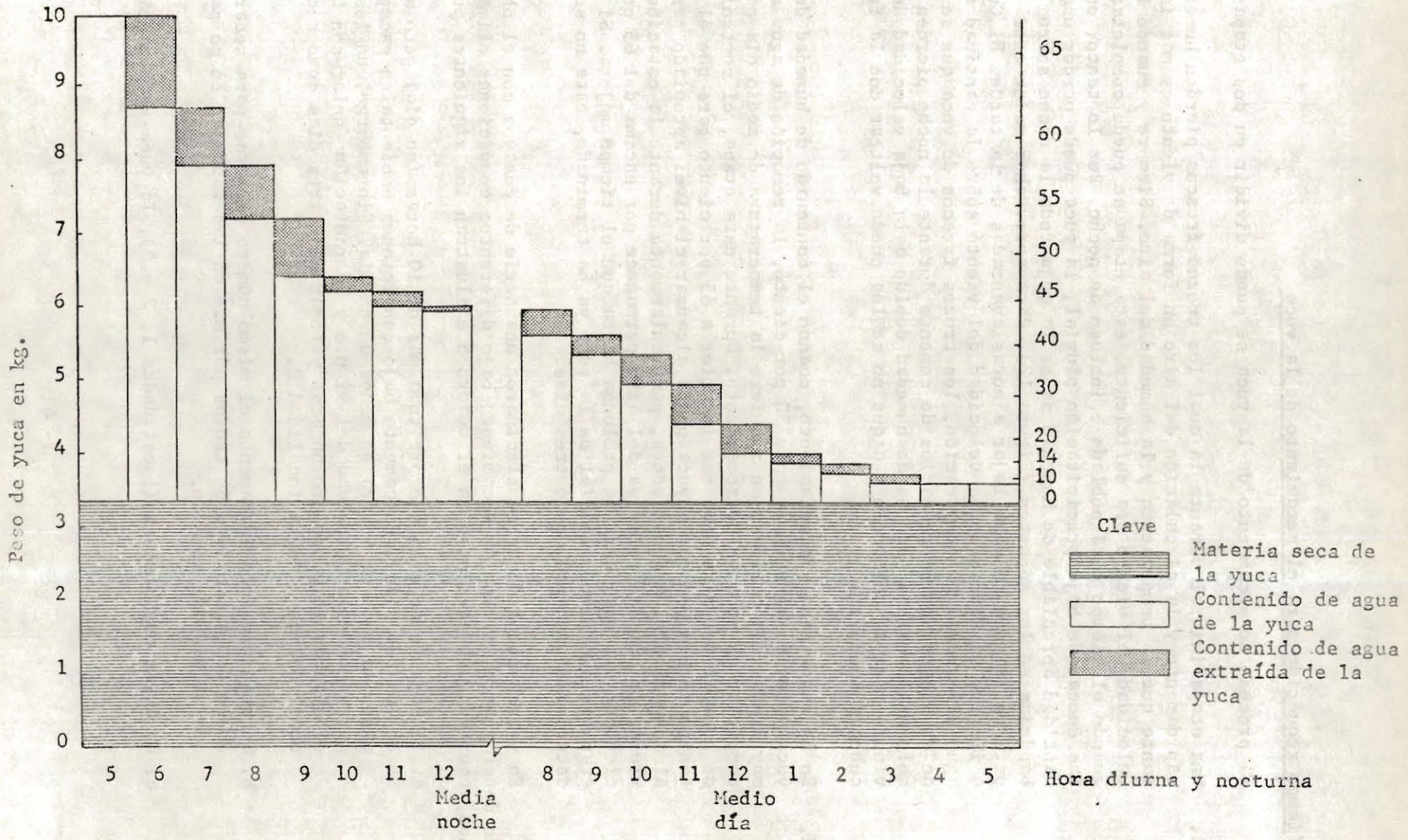
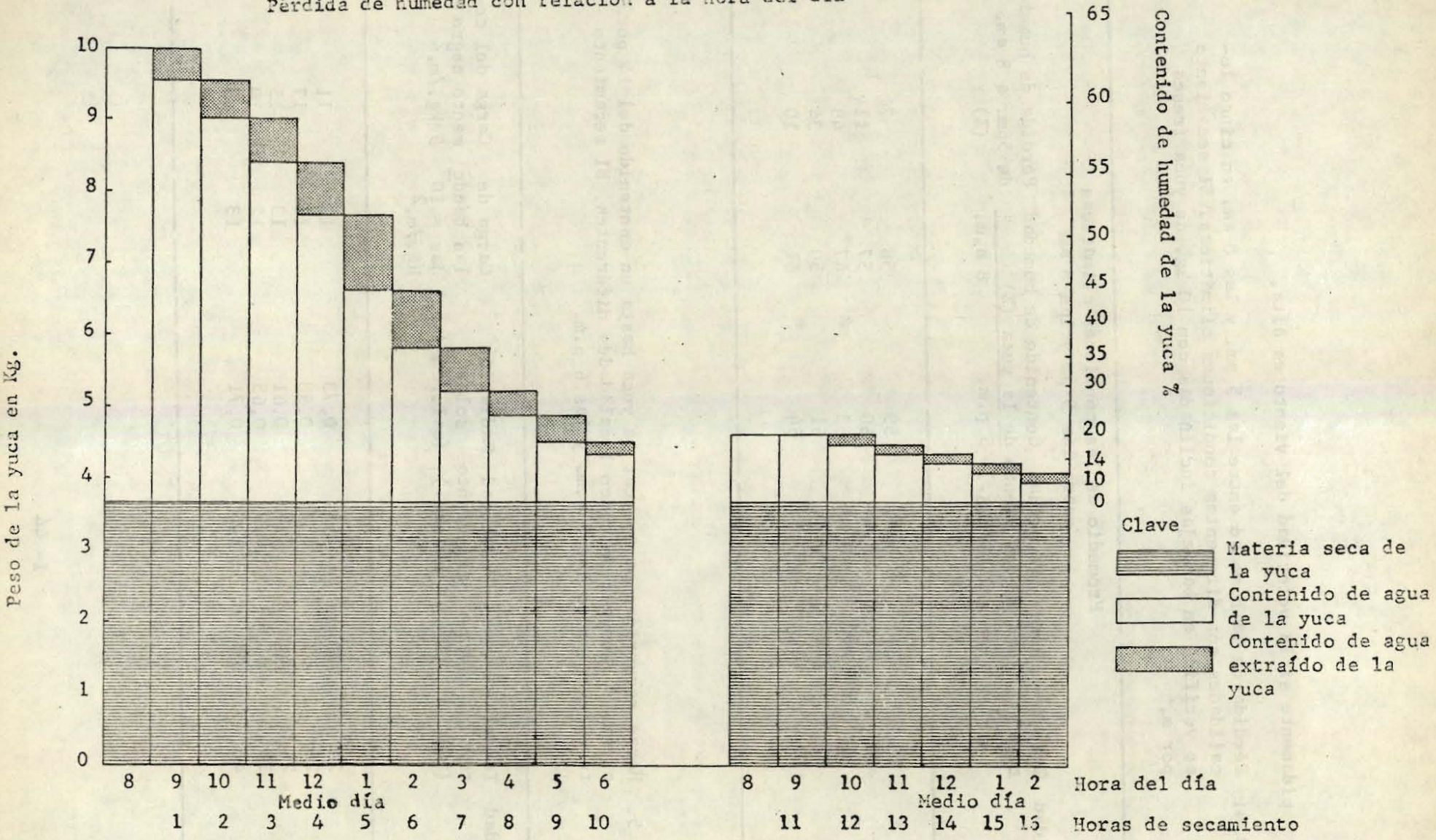


Fig. 13 - Curva típica de secamiento de la yuca en bandejas.
Pérdida de humedad con relación a la hora del día



pidamente si la velocidad del viento es alta.

CUADRO 4. Pérdida de la humedad entre las 5 pm. y las 8 am. en cinco localidades con diferentes condiciones climáticas. El secamiento se verificó en bandejas inclinadas con 10 kg. de yuca fresca por $m.^2$

Localidad	Promedio de las condiones climáticas entre las 5 pm y las 8 am					
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m./seg.)	Contenido de humedad de la yuca (%) 5 p.m.	8 a.m.	Pérdida de humedad de 5pm. a 8 am. (%)
1	19	87	0,30	59	58	7
2	20	87	0,45	60	57	11
3	22	79	0,87	63	47	48
4	27	71	0,35	61	50	34
5	27	84	0,15	64	61	10

CUADRO 5. Horas requeridas para secar la yuca hasta un contenido del 14 por ciento de humedad en cinco localidades diferentes. El secamiento tuvo lugar entre las 8 a.m. y las 6 p.m.

Localidad	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m./seg.)	Radiación solar ($cal./cm^2/seg$)	Carga de las bandejas = 10 $kg./m.^2$	Carga del cemento negro = 5 $kg./m.^2$
1	24	70	1,9	0,73	12	11
2	26	67	0,8	0,58	19	17
3	26	66	1,2	0,61	13	15
4	30	64	0,9	0,65	12	10
5	31	68	1,0	0,71	13	13

Costos de embarque y secamiento.

La picadora de yuca se puede construir en talleres locales pequeños. Su costo de fabricación en Colombia en 1977 era de US$220 y con un motor de gasolina de tres H.P., el costo total ascendía a US$400.

En el Cuadro 6 se indican los costos de los materiales requeridos para la fabricación del piso de cemento y de las bandejas. Los precios del

Cuadro 6. COMPARACION DE LOS COSTOS DE MATERIALES (en dólares estaunidenses).

a. Patio de secamiento de cemento. Requerimiento de materiales para 10 metros cúbicos de materia prima equivalente a 100 mts.^{2} de superficie de secamiento.

Material	Unidad	Costo unitario ($)	Unidades requeridas	Costo total ($)
Cemento	Saco	1,50	40	60,00
Arena	m^3	3,00	5	15,00
Grava	m^3	4,10	10	41,00
Pigmento negro	kg.	1,40	20	28,00
Tablas de madera (2,80x0,24x0,025m.)		1,10	30	33,00
Total				177,00
5% de pérdidas				9,00
Costo total				186,00
Costo por metro cuadrado de superficie de secamiento				1,86
Costo por kg. de yuca fresca para una carga de 5 kg./$m.^2$				

b. Secamiento en bandejas. Requerimiento de materiales para 60 bandejas (1,85 X 0,90 X 0,55 m.) y soportes equivalente a 100 mts. cuadrados de superficie de secamiento.

Material	Unidad	Costo unitario ($)	Unidades requeridas	Costo total ($)
Madera	2,80 x 0,24 x 0,025 m.	2,70	42	113,40
malla de gallinero de 1"	rollo de 0,90 x 30 m.	18,90	3,2	60,50
Malla plástica contra mosquitos	rollo de 0,90 x 30 m.	11,50	3,8	43,70
Puntillas	kg.	0,82	10	8,20
Bambú	m.	0,14	255	35,70
Total				261,50
5% de pérdidas				13,10
Costo total				274,60
Costo por metro cuadrado de superficie de secamiento				2,75
Costo por kg. de yuca fresca para una carga de 10 kg./$m.^2$				

cemento, la arena, la grava y la madera incluyen el costo del transporte hasta el CIAT, el cual se encuentra situado a aproximadamente 20 km. del lugar de origen de los materiales. Por consiguiente, en lugares más apartados estos precios serían más altos. El costo de las bandejas por metro cuadrado de superficie de secamiento es mayor que el de los pisos de cemento. No obstante, teniendo en cuenta el mayor índice de carga, el uso del sistema de bandejas representa un ahorro en desembolso de capital del 35 por ciento. Tanto el costo de mantenimiento como la duración de las bandejas depende del cuidado con que se las trate, en tanto que el patio de cemento requiere poco mantenimiento y durará indefinidamente.

Lavar, picar y esparcir los trozos son las labores que requieren más tiempo y, por consiguiente, absorben más mano de obra; la ubicación adecuada del tanque de secamiento, de la picadora y del área de secamiento ayudarán a disminuir el tiempo requerido para efectuar estas operaciones. El uso de bandejas simplifica notablemente el manejo de la yuca toda vez que no se requiere voltear ni esparcir de nuevo los trozos. Además, en cuanto a la mano de obra requerida para el proceso completo, su uso representa un ahorro del 20 por ciento (Cuadro 7).

CUADRO 7. Requerimientos de manos de obra para picar y secar una tonelada de yuca con dos operarios.

Actividad	Mano de obra (horas - hombre)	
	Secamiento sobre cemento	Secamiento en bandejas
Pesaje y lavado de la yuca	3	3
Corte en trozos de la yuca	2	2
Total	5	5
Esparcir los trozos sobre cemento/en bandejas	2	2
Voltear los trozos 4 veces al día	1,5	-
Recolectarlos y cubrirlos por la noche	1	1
Esparcirlos en la mañana	1,5	1
Voltearlos	1,5	-
Recolección y empaque	2	2
Total	9,5	6
Total mano de obra	14,5	11

CONCLUSIONES

1. Las raices de yuca se deterioran rápidamente después de la cosecha y para almacenarlas durante períodos prolongados se deben picar en trozos y secar hasta que su contenido de humedad baje a 14 por ciento. El secamiento se puede llevar a cabo en la finca ya sea esparciendo los trozos sobre patios de cemento o sobre bandejas de malla inclinadas.

2. El tiempo de secamiento depende de las condiciones climáticas y de la carga de trozos que se coloque sobre la superficie de secamiento. A menor tiempo de secamiento mayor es la calidad visual del producto.

3. La carga máxima de yuca fresca que se puede colocar sobre patios de cemento es 10 kg./m.^{2}, ya que con cantidades mayores es difícil esparcir y voltear los trozos. La carga óptima fluctúa de 5 a 7 kg./m.^{2}.

4. La circulación de aire alrededor de los trozos mejora con el sistema de bandejas y no es necesario voltearlos. Las bandejas se pueden cargar con 10 a 16 kg./m.^{2} según la velocidad del viento.

5. Con temperaturas diurnas promedio de más de 23°C y una humedad relativa de menos de 70%, el secamiento toma de uno a dos días con cargas de 5 kg./m.^{2} en pisos de cemento y 10 kg./m.^{2} en las bandejas inclinadas. O sea, que en las bandejas se puede secar aproximadamente el doble de trozos por metro cuadrado que en los pisos de cemento.

6. Las bandejas tienen la ventaja de que en las regiones con velocidades del viento altas se pueden aprovechar las horas de la noche para secar trozos de yuca recién picados. De esta manera, el nivel bajo de humedad del día siguiente permite completar el proceso de secamiento.

REFERENCIAS

THANH, N.C. Pescod, M.B. and Multamara, S. 1976 Final report on Technological, improvement of tapioca chips and pellets produced in Thailand. Bangkok, Thailand, Asian Institute of techonology. Research report Nro. 57.

ROA, 6 1974 Natural drying of cassava. Ph.D. Thesis. Dep. of Ag. Eng. Michigan State University.

APENDICE I

Construcción y operación de la picadora de yuca

En el dibujo D1 se indica como debe fabricarse el marco o armazón de la picadora, el eje motor del disco del rotor y la tolva alimentadora. El disco del rotor va montado sobre el eje motor y sujetado al marco por medio de cojinetes. La tolva se coloca en la posición adecuada.

El rotor debe alcanzar una velocidad de 500 rpm y esto se puede lograr por medio de una correa de transmisión accionada por un motor de 3 caballos de fuerza. La máquina también se puede accionar por medio del motor de un tractor siempre y cuando éste permita obtener las revoluciones necesarias del eje de salida.

Antes de poner a funcionar la máquina, se debe acondicionar el sistema accionador y el disco del rotor con guardas o dispositivos especiales para proteger los operarios (Figuras A-1 y A-2).

Después de haber ensamblado y asegurado la máquina a una base firme, se debe poner a funcionar para ensayar el mecanismo de transmisión y el equilibrio del disco del rotor. Una vez terminados los ensayos, se pueden colocar las cuchillas ó láminas cortadoras y comenzar a procesar la yuca. La picadora tiene una capacidad de producción de 1 ton./ha. cuando la operan dos hombres y se la está alimentando manualmente.

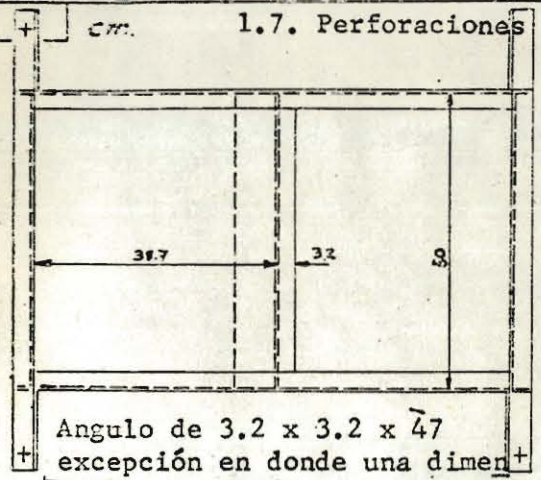
Fabricación de las cuchillas

Las cuchillas se fabrican soldando cuatro plantillas obtenidas mediante el uso de un troquel (Figuras A-3 y A-4); éste último se puede construir siguiendo las instrucciones del dibujo D2. El dibujo D3 muestra la forma de preparar las plantillas individuales.

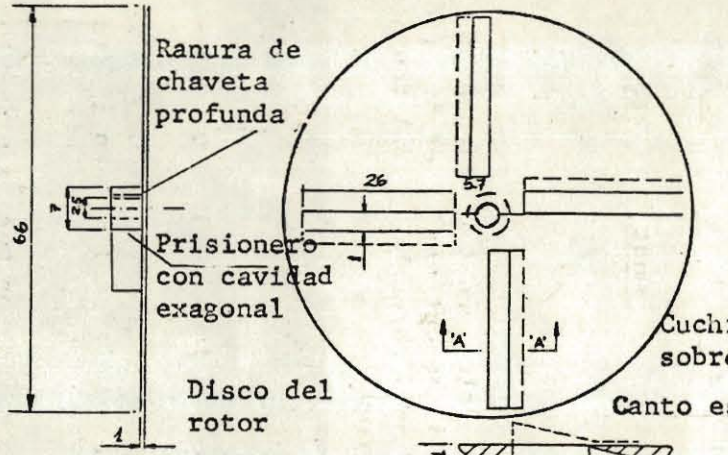
La Figura A-5 indica la posición de las perforaciones para sujetar las cuchillas al disco del rotor teniendo en cuenta el movimiento lateral que le permite a una cuchilla quedar descentrada con relación a la siguiente (Figura A-6); esto garantiza que los trozos de yuca sean del mismo tamaño.

Dibujo DI

1.7. Perforaciones



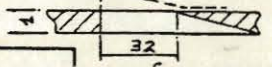
Angulo de 3.2 x 3.2 x 47
excepción en donde una dimensión es diferente



Disco del rotor

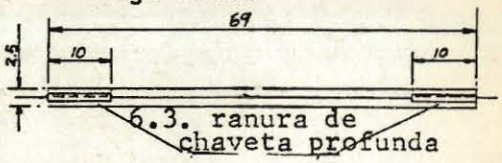
Cuchillas colocadas en posición sobre lás ranuras aseguradas

Canto espatillado

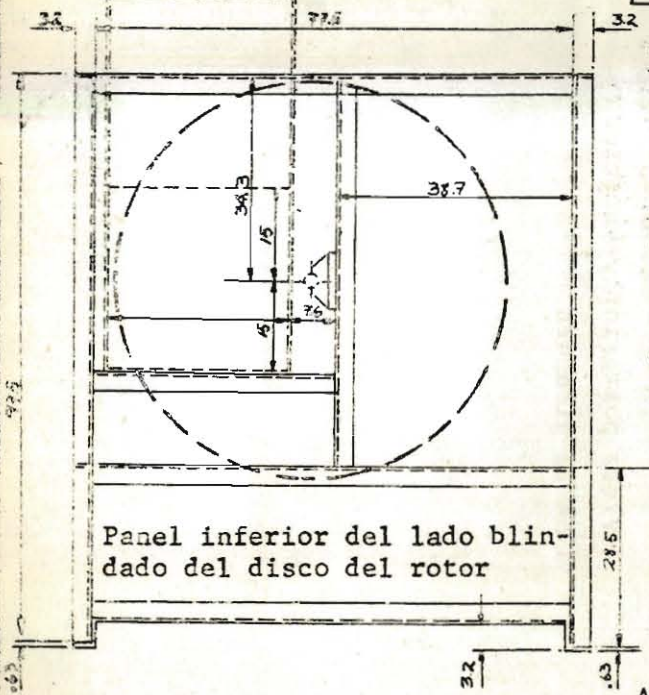


Sección A - 'A'

Eje Motor

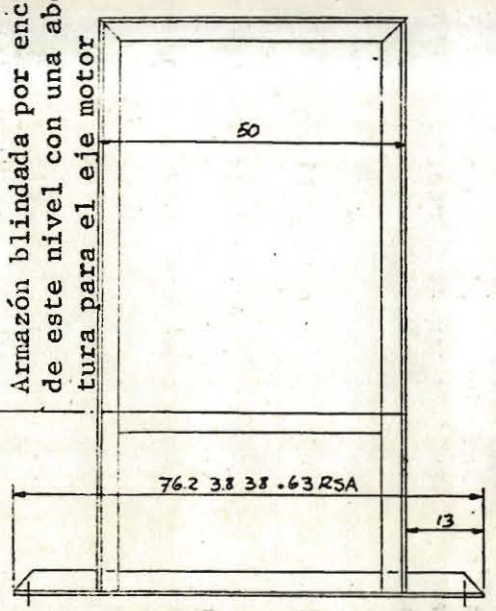


6.3. ranura de chaveta profunda



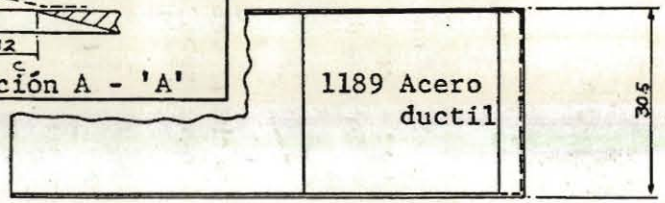
Panel inferior del lado blindado del disco del rotor

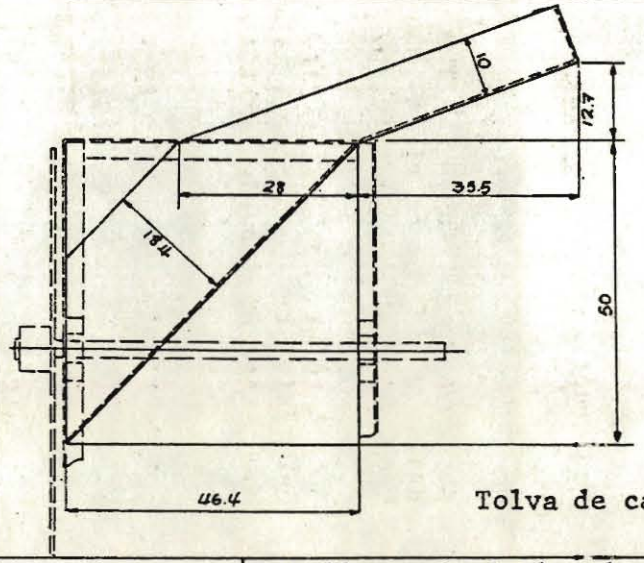
Armazón blindada por encima de este nivel con una abertura para el eje motor



Armazón principal

1189 Acero ductil





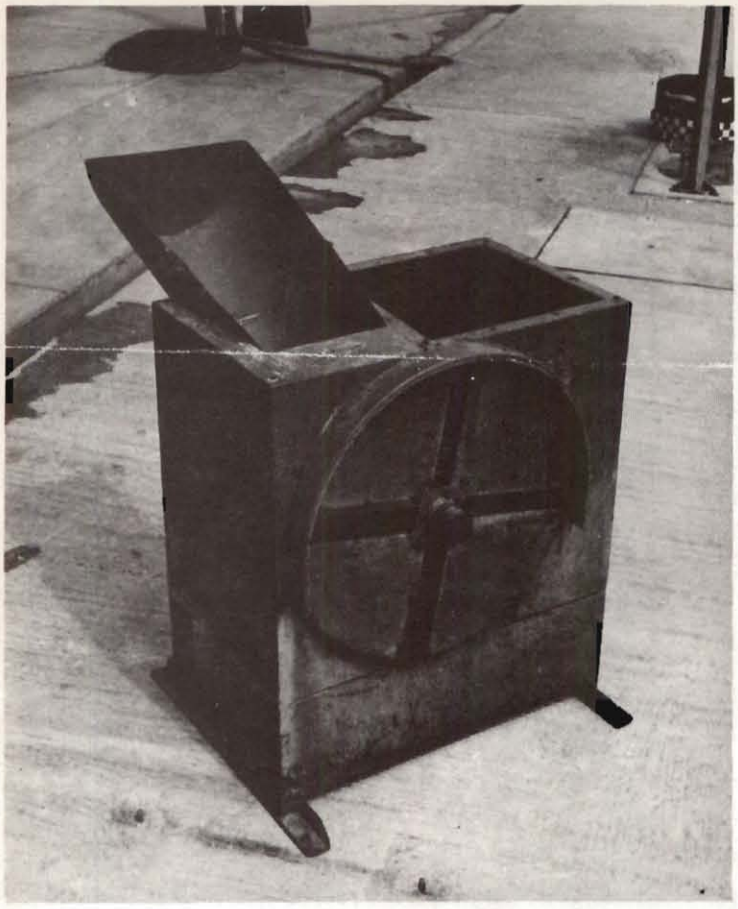
Tolva de carga

SCALE 2 : 25

Dimensions in cm.

Detalles principales de una máquina picadora para fab. pedazos de yuca.

TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE
ENGINEERING SERVICES CULHAM OXON



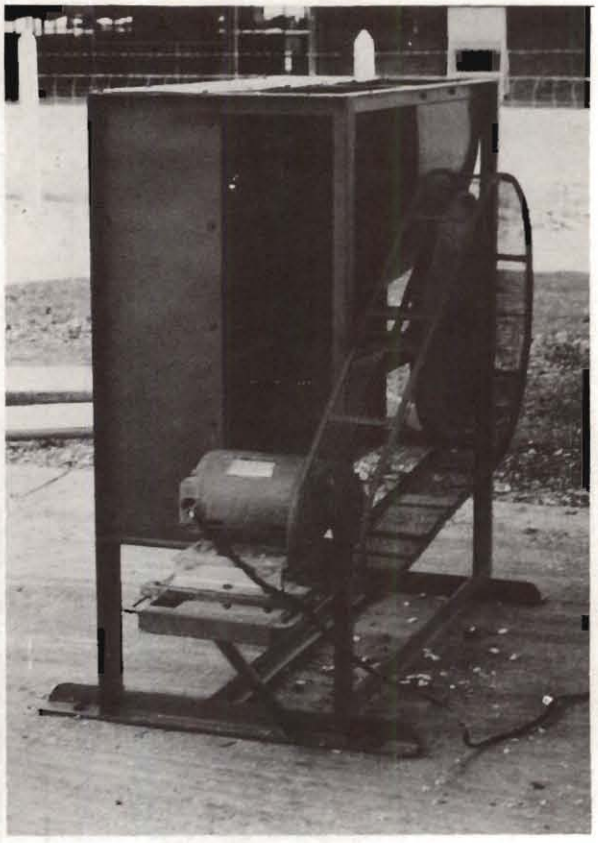


Fig. A1, A2. Vista posterior y anterior de la picadora

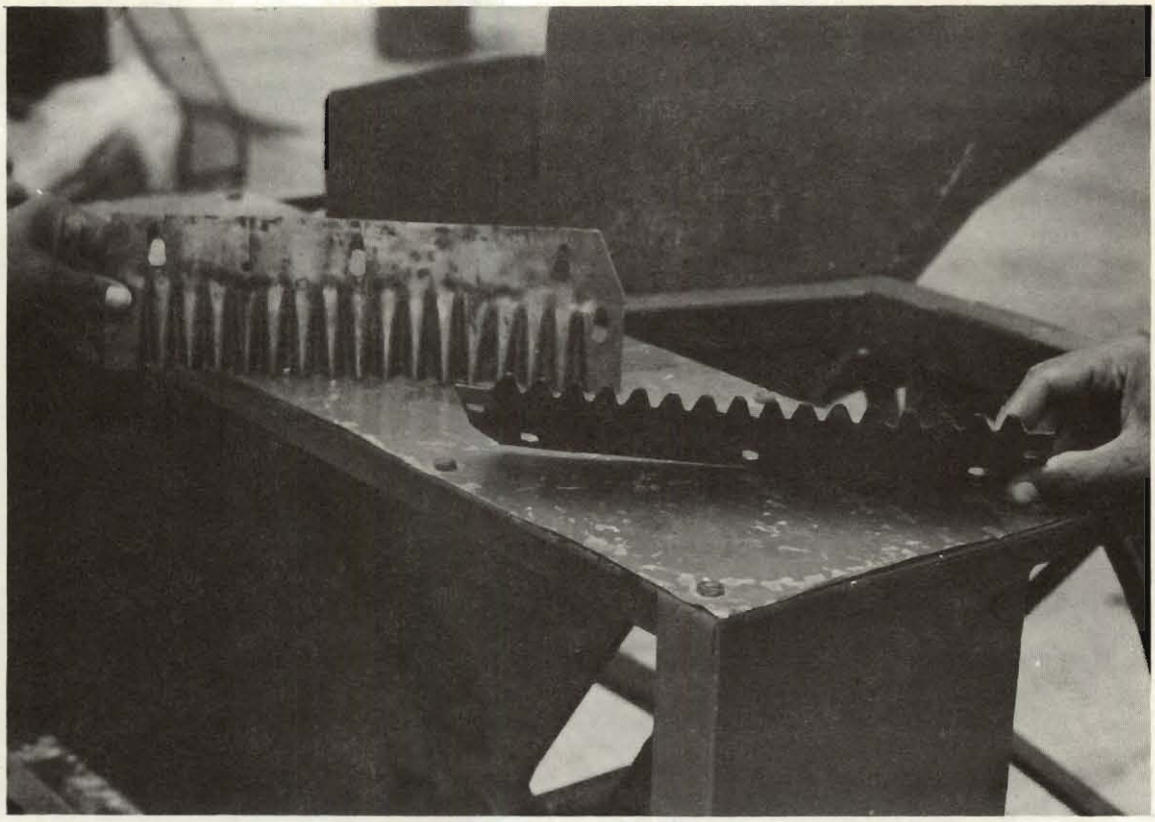


Fig. A3 Cuchillas o láminas cortadoras

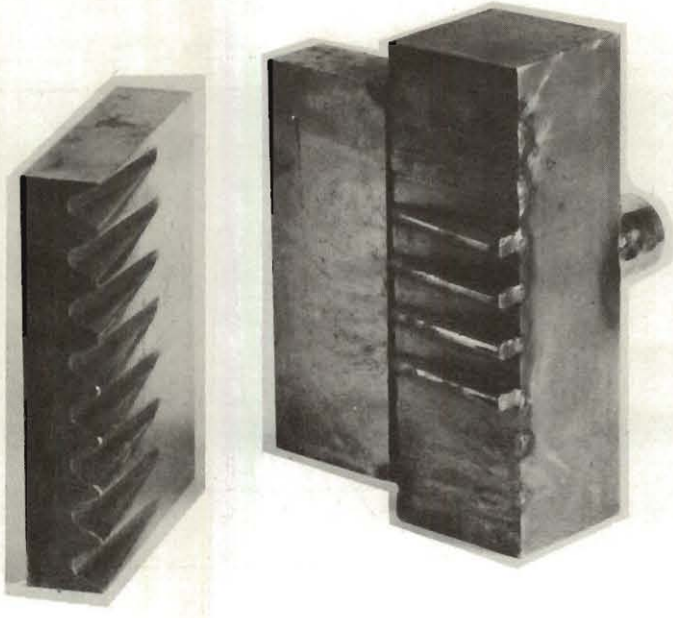
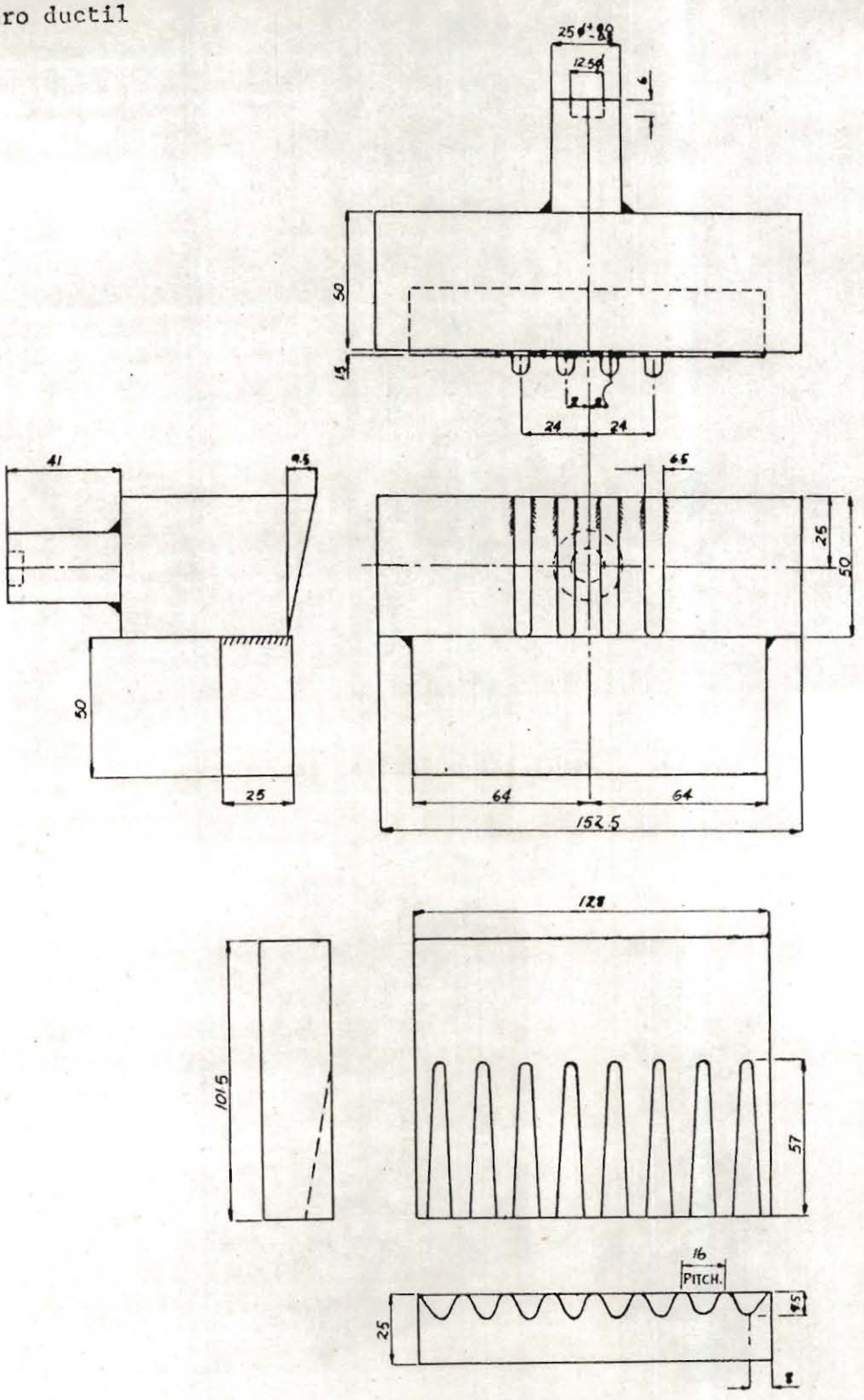


Fig. A4 Troquel empleado para preparar las plantillas

Dimensiones en milimetros
Acero ductil

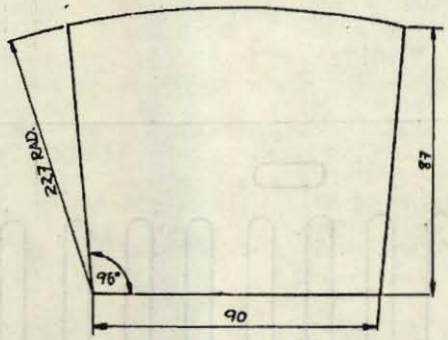
Dibujo D2



CUCHILLAS Y TROQUELES

Dibujo D3

Dimensiones en milimetros
Acero ductil

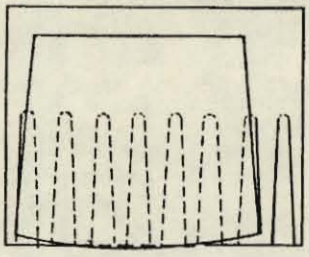


Plantilla en tamaño natural

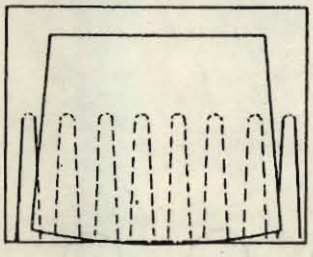
Se requieren cuatro para cada cuchilla completa

Posiciones de las plantillas en la base del troquel antes de expulsarlas a presión. No está en escala

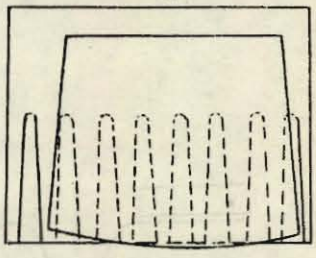
Sección izquierda
1



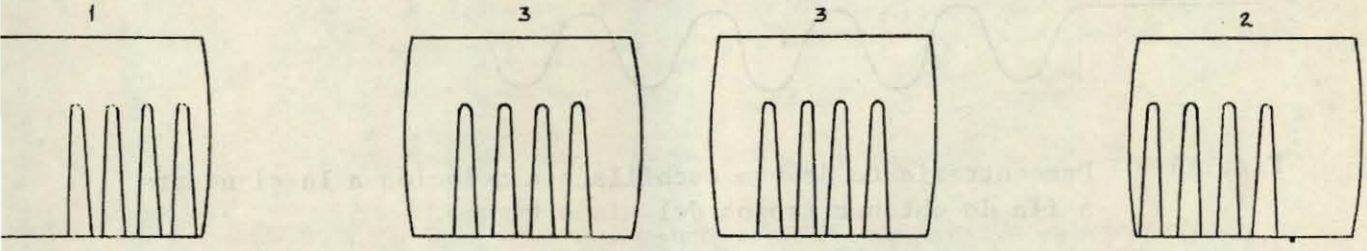
Centro (2 plantillas)
3

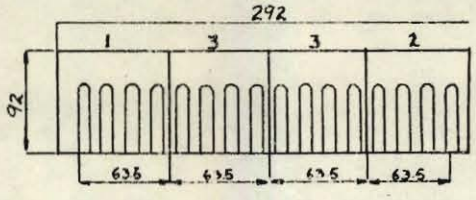


Sección derecha
2



Cuatro cuchillas en los bordes sin recortar.
No está en escala.





Cuchilla completa. No está a escala. Los bordes se han cortado en forma cuadrada antes de soldar

CUCHILLAS Y TROQUELES

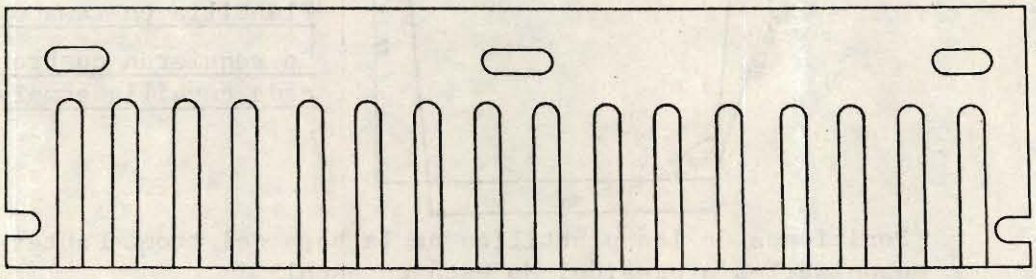


Fig. A5 - Posición de las perforaciones para ajustar las cuchillas al disco del rotor permitiendo el movimiento actual

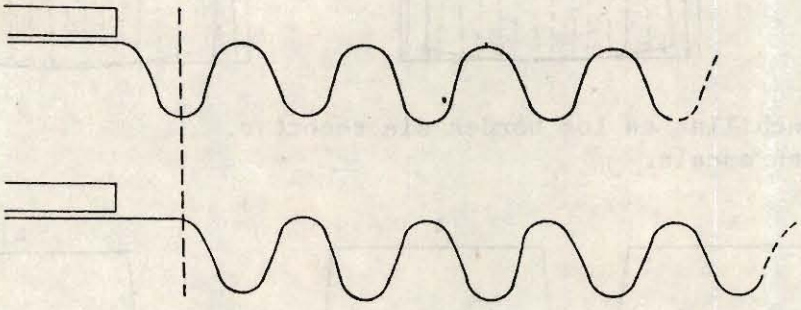


Fig. A6 - Descentramiento de una cuchilla con relación a la siguiente a fin de obtener trozos del mismo tamaño.

UTILIZACION DE RAICES Y PRODUCTOS DE YUCA EN ALIMENTACION PORCINA

Guillermo Gómez G.
Jorge Santos N.
Mauricio Valdivieso

Introducción

La yuca se cultiva en todos los países tropicales por su alta rusticidad, posee un valor energético alto y comúnmente se utiliza en diferentes formas como alimento para más de 200 millones de personas. Durante el período 1961-65 a 1974 el área sembrada con yuca en el mundo aumentó aproximadamente en un 30% (FAO, 1974). Aproximadamente la tercera parte de la producción mundial proviene de América Latina, especialmente del Brasil, primer país productor de yuca en el mundo.

Aunque la mayoría de las raíces de yuca se consumen actualmente en la alimentación humana, las perspectivas de utilización de la yuca como alimento para animales se han estimulado debido a los cambios en las políticas agrícolas de la Comunidad Económica Europea (CEE), los cuales han hecho factible la utilización de alimentos energéticos alternativos, tales como la yuca seca importada de Tailandia, para reemplazar los cereales (ingredientes costosos en alimentos balanceados) especialmente en programas de alimentación para porcinos, aves y vacunos (Coursey en Halliday, 1974; Phillips, 1974).

Como resultado de las investigaciones en selección genética y del desarrollo de eficientes métodos de cultivo y prácticas de producción, parece relativamente fácil aumentar el rendimiento de yuca bajo condiciones de campo, como lo evidencian los resultados de ensayos regionales experimentales (CIAT, 1975, 1976). En consecuencia, sería económicamente factible la utilización de la yuca alternativamente para los mercados de producción de almidón industrial y de alimentos para animales.

Se ha obtenido amplia evidencia experimental sobre el uso de las raíces de yuca como alimento para animales, y varios importadores de yuca de la CEE han calculado raciones de costo mínimo con diversos precios para la yuca y otros ingredientes (Phillips, 1974). La mayoría de los datos experimentales sobre alimentación porcina se han obtenido con cerdos en crecimiento y acabado, desde el destete hasta el peso de mercado; sin embargo, se dispone de poca información sobre los sistemas de alimentación de porcinos durante los períodos de reproducción y del ciclo completo de vida del cerdo. El objetivo de este artículo es el de presentar una revisión sobre la información experimental relacionada con el uso de las raíces de yuca, especialmente en la forma de yuca fresca y harina de yuca, a través del ciclo de vida de los cerdos. Además se presentan datos parciales sobre el proceso de ensilaje de raíces de yuca y la utilización de harina de forraje de yuca.

Cianuro (glucósido cianogénico y libre) y composición química de raíces y productos de yuca

Contenido de cianuro en raíces frescas y harinas de yuca

Las variedades de yuca comúnmente se clasifican en dulces o amargas según su contenido de cianuro. La mayor parte del ácido cianhídrico (HCN) o cianuro (CN) se encuentra en la forma de un glucósido cianogénico conocido como linamarina. La concentración de linamarina es mayor en la cáscara de las raíces que en la pulpa (de Bruijn, 1973; Wood, 1965). La linamarina libera HCN al tratarla con ácidos diluídos; sin embargo, en forma natural, la liberación del HCN se debe a la acción de la enzima linamarasa, la cual normalmente se encuentra en los tejidos de la raíz, especialmente en la cáscara. El contacto de la enzima con la linamarina normalmente ocurre cuando los tejidos sufren daños mecánicos, por trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos.

La determinación del cianuro total y libre de raíces de 10 variedades promisorias de yuca del CIAT ha sido realizada (Gómez et al., 1979) usando un método enzimático recientemente desarrollado (Cooke, 1978; Cook et al., 1978). La mayoría de las raíces poseen niveles bajos o medios (50-100 ppm en base fresca) de cianuro en el parénquima o pulpa y en cáscara, alrededor de 7-17% del cianuro total se encuentra en la forma de cianuro libre, y el resto (83-93%) en la forma de glucósido cianogénico (Gómez et al., 1979).

Para su uso en alimentación humana, las raíces son peladas, las cáscaras eliminadas y el parénquima sometido a algún proceso térmico; estos procesos generalmente reducen en forma considerable el contenido de cianuro del parénquima. Para su uso en alimentación animal, las raíces completas incluyendo la cáscara son picadas, para luego ser suministradas como raíces frescas o sometidas a procesos de: a) secado para convertirlas en harina (integral) de yuca, o b) ensilaje, para conservarlas por períodos prolongados.

Al picarse las raíces y analizarlas en esta forma, el contenido de cianuro total varía en un rango de 30-270 ppm, en base fresca, siguiendo aproximadamente el rango según el contenido de cianuro presente en el parénquima; sin embargo, la proporción de cianuro libre encontrada es del orden del 27 al 48% (Cuadro 1) (Gómez et al., 1979a). El contenido de materia seca en las raíces completas picadas, en la mayoría de las variedades, es de 34-40 %.

Al secarse las raíces picadas al sol (en bandejas inclinadas) o al horno, las harinas resultantes poseen contenidos de humedad que fluctúan entre 12-8% respectivamente. El Cuadro 2 muestra los resultados del contenido de cianuro total encontrado en las harinas; el proceso de secado al horno a una temperatura de 60°C produce harinas con niveles de cianuro más bajos que las secadas al sol. Para comparar el efecto del secado sobre la cantidad de cianuro inicial, éste se convirtió en base a 90% de materia seca (Cuadro 2; segunda columna) y de acuerdo a estos datos las harinas secadas al sol y al horno contienen rangos de 25-50% y de 15-30% del cianuro total inicial, respectivamente (Gómes et al, 1979a). Estos datos sugieren que se requiere mayor información detallada sobre los procesos y temperaturas óptimas para eliminar la casi totalidad del cianuro derivado principalmente del glucósido cianogénico de las raíces. Aparentemente el secado al horno a 60°C permite una mayor eliminación del cianuro que el secado al sol. Además de la reducción

Cuadro 1. Contenido de cianuro total, libre y de materia seca en raíces[1/] picadas para uso en alimentación animal[2/].

Variedad	Rango CN Parénquima	CN en raíces picadas			Materia seca
		Total	Libre	Lib/Tot.	
		ppm		%	%
Llanera	8°	54.3	12.8	23.8	34.7
Valluna	10°	32.3	9.0	28.3	26.9
MCol 22	7°	97.2	25.4	26.7	40.7
MVen 218	4°	99.5	26.1	26.4	39.5
MCol 1684	1°	265.5	126.2	47.5	33.3
CM-305-38	9°	77.0	26.0	34.0	38.1
CM-321-188	3°	110.3	43.2	39.5	40.2
CM-323-375	2°	217.9	74.8	35.2	40.6
CM-326-407	5°	150.6	43.0	28.7	41.1
CM-342-55	6°	120.7	42.4	35.6	35.4

1/ Edad de las plantas: 14 meses

2/ Gómez et al., 1979a.

Cuadro 2. Efecto del secado al sol y en horno sobre el contenido de cianuro total en raíces de diez variedades de yuca[1/].

Variedad	CN en raíces picadas		CN en harina de yuca[2/]	
	Frescas	90%MS	al sol	en horno
	ppm		ppm	
Llanera	54.3	140.8	43.7	33.0
Valluna	32.3	108.1	26.8	14.2
MCol 22	97.2	214.9	111.8	71.4
MVen 218	99.5	226.7	79.2	41.1
MCol 1684	265.5	717.6	162.6	112.6
CM-305-38	77.0	181.9	53.0	27.2
CM-321-188	110.3	246.9	100.3	53.9
CM-323-375	217.9	483.0	110.0	84.3
CM-326-407	150.6	329.8	96.5	55.9
CM-342-55	120.7	306.9	71.8	45.7

1/ Gómez et al., 1979a.

2/ Contenido de humedad aprox. 12-8%, sol y horno, respectivamente.

del cianuro total, la proporción del cianuro libre en las harinas de yuca se eleva a rangos de 55-80% (Gómez et al., 1979a).

Efecto del glucósido cianogénico en alimentación animal

Los cerdos no consumen con facilidad las raíces frescas de yuca con alto contenido de cianuro y, en consecuencia, se retarda su crecimiento. El suministro de un suplemento protéico a voluntad junto con raíces frescas de yuca amarga picada, mostró que los cerdos consumieron un exceso del suplemento para compensar el menor consumo de raíces amargas. Por otra parte, los cerdos en crecimiento consumen fácilmente raíces frescas de yuca con niveles bajos de cianuro al suministrarlas separadamente o en mezcla con un suplemento protéico y su crecimiento es aceptable. (Cuadro 3) (Gómez et al.,1976).

Cuadro 3. Comparación del consumo y comportamiento de cerdos en acabado alimentados con yuca fresca con niveles altos o bajos de cianuro y un suplemento protéico (S.P.) a libre escogencia o bajo control

Parámetro	Yuca bajo CN		Yuca alto CN	
	S.P. a voluntad	S.P controlado	S.P. a voluntad	S.P. controlado
Ganancia diaria (kg)	0.66	0.77	0.56	-0.08
Consumo diario de yuca(kg)	2.99	3.40	0.99	0.93
Consumo diario de S.P.(kg)	0.81	0.82	1.21	0.22
Consumo total de alimento(kg)1/	1.98	2.01	1.60	0.58
Alimento/ganancia	2.99	2.61	2.86	neg.
Proteína en la dieta (%)	14.1	13.3	23.5	13.3

1/ Expresado para contener 10% de humedad.

La mayor parte del HCN se libera debido al contacto de la linamarasa con la linamarina cuando las raíces de yuca se pican para su secamiento; por consiguiente, las harinas de raíces de yuca presentan contenidos de HCN relativamente bajos (20-160 ppm, en base al peso seco). Los cerdos en crecimiento alimentados con una ración conteniendo aproximadamente 73% de harina de yuca alta en cianuro consumieron menor cantidad de esta dieta que la de una ración con niveles similares de harina de yuca baja en cianuro (Cuadro 4) (Gómez et al., 1976), pero la diferencia en consumo no fue tan marcada como la observada con las raíces frescas. Estos datos indican que el secamiento de las raíces reduce en gran medida el problema del bajo consumo de raíces frescas de yuca altas en cianuro por los cerdos en crecimiento.

Cuadro 4. Efecto de harinas conteniendo niveles bajos y altos de cianuro, como fuente principal de carbohidratos en dietas para cerdos en crecimiento.

Parámetro	Harina de yuca con CN	
	Bajo	Alto
Peso inicial (kg)	39.8	39.3
Peso final (kg)	57.1	54.9
Ganancia diaria (kg)	0.62	0.56
Consumo alimento/día (kg)	1.77	1.35
Alimento/ganancia	2.86	2.43

Se dispone de poca información sobre el efecto de los glucósidos cianogénicos presentes en las raíces y productos de yuca al suministrarlas durante el período reproductivo. El suministro de yuca fresca más suplemento protéico del 40% que contenía 0, 250 y 500 ppm de cianuro adicionado en la forma de cianuro de potasio, durante el período de gestación, no ejerció efectos adversos sobre el comportamiento reproductivo de las cerdas gestantes al momento del parto; tampoco se observaron efectos colaterales sobre el comportamiento posterior durante el período de lactancia (Tewe et al., 1977). Durante la lactancia todas las cerdas recibieron una dieta testigo de maíz común y torta de soya. Al final de la gestación de las cerdas alimentadas con dietas que contenían altos niveles de cianuro se observó un ligero aumento del tamaño de las tiroides en los fetos (Tewe et al., 1977); sin embargo, estas cerdas que recibieron altos niveles de cianuro durante el período de gestación mostraron un comportamiento similar al de las cerdas del grupo testigo, en la época del destete. Aparentemente la placenta juega un papel importante en la prevención de los efectos tóxicos sobre los fetos en crecimiento. Existe información experimental (Ekpechi, 1967, 1973; Ermans et al., 1973; Van Der Velden et al., 1973) por la que se le atribuye un carácter bociógeno a la yuca, especialmente en regiones donde el contenido de yodo en las dietas es bajo. Se ha propuesto una hipótesis (Ermans et al., 1973) para explicar el carácter bociógeno de la yuca, como consecuencia de una elevada concentración de tiocianatos en la sangre. Afortunadamente, debido a que la mayoría de las variedades de yuca cultivadas en América Latina contienen niveles bajos de cianuro, no existen problemas serios al suministrar yuca fresca, ensilada o seca a los animales, especialmente a cerdos.

Composición química de las raíces y productos de yuca

Las raíces enteras de yuca fresca contienen aproximadamente 60-65% de agua y deben ser secadas o procesadas para preservarlas por tiempo prolongado. Los contenidos de proteína, extracto etéreo (grasa), fibra cruda y de ceniza en las raíces frescas son generalmente bajos; el extracto libre de nitrógeno o carbohidratos totales solubles (30-35%) es el constituyente químico segundo en importancia cuantitativa después del agua o humedad (Cuadro 5) (Gómez 1979).

Cuadro 5. Composición química de raíces frescas, harina y ensilaje de yuca.[1/]

Componente químico	Raíces frescas	Harina	Raíces ensiladas
	---------- porcentajes---------		
Agua	60-65	8-12	57-60
Proteína cruda(N x 6.25)	1-2	2-4	2-3
Extracto etéreo	0.2-0.5	0.6-1.0	1.0-2.0
Fibra cruda	0.8-1.0	3-4	2-3
Extracto no nitrogenado	30-35	70-80	30-32
Cenizas	1-2	2-4	2-3

1/ CIAT, 1978 y Gómez, 1979.

Si las raíces de yuca no son consumidas frescas pueden ser convertidas en productos secos estables tales como trozos secos (chips) o pellets, los cuales pueden ser luego empleados para usos industriales o incorporados en alimentos balanceados para animales. Aunque todos los constituyentes químicos se concentran en los productos secos de yuca, el componente principal es el almidón, que constituye un 70 a 80% de su composición (Cuadro 5). Las raíces frescas picadas pueden también ser almacenadas en silos de trinchera o en bolsas plásticas por períodos prolongados, pero se conoce aún poco sobre las variaciones de su composición química; sin embargo, se presentan resultados parciales obtenidos en CIAT.

Utilización de raíces de yuca fresca en programas de alimentación porcina

Las formas más comunes de utilizar la yuca en la alimentación porcina son como raíces frescas o yuca seca en forma de harina. A través de las investigaciones colaborativas entre el CIAT y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en Colombia, se ha obtenido información experimental sobre el uso de la yuca fresca durante los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo.

La yuca fresca puede suministrarse mezclada con o por separado del suplemento protéico. Los cerdos alimentados con yuca fresca mezclada con cantidades controladas del suplemento protéico consumen normalmente menos yuca y suplemento protéico; el efecto de la restricción del consumo de yuca y del suplemento protéico conforme al apetito y necesidades de los animales, resulta en una mejor eficiencia alimenticia (kg de alimento/kg ganancia de peso) (Cuadro 6) (Buitrago, 1974). La cantidad de yuca fresca requerida por animal para alcanzar el peso de mercado (95-100 kg) es de aproximadamente 390-400 kg de raíces frescas picadas. La diferencia fundamental en el consumo de alimento es la cantidad del suplemento protéico ahorrado cuando se mezcla con la yuca fresca picada; sin embargo, la mano de obra adicional requerida para hacer la mezcla, podría reducir las ventajas de este método.

El consumo de yuca fresca por los cerdos en crecimiento-acabado varía según el contenido de proteína del suplemento. El consumo diario de yuca es mayor cuando el suplemento protéico (suministrado a libre escogencia) proporciona mayores niveles de proteína; simultáneamente, el consumo del suplemento disminuye. A medida que el contenido de proteína del suplemento aumenta, se observa una tendencia al sobreconsumo de proteína a través de los períodos de crecimiento-acabado (Cuadro 7) (Job, 1975).

Cuadro 6. Comportamiento de cerdos en crecimiento-acabado alimentados con yuca fresca y un suplemento protéico (43%) a libre escogencia.[1/]

Parámetro[2/]	Dieta testigo	Yuca fresca +S.P.	Yuca fresca Mezclada con S.P.
Ganancia diaria (kg)	0.84	0.83	0.79
Peso final promedio (kg)	100.4	99.5	95.6
Consumo promedio diario (kg)			
Yuca fresca	-	4.05	3.89
Suplemento protéico	-	1.17	0.73
Consumo total alimento[3/]	2.89	2.80	2.30
Alimento/ganancia de peso	3.43	3.36	2.90

1/ Buitrago, 1974
2/ Promedios de cinco cerdos por grupos; peso promedio inicial:17.8 kg; ensayo de 98 días.
3/ Contenido de humedad de aproximadamente 10% .

Cuadro 7. Comportamiento de cerdos en crecimiento-acabado alimentados con yuca fresca y suplemento protéico de 20, 30 ó 40% proteína, a libre escogencia.[1/]

Parámetro[2/]	Dieta testigo	Yuca fresca + S.P. 20%	30%	40%
Ganancia diaria (kg)	0.63	0.70	0.67	0.65
Consumo diario de: (kg)				
Yuca fresca	-	1.78	2.74	3.32
Suplemento protéico	-	1.39	1.00	0.75
Consumo total de alimento[3/]	2.08	2.08	2.07	2.04
Alimento/ganancia	3.30	2.97	3.09	3.14
Proteína en la dieta (%)	14.3	14.6	16.6	17.3

1/ Job, 1975
2/ Promedio de cinco cerdos por tratamiento, alimentados individualmente; peso promedio inicial:26.1 kg; peso prom.final:86.1 kg; ensayo:98 días.
3/ Contenido de humedad de aproximadamente 10%.

Las cerdas en gestación consumen fácilmente la yuca fresca cuando se proporciona un suplemento adecuado que suministre una buena fuente de proteína mineral y vitaminas. En el Cuadro 8 se presentan los resultados de un experimento en el cual se evaluó la utilización de yuca fresca en la alimentación de cerdas en gestación. Las cerdas en gestación alimentadas con yuca fresca y mantenidas en confinamiento presentaron las mayores ganancias de peso corporal durante la gestación. El número de lechones nacidos y destetados por las cerdas alimentadas con yuca en confinamiento fue menor que el de los otros dos grupos experimentales.

Cuadro 8. Comportamiento de cerdas en gestación alimentadas con una dieta de yuca fresca y un suplemento protéico. (40%).

Parámetro	Dieta testigo 1/	Yuca fresca + S.P.	
		Pastoreo 2/	Confinamiento 3/
No. de cerdas montadas	10	10	10
No. de cerdas paridas	9	7	7
Peso de las cerdas (kg)			
A la monta	165.8	163.6	152.8
Al parto	185.7	188.5	190.5
Ganancia de peso gestación	19.9	24.9	37.7
Ganancia de peso lactancia	13.2	7.7	8.4
Datos del parto			
No. de lechones/camada	10.4	10.0	7.7
Peso de la camada	13.3	11.2	9.1
Peso lechón (kg)	1.28	1.12	1.18
Datos al destete (35 días)			
No. de lechones/camada	8.3	7.3	6.9
Peso lechón (kg)	6.94	6.05	6.49

1/ 1 kg/cerda/día

2/ 1.7 kg de yuca fresca + 0.4 kg de S.P./cerda/día.

3/ 3.1 kg de yuca fresca + 0.62 de S.P./cerda/día.

Las cerdas en lactancia alimentadas con una dieta de yuca fresca picada mezclada con un suplemento protéico del 40% consumieron en promedio 6.5 kg de yuca fresca y 1.2 kg de suplemento protéico/día (Cuadro 9). Las cerdas alimentadas con yuca destetaron un menor número de lechones que las cerdas alimentadas con la dieta testigo, pero el peso promedio de los lechones destetos fue mayor y por lo tanto, el peso total de la camada fue similar para ambos grupos experimentales.

Cuadro 9. Comportamiento de cerdas en lactancia alimentadas con yuca fresca y un suplemento protéico (40%).

Parámetro	Dieta testigo	Yuca fresca S.P. 40%
No. de cerdas	13	16
Peso cerdas posparto (kg)	179.3	158.3
Ganancia peso cerdas a 35 días (kg)	11.0	7.6
Consumo diario de alimento (kg)		
Yuca fresca	-	6.5
Dieta testigo ó S.P.	4.8	1.2
Dieta al parto		
No. de lechones/camada	10.8	9.3
Peso lechón (kg)	1.18	1.36
Datos al destete (35 días)		
No. de lechones/camada	9.0	7.6
Peso promedio/lechón (Kg)	6.0	7.6
Peso total de la camada (kg)	54.3	58.0

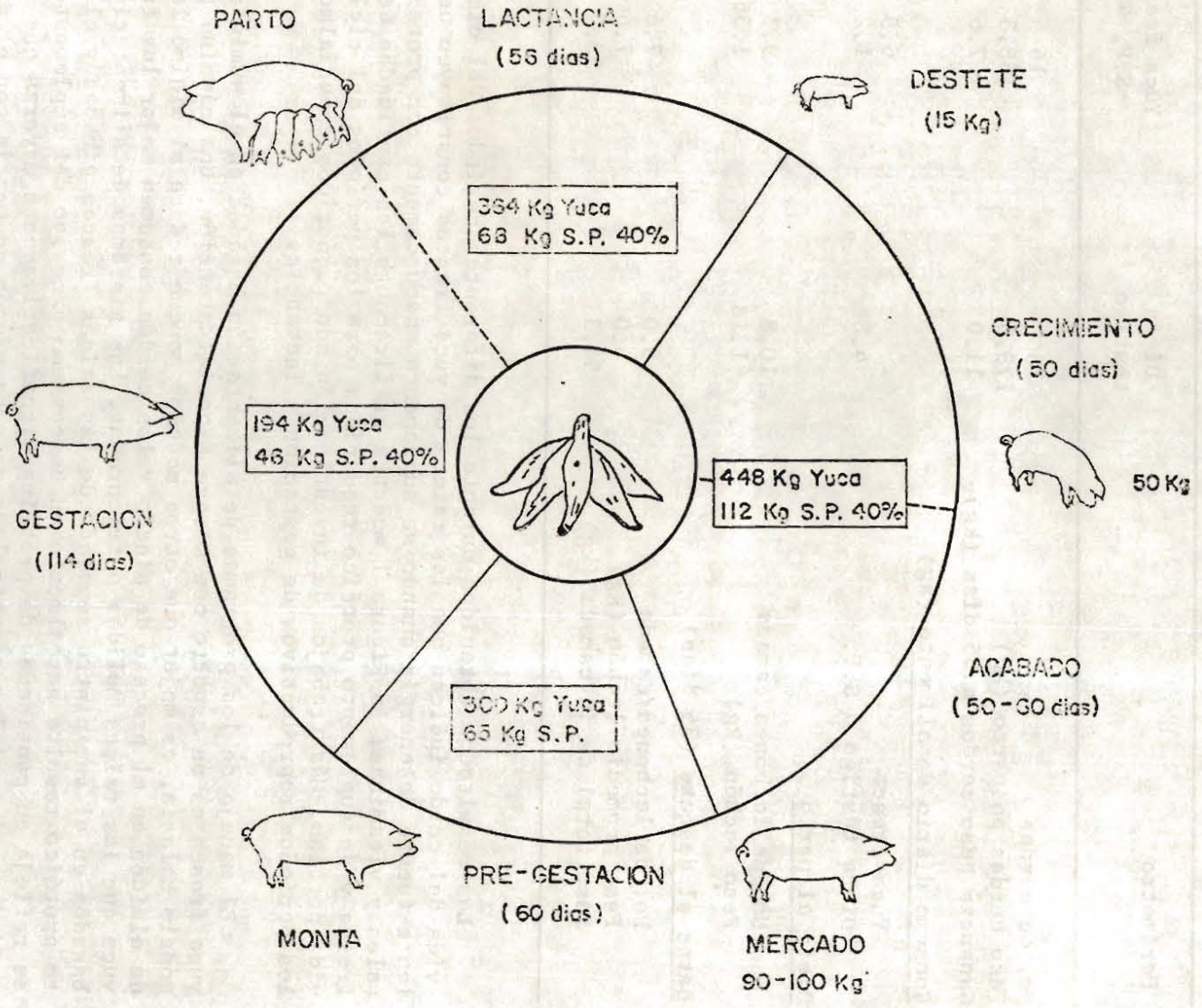
Los resultados obtenidos durante los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo indican que las raíces de yuca frescas constituyen una excelente fuente de energía cuando se suplementa adecuadamente con proteína, minerales y vitaminas; la Figura 1 muestra gráficamente las cantidades de yuca fresca y de suplemento protéico requeridas para los períodos del ciclo de vida porcino. Más trabajos de investigación son requeridos especialmente en los períodos reproductivos de gestación y lactancia.

El manejo de los programas de alimentación basados en el suministro de yuca fresca es un aspecto que merece especial atención. Una máquina picadora, modelo Malasia, es mejor que otros modelos porque reduce al mínimo la pérdida de almidón en el proceso de picado y los cerdos consumen mejor los trozos de yuca que las raíces molidas o trituradas. Los sistemas de alimentación basados en el suministro separado de las raíces frescas picadas y el suplemento protéico resulta normalmente en un consumo excesivo del suplemento, lo cual se refleja en cantidades de proteína significativamente mayores que las recomendadas; el suministro controlado de yuca picada en mezcla con el suplemento protéico restringiría el exceso de proteína a niveles normales, pero se debe de tener en cuenta la mano de obra adicional requerida. Bajo todas las circunstancias el sistema más aconsejable durante los períodos de la gestación y de la lactancia es el de alimentación individual controlada.

Programa de alimentación porcina con harina de yuca

Debido a las dificultades de manejo que normalmente ocurre cuando se

PROGRAMA DE ALIMENTACION BASADO EN YUCA FRESCA Y SUPLEMENTO PROTEICO (40% P.C.)



utilizan raíces frescas para la alimentación animal, la forma más conveniente y práctica es la de secar las raíces picadas con el fín de molerlas y transformarlas en harina de yuca, la cual se puede incorporar y mezclar fácilmente en dietas balanceadas. La harina de yuca es una fuente energética excelente de buen valor nutricional debido a su contenido de carbohidratos altamente digeribles (70-80%), constituídos principalmente por almidón; sin embargo, puesto que su contenido de proteína es extremadamente bajo (2-4%), se requiere una gran cantidad de suplemento protéico para balancear las dietas. En todos los trabajos experimentales realizados en el CIAT la harina de yuca se ha obtenido de cultivares de yuca conteniendo niveles bajos de cianuro, principalmente de la variedad Llanera. Las raíces se pican, se secan al sol en pisos de cemento y luego se muelen hasta lograr una textura de harina.

Un programa de alimentación a base de harina de yuca, fue realizado y simultáneamente comparado con un programa testigo de alimentación con maíz común en el CIAT. Los niveles de proteína cruda de las dietas para los períodos experimentales fueron los recomendados por el National Research Council (NRC, 1973). En ambos programas se utilizó torta de soya como fuente de proteína para balancear las raciones y no se adicionó metionina a ninguna de las dietas experimentales (Gómez et al., 1977). El propósito del trabajo fue el de estudiar los efectos a largo plazo del suministro de altos niveles de harina de yuca sobre el comportamiento reproductivo de las cerdas.

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos durante los períodos de crecimiento-acabado. La ganancia diaria promedio obtenida por las cerdas en crecimiento alimentadas con las dietas a base de harina de yuca fue significativamente menor ($P < 0.05$) que la de las cerdas alimentadas con la dieta testigo, pero similar a las ganancias previamente reportadas en hembras y machos alimentados con dietas a base de yuca fresca o harina de yuca. En el Cuadro 11 se presenta un resumen del comportamiento reproductivo de los dos grupos experimentales. En general, las cerdas alimentadas con harina de yuca obtuvieron menores ganancias de peso durante la gestación que las cerdas alimentadas con la dieta de maíz común (37.5 y 48.3 kg, respectivamente); sin embargo, continuaron ganando peso (+13.5 kg) a través del período de lactancia, en tanto que las cerdas alimentadas con maíz perdieron peso (-6.7 kg) durante el mismo período. En consecuencia, el cambio global en el peso corporal de las cerdas alimentadas con dietas a base de harina de yuca fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que el de las cerdas alimentadas con maíz (41.1 y 26.3 kg, respectivamente). El número y peso de los lechones nacidos fue similar para ambos grupos experimentales, aunque en el grupo de cerdas alimentadas con harina de yuca se observó una tendencia a un menor número de lechones nacidos y menor peso por camada. A los 21 días de edad y de allí en adelante, el número de lechones por camada fue significativamente inferior ($P < 0.05$) en aproximadamente tres lechones por camada para las cerdas en lactancia bajo el programa de alimentación con harina de yuca. El crecimiento promedio de los lechones en ambos grupos experimentales fue similar, como lo evidencia el peso promedio similar al momento del destete (15.9 y 15.7 kg). Sin embargo, debido al mayor número de lechones destetos por camada, la alimentación con maíz produjo mejores resultados totales al destete que el programa de alimentación con harina de yuca (145.4 y 103.6 kg, respectivamente). Previamente se reportó una tendencia similar en lo que respecta al menor número de lechones lactantes en cerdas alimentadas con yuca fresca o harina de yuca durante los períodos de gestación o lactancia.

Cuadro 10. Resultados experimentales de los períodos de crecimiento-acabado de cerdas en programa de alimentación porcina durante el ciclo de vida con harina de yuca o maíz común.[1/]

Parámetro	Maíz común	Harina de yuca
No. de cerdas primerizas	15	16
Ganancia diaria (kg)	0.77	0.71
Consumo diario (kg)	2.38	2.30
Alimento/ganancia	3.09	3.24

1/ Promedios del peso inicial y final de 21.4 y 89.5 kg, respectivamente.

Cuadro 11. Resultados experimentales de los períodos de gestación y lactancia en programas de alimentación porcina durante el ciclo de vida con harina de yuca o maíz común[1/].

Parámetro	Maíz Común	Harina de yuca
No. de cerdas paridas	10	14
Cambios en el peso de las cerdas (kg)		
Peso a la monta	127.6	118.5
Ganancia total gestación(110°día -monta)	48.3	37.5
Peso posparto	160.6	146.1
Cambio peso lactancia	6.7	+13.5
Cambio peso gestación-lactancia	+26.3	+41.1
Datos al parto		
Lechones/camada	10.0	8.4
Peso promedio/lechón(kg)	1.09	0.97
Datos al destete (56 días)		
Lechones/camada	9.4	6.6
Peso promedio/lechón (kg)	15.87	15.70
Peso total de la camada (kg)	145.4	103.6

1/ Gómez, et. al., 1977.

La suplementación de metionina es normalmente recomendable en dietas con niveles altos de harina de yuca, especialmente cuando la fuente protéica es de origen vegetal, como la torta de soya. Aparentemente la metionina cumpliría el doble propósito de mejorar la calidad protéica de las dietas y de aportar una fuente de azufre utilizable para la detoxificación del cianuro (Maner and Gómez, 1973). Sin embargo, la ausencia de la suplementación de metionina no parece ser la responsable de los bajos rendimientos reproductivos de las cerdas primerizas alimentadas con dietas a base de harina de yuca. Los resultados de trabajos experimentales realizados, en los cuales se suministraron dietas a base de harina de yuca-torta de soya durante los períodos de gestación y lactancia, con o sin metionina, han mostrado que las cerdas presentaron un comportamiento similar, por lo menos durante los primeros períodos de gestación y lactancia, indistintamente de la suplementación o no de metionina (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la suplementación de metionina en dietas a base de harina de yuca para cerdas en gestación-lactancia[1/].

Parámetro	Maíz común	Harina de yuca + torta de soya	
		sin Met	0.3% Met
Número de cerdas paridas	41	10	10
Peso corporal de cerdas (kg)			
Monta	117.0	121.2	120.1
Ganancia total, gestación	56.9	49.1	47.6
Ganancia total, gestación-lactancia	39.6	35.3	32.3
Datos al parto			
Lechones/camada	8.5	9.1	9.4
Peso promedio/lechón (kg)	1.09	1.06	1.07
Datos al destete (56 días)			
Lechones/camada	7.1	8.2	8.0
Peso promedio/lechón (kg)	16.7	16.2	16.5
Peso total de la camada (kg)	117.0	128.5	131.9

1/ Gómez y Santos, manuscrito en preparación.

En el cuadro 13 (Gómez, 1977) se presentan los datos sobre el consumo de las dietas experimentales y los ingredientes básicos registrados del programa de alimentación de porcinos con harina de yuca durante su ciclo de vida. El consumo total de las dietas experimentales así como los consumos parciales para los períodos individuales fueron similares en ambos grupos. La diferencia más importante fue la cantidad de torta de soya requerida para el programa

de alimentación con harina de yuca en comparación con el programa de alimentación con maíz. Se requiere casi el doble de torta de soya durante los períodos de crecimiento-acabado y aproximadamente 60% más durante los períodos de gestación y lactancia con el programa de alimentación a base de harina de yuca comparado con el programa a base de maíz común. Estos datos apoyan el concepto teórico de que la factibilidad económica de la utilización de yuca como sustituto de otras fuentes energéticas depende del precio relativo de la yuca, como también del precio del suplemento protéico requerido para balancear una dieta a base de yuca (Phillips, 1974).

Cuadro 13. Consumo (kg) de dietas experimentales e ingredientes básicos en programa de alimentación durante el ciclo de vida del cerdo, con harina de yuca o maiz común.[1/]

Parámetro	Período			
	Crecimiento -acabado	Pregestación -gestación	Lactancia	Lechones
Programa de alimentación basado en:	----------Kilogramos----------			
Maíz común				
Dieta total	216	441	266	80
Maíz	181	363	203	50
Torta de soya	25	56	50	18
Harina de yuca				
Dieta total	216	428	293	51
Harina de yuca	158	311	196	26
Torta de soya	48	97	83	18

1/ Gómez, 1977

Ensilaje de raíces de yuca en alimentación porcina.

En regiones tropicales con elevada precipitación y alta humedad relativa ambiental es difícil secar las raíces picadas para producir harina de yuca. Una forma práctica para conservar las raíces picadas bajo estas condiciones es el ensilaje. La Unidad de Producción Porcina ha realizado algunos estudios de ensilaje de raíces de yuca y de la evaluación nutricional del producto final (CIAT, 1978).

Las raíces de yuca son lavadas para eliminar el exceso de tierra y luego son cortadas en trozos pequeños utilizando una máquina picadora. Estos trozos pueden ser compactados en silos cuando se requiere conservar cantidades considerables del producto, o en bolsas de polietileno cuando son cantidades pequeñas. Los silos son hechos de paredes de madera, revestidas de lámina metálica (2.3 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.2 m de alto, para dar una capacidad total de 4.1 m^3). En este silo portátil montado sobre piso de cemento se conservaron cinco toneladas de yuca durante seis meses. La superficie de la masa ensilada fue cubierta con plástico sobre el cual se colocaron viruta y ladrillos para evitar la entrada de aire; el silo se mantuvo cubierto con una lona para protegerlo de la lluvia.

Cambios químicos en las raíces ensiladas.

La Figura 2 presenta los resultados de los contenidos de materia seca y del pH de muestras de la masa ensilada, tomadas durante seis meses de conservación. Las raíces ensiladas correspondían a una mezcla de las siguientes variedades: MVen 270, Mex 53 y MCol 655A. Se observaron variaciones de materia seca y de carbohidratos totales; sin embargo, la tendencia observada fue un aumento del contenido de materia seca y una reducción de los carbohidratos totales a través del período de ensilaje. Los contenidos iniciales y finales de materia seca y de carbohidratos fueron de 34.5 y 39.1 y de 90 y 80%, respectivamente. La concentración de materia seca y la reducción de los carbohidratos totales se deben a la pérdida de agua y la utilización de los carbohidratos en fermentación anaeróbica durante el proceso de ensilaje. El pH de las muestras tomadas tuvo menor variación, observándose una rápida disminución del pH desde 4.5 hasta 3.7 en un período de 7 semanas después del inicio del ensilaje. Aunque no se midió la concentración de ácidos grasos volátiles, la disminución del pH se debería en parte a la producción de esos ácidos, especialmente ácido láctico, como productos de las fermentaciones anaeróbicas que utilizan el almidón de las raíces de yuca como substrato energético.

Efecto de la adición de sal y duración del proceso de ensilaje.

Con el propósito de estudiar el efecto de la duración del proceso de ensilaje y de la adición de sal a las raíces por ensilar, se llevó a cabo una evaluación nutricional con cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado. Se comparó yuca ensilada en bolsas de polietileno por un período mínimo de seis meses con raíces que tenían menos tiempo de ensiladas. Además a la mitad de cada lote se le mezcló sal común en proporción del 2% en base al peso fresco de la yuca picada al momento de efectuar el ensilaje.

El suplemento protéico empleado para balancear el ensilaje de yuca aportaba 42% de proteína cruda y estaba consituído en base a torta de soya y torta de algodón. El suplemento se mezclaba con la yuca ensilada al momento de suministrarla a los cerdos un día y al día siguiente se suministraba ensilaje de raíces solamente. No se observaron diferencias en el aumento de peso de los cerdos y el consumo promedio por cerdo de raíces ensiladas por seis meses fué ligeramente menor que el de los animales alimentados con raíces ensiladas por menor tiempo. La adición de sal en ambos casos resultó en una disminución del consumo del ensilaje, pero al obtenerse la misma ganancia de peso produjo una mejor conversión alimenticia.

Evaluación de diferentes suplementos protéicos.

Con el fín de evaluar varias fuentes de proteína que pueden utilizarse para suplementar las raciones a base de raíces de yuca ensilada, se emplearon diferentes suplementos que aportaban niveles de proteína entre 41 y 52%, y según el aporte de proteína variaban las cantidades a mezclarse con las raíces ensiladas.

Los grupos alimentados con raíces ensiladas y los suplementos con torta de soya o con la mezcla de torta de soya y torta de algodón, lograron alcanzar el peso normal de beneficio (90 kg) al final del experimento, mientras que los otros grupos mostraron pesos inferiores (Cuadro 14). Las ganancias de peso promedio de los grupos alimentados con ensilaje de raíces de yuca fueron similares a los del grupo testigo, con excepción del grupo alimentado con el suplemento a base de harina de pescado que fue inferior a los otros grupos. En general, el consumo promedio diario por animal fue de alrededor de 3 kg diarios de ensilaje, cantidad similar a las reportadas en programas de alimentación que usan raíces frescas picadas.

Los estudios experimentales sobre el proceso de ensilaje de las raíces de yuca y las evaluaciones nutricionales realizadas sugieren que este sistema de conservación de las raíces ofrece buenas perspectivas, especialmente a nivel de fincas pequeñas y medianas y en regiones con climas tropicales húmedos, donde el proceso de secado para producir harina de yuca sería de mayor riesgo. Se están realizando investigaciones adicionales para tratar de mejorar el proceso del ensilaje y de desarrollar un sistema de manejo adecuado de las raíces de yuca ensilada para alimentación porcina.

Harina integral de hojas de yuca en dietas para cerdos en crecimiento y acabado.

Estudios preliminares realizados por el Programa de Yuca sugieren que la parte aérea de la planta de yuca (hojas y tallos jóvenes) pueden dar buenos rendimientos de materia seca y de proteína cruda por unidad de superficie (Informe Anual CIAT, 1973). El forraje fresco es de buen valor alimenticio para rumiantes (Informe Anual CIAT, 1976); para animales monogástricos podría ser utilizada como fuente protéica en dietas en forma seca.

Se utilizó la variedad de yuca MCol 12 para la producción de forraje. Las plantas enteras fueron cortadas a unos 20 cm del suelo y luego pasadas a través de una picadora de pastos. El forraje picado fue secado al sol en bandejas o sobre pisos de concreto; el material seco fue molido para obtener una harina integral. La composición química (expresada en porcentajes) de esta harina empleada en la evaluación con cerdos en crecimiento fue: Humedad 8.51, proteína cruda 17.19, extracto etéreo o grasa total 5.84, fibra cruda 17.45, cenizas 9.55, calcio 1.75 y fósforo 0.32. Los porcentajes son expresados en la muestra seca analizada que contenía 8.51% de humedad; el contenido de humedad del forraje fresco luego de picado fue en promedio de 70%.

Evaluación nutritiva de la harina de hojas de yuca.

Con el fín de aumentar la información experimental relacionada con la utilización de proteína foliar y en especial de la harina de hojas y tallos

jóvenes de yuca, se realizó un experimento con cerdos en crecimiento y acabado utilizando dos niveles de la harina de hojas (20 y 40% de las dietas) y adicionando maleza de caña para mejorar la palatabilidad de las raciones experimentales.

Los datos que se presentan en el Cuadro 15 sugieren que la utilización de niveles crecientes de harina de hojas de yuca tienden a reducir los rendimientos de los cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado. Sin embargo, los resultados obtenidos con el nivel de 20% de harina de hojas de yuca y aún con 40% son aceptables, teniendo en cuenta el peso inicial de los animales experimentales. El consumo total de las dietas por cerdo para todo el período experimental fue de 276, 358 y 381 kg para la dieta testigo, y las dietas con 20 y 40% de harina de hojas de yuca, respectivamente.

Cuadro 15. Efecto de la utilización de dos niveles de harina de hojas de yuca en dietas para cerdos en crecimiento y acabado.1/

Parámetro	Testigo T. soya	Harina de hojas de yuca 20%	Harina de hojas de yuca 40%
Peso vivo promedio (kg)			
Inicial	15.1	15.1	15.3
Final	101.1	98.3	96.8
Días experimento	119	147	147
Ganancia diaria (kg)	0.72	0.57	0.55
Alimento diario (kg)	2.32	2.44	2.59
Alimento/ganancia	3.2	4.3	4.7

1/ Promedio de cinco cerdos por grupo.

La información experimental sugiere un potencial limitado, para la incorporación de niveles relativamente bajos (aprox. 20%) de la harina de hojas de yuca para alimentación porcina. Como estos estudios se han hecho a escala experimental, no se conoce el costo real de este tipo de fuente protéica. La etapa o período de vida en la cual se puede utilizar niveles altos de esta clase de proteína es la gestación, pero por falta de materia prima no se han podido realizar aún estas investigaciones.

Consideraciones económicas.

La mayoría de la yuca producida en los países latinoamericanos es consumida como alimento para humanos y poca es utilizada en alimentación animal.

Bajo condiciones normales, las raíces de buena calidad son demasiado caras para ser utilizadas en alimentación animal; sin embargo, una buena proporción de las raíces cosechadas, especialmente a nivel de fincas pequeñas, es suministrada a los animales en especial a los cerdos. Otra alternativa importante para el uso de raíces de yuca es el proceso de extracción de almidón, en el cual se obtienen subproductos que son utilizados en alimentación animal.

Actualmente algunos países europeos están usando pellets y trozos de yuca secos importados desde Tailandia, en programas de alimentación animal. Niveles de 40 a 60% son normalmente usados, en dietas de costo mínimo, cuando el precio de la yuca deshidratada varía entre US$65 a 90 por TM. El precio de los pellets de yuca de Tailandia en 1977 fué de aproximadamente US$ 80/TM en Bangkok y US$95-110/TM (c.i.f.) en Rotterdam (KKU-IDRC, 1977).

La producción comercial de trozos y pellets de yuca en la mayoría de países de América Latina es aún insignificante. El precio de mercado al por mayor de raíces frescas en algunas áreas productoras de yuca en Colombia fluctúa entre US$50-100/TM, el cual es aún muy alto para ser considerado en alimentación animal. Muy poca información se tiene sobre los precios y mercadeo de la yuca en regiones tropicales, pero aparentemente los precios son más bajos en esas zonas. Las perspectivas del aumento de producción de yuca con la aplicación de la tecnología desarrollada en el Programa de Yuca del CIAT permiten vislumbrar posibilidades de utilizar yuca como una fuente energética importante para alimentación animal en países de América Latina.

Resumen

Las raíces de yuca son una excelente fuente de energía que pueden ser utilizadas frescas, secas o ensiladas en programas de alimentación porcina. Las raíces frescas picadas, con bajo contenido de cianuro, pueden ser suministradas a los cerdos en todos los períodos de su ciclo de vida, en forma separada o mezclada con un suplemento que aporte proteína, minerales y vitaminas. Las raíces altas en cianuro, por su elevado contenido de linamarina, no son fácilmente consumidas por los cerdos.

Niveles altos de harina de yuca (60-70%) han sido experimentalmente estudiados en CIAT y comparados con dietas a base de maíz común, en programas de alimentación integrados para todo el ciclo de vida de los cerdos. Los rendimientos de las camadas al destete fueron inferiores para el programa de alimentación de yuca comparados con el de maiz común. La suplementación de metionina no parece ser indispensable en dietas a base de harina de yuca.

Raíces de yuca enteras pueden ser almacenadas en silos cubiertos de tierra o pueden ser picadas y conservadas en bolsas de polietileno o en silos de trincheras por períodos de hasta 6 meses sin perder significativamente su valor nutricional como alimento para cerdos. Ensilado de raíces conservadas por 6 meses son consumidas fácilmente por los cerdos.

La producción de forraje de yuca para rumiantes ofrece muy buenas perspectivas. La harina integral de forraje de yuca puede ser empleada a niveles relativamente bajos ($\sim$ 20%) en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. Existen posibilidades de emplear niveles más altos en dietas para cerdas gestantes.

Debido a su reducido contenido de proteínas, los programas de alimentación basados en altos niveles de yuca requieren cantidades considerables de suplemento protéico en comparación con los programas que utilizan fuentes convencionales de energía como los granos de cereales. Estos aspectos deben considerarse en los estudios de factibilidad económica orientados a utilizar yuca en alimentación animal.

REFERENCIAS

Bruijn, G.H. de. 1973. The cyanogenic character of cassava (Manihot esculenta). In Nestel, B. and MacIntyre, R., ed., Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Ottawa. International Development Research Centre, IDRC-010e, 43-48.

Buitrago, J. 1964. Utilización de la yuca en dietas para crecimiento y ceba de cerdos. Univ. Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tesis, Bogotá, Colombia.

CIAT, 1975. Cassava production systems. 1975 Annual Report. CIAT, Cali Colombia.

CIAT. 1976. Cassava production systems. 1976 Annual Report. CIAT, Cali Colombia.

CIAT. 1978. Swine Unit. 1978 Annual Report, 18 pag.

Cooke, R.D. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (Manihot esculenta Crantz) J. Sci. Fd. Agric. 29, 345: 352.

Cooke, R.D., G.G. Blake and J.M. Battershill. 1978. Purification of cassava linamarase. Phytochemistry, 17, 381-383.

Coursey, D.G. and D. Halliday. 1974. Cassava as animal feed. Outlook Agric. 8, 273.

Ekpechi, O.L. 1967. Pathogenesis of endemic goitre in eastern Nigeria. Brit. J. Nutr. 21; 537.

Ekpechi, O.L. 1973. Endemic goitre and high cassava diets in eastern Nigeria. In Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre Monogr. IDRC-010e, 139-145.

Ermans, A.M., M. van der Velden, J. Kinthaert, and F. Delange. 1973. Mechanism of the goitrogenic action of cassava. In Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre onogr. IDRC-010e, 153-157.

FAO. 1974. Production Yearbook 1974. Vol. 28. Rome, Italy, FOA.

Gómez, G. 1977. Life-cycle swine feeding systems with cassava. In Nestel B. and M. Graham, ed., Cassava as animal feed: proceedings of a Workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977, International Development Research Centre. IDRC-095e, 65-71.

Gomez, G. 1979. Cassava as a swine feed. World Animal Review 29, 13-20.

Gómez, G., G. Camacho and J.H. Maner. 1976. Utilización de yuca fresca y harina de yuca en alimentación porcina. En Memoria del Seminario Intern. de Ganadería Tropical, Acapulco, México, 8-12 Marzo 1976, 91-102.

Gómez,G., C. Camacho y J.H. Maner. 1977. Utilization of cassava-based diets in swine feeding. In Cock, J., R.MacIntyre and M. Graham, ed., Proceedings of the fourth symposium of the International Society for Tropical Root Crops, CIAT, Colombia, 1-7 August 1976. Ottawa, International Development Research Centre, IDRC-080e, 262-266.

Gómez, G., D. de la Cuesta, M. Valdivieso y K. Kawano. 1979. Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca. A ser publicado en la revista Turrialba.

Gómez, G., D. de la Cuesta, M.Valdivieso and K. Kawano. 1979a. The effect of drying methods on the cyanide content in whole cassava root meals of ten cassava varieties. Manuscrito en preparación.

Job, T.A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effects of sulphur sources on cyanide detoxification. Ph.D. Thesis, Dept. Animal Science, University of Ibadan, Nigeria.

KKU-IDRC. 1977. Cassava/nutrition project. Annual Report. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

Maner, J.H. and G. Gómez. 1973. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations. In Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary woekshop, London, England, 29-30 January 1973. Ottawa. International Development Research Centre, IDRC-010e, 113-120,

N.R.C. 1973. Nutrients requirements of swine, National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa, International Development Research Centre, IDRC-020e, 1-182.

Tewe, O.O., J.H. Maner and G. Gómez. 1977, Influence of cassava diets on placental thiocyanate transfer, tissue rhodanase activity and performance of rats during gestation. J.Sci. Fd. Agri. 28, 750-756.

Van der Velden, M., J. Kinthaert, S. Orts and A.M. Ermans. 1973. A preliminary study on the action of cassava on thyroid iodine metabolism in rats. Br. J. Mutr. 30, 511.

Wood, T.J. 1965. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. J. Sci. Food Agric. 16, 300.

PRODUCCION Y EVALUACION DE PROTEINA UNICELULAR A PARTIR DE YUCA

Jorge Santos N. *
Guillermo Gómez **

Los cultivos de raíces comestibles como la yuca (Manihot esculenta Crantz) se producen comunmente en el trópico como fuente de alimento y contribuyen a proporcionar una cantidad apreciable del consumo total de calorías de la población humana (FAO, 1974). La yuca ha llegado a considerarse como alimento básico en la dieta de más de 200 millones de personas que viven en la faja tropical (Coursey and Haynes, 1970).

Las perspectivas para aumentar la producción de yuca en las regiones tropicales son muy promisorias, no sólo como consecuencia de un incremento en el área sembrada de yuca, sino mas bien como resultado de una mejora tecnológica por medio de la cual pueden obtenerse altos rendimientos en el cultivo mediante selección genética y prácticas culturales apropiadas (CIAT 1975, 1976).

Debido a que los cerdos convierten en forma eficiente el alto contenido de energía de las raíces de yuca, su mayor utilización como alimento para animales tiene, por lo tanto, amplias perspectivas en programas de alimentación porcina. El factor más importante que determina el uso de yuca como alimento para animales es su precio con relación al de otras fuentes energéticas disponibles así como la dependencia existente con relación al precio de las fuentes proteicas suplementarias (Phillips, 1974). Su bajo contenido de proteína comparado con el de los cereales trae como consecuencia el que cualquier substitución de éstos por yuca (fresca, ensilada o seca) en raciones completas esté acompañada por un aumento en la proteína suplementaria. Los datos experimentales indican que es un programa de alimentación porcina con harina de yuca durante todo un ciclo de vida se requiere aproximadamente 60-65 porciento más del suplemento proteico (e.g. torta de soya) que en un programa de alimentación similar basado en maíz común (Gómez et al., 1976). Por consiguiente, el potencial de la yuca como alimento para animales en el trópico dependerá en alto grado de la disponibilidad de fuentes convencionales de proteína o de su utilización y aprovechamiento para el desarrollo de nuevas fuentes proteicas.

Las fuentes convencionales de proteína, tales como la harina de pescado y la torta de soya, además de utilizarse competitivamente en alimentación humana, están alcanzando precios tan elevados que su uso en alimentación porcina se verá seriamente restringido en el futuro. Otras fuentes proteicas, tales como la torta de algodón, tienen un uso limitado debido a su naturaleza tóxica. Además, en muchas áreas productoras de yuca es difícil establecer otros cultivos (e.g. soya) que proporcionen la proteína requerida para un

* Investigador Asociado, CIAT
** Nutricionista - Bioquímico, CIAT

balance nutricional adecuado, requerido en los programas de alimentación animal. Se crea de tal modo la necesidad de encontrar o desarrollar nuevas fuentes no-convencionales de proteína para alimentación animal. Por todas estas razones, se justifica el adelanto de investigaciones relacionadas con el uso de la yuca como alimento energético para animales o como medio de cultivo (sustrato) para la producción de proteína microbiana.

El proceso de conversión de la yuca a proteína microbiana es un área atractiva de investigación para aquellas regiones productoras de yuca donde se pueda aumentar significativamente la producción animal, especialmente la producción porcina. La producción de proteína microbiana a partir de yuca aumentaría significativamente el valor nutritivo del alimento.

La existencia de un Programa de Yuca y de una Unidad de Producción Porcina en el CIAT, hace especialmente factible la realización de un proyecto para la producción de proteína microbiana a escala de una planta piloto. El CIAT llevó a cabo la construcción de la planta piloto, con el fin de estudiar los diferentes aspectos involucrados en la producción de proteína en la cual se utiliza la yuca como sustrato energético. Este trabajo se está adelantando en colaboración con la Universidad de Guelph bajo el auspicio del Centro Internacional para Investigación y Desarrollo (CIID), del Canadá. El objetivo de este artículo es el de presentar un informe sobre los resultados y experiencias más recientes.

Descripción del Proceso

La planta piloto para la producción de proteína microbiana ha sido construída en el CIAT, habiéndose instalado en ella dos fermentadores (diseñados y construídos en la Universidad de Guelph, Canadá) con capacidad de 200 y 3000 litros respectivamente, los cuales constituyen el equipo principal. La planta consta de un equipo adicional que incluye una lavadora y una ralladora de yuca así como una máquina cosechadora (filtro-prensa) para recuperar el producto final de los fermentadores. También se instaló un micro-fermentador de laboratorio* (10 litros de capacidad) en un lugar adyacente a la planta piloto, en el cual se produce el cultivo inicial que va a servir como inóculo para el fermentador de 200 litros. En un área adyacente a la planta piloto se dispone de facilidades para el secamiento de la biomasa que se expone en bandejas de madera al sol y al aire.

El proceso ha sido diseñado para operar con un mínimo de instrumentación. La temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en el medio son algunos de los parámetros que se controlan durante el desarrollo del proceso. Aunque dichos parámetros no se requieren necesariamente en las unidades prácticas de producción, facilitan la labor de investigación ya que permiten confirmar la información preliminar encontrada a escala de laboratorio. Esta información ha sido previamente descrita en detalle por Reade y Gregory (1975).

El microorganismo utilizado es el hongo Aspergillus fumigatus I-21A (ATCC32722) (Reade y Gregory, 1975), el cual por ser un mutante que no produce esporas disminuye significativamente el riesgo de contaminación para el

---

* New Brunswick Scientific Co., New Brunswick, N.J.

personal involucrado en la operación. La Figura 1 muestra esquemáticamente el diagrama de flujo del proceso para la producción de la biomasa final rica en proteína. El proceso se inicia con la preparación del medio de cultivo utilizando yuca fresca o harina de yuca como substrato energético. Cuando se usa yuca fresca, las raíces son lavadas para eliminar la tierra adherida a ellas y evitar el efecto abrasivo que pueda afectar los equipos. Posteriormente son ralladas mecánicamente y la cantidad resultante colocada en el fermentador, el cual contiene agua hasta la mitad de su capacidad, previamente calentada a 70°C para gelatinizar el almidón y facilitar así su utilización por el microorganismo. La adición posterior de agua, hasta completar la capacidad del tanque, permite reducir la temperatura del medio hasta la temperatura óptima de fermentación (45°C) y diluír la concentración de carbohidratos totales aproximadamente a un 4 por ciento (p/v). Una vez estabilizada la temperatura, se reduce el pH del medio a 3.5 mediante una solución de ácido sulfúrico, el cual proporciona además parte del azufre requerido para el proceso. Finalmente se agregan úrea y fosfato monopotásico como fuentes de nitrógeno y fósforo, respectivamente. Las raíces de yuca aportan en su totalidad los demás elementos minerales requeridos por el microorganismo. El proceso requiere un promedio de 20 horas de fermentación contínua al cabo de las cuales el producto final es recuperado por medio de un sistema de prensado y filtrado, que permite la extracción parcial del agua en el proceso de secado de la biomasa final. El producto resultante es luego expuesto al sol y al aire en bandejas inclinadas para lograr así una mayor deshidratación (14% humedad) antes de ser transformado en harina.

En el Cuadro 1 se muestra un resumen de datos procedentes de un total de 35 fermentaciones llevadas a cabo en el fermentador de 3000 litros de capacidad y utilizando como substrato raíces frescas molidas de yuca, de diferentes variedades, con un total utilizado de aproximadamente 420 kg de yuca fresca por fermentación. Esta cantidad de yuca se determinó mediante el análisis previo del contenido de almidón de las raíces con el fin de obtener la concentración de carbohidratos deseada para el medio de cultivo, o sea, del 4 por ciento ó 40 g/l. Se utilizó el hongo identificado como Aspergillus fumigatus I-21A en todas las fermentaciones siguiendo el procedimiento ya descrito anteriormente. Los resultados obtenidos con el fermentador de 3000 litros han mejorado notablemente con relación a los reportados previamente para el fermentador de 200 litros, especialmente en lo que se refiere al contenido de proteína cruda total en la biomasa seca final, lo cual es el resultado de una utilización más eficiente de los carbohidratos de la yuca por el microorganismo utilizado en el proceso.

Evaluación clínica y nutricional

Para determinar la calidad nutritiva de la proteína total de la biomasa final resultante del grupo de fermentaciones con yuca fresca en el fermentador de 3000 litros, se llevó a cabo una evaluación biológica utilizando cerdos alimentados individualmente durante los períodos de crecimiento y acabado. Resultados anteriores obtenidos en Guelph y en el CIAT han demostrado que esta proteína tiene una deficiencia marcada en aminoácidos azufrados, especialmente metionina. Dichos experimentos también habían demostrado los efectos benéficos logrados al suplementar este aminoácido en la ración de ratas en crecimiento (Gregory et al, 1977).

En los experimentos con cerdos realizados en el CIAT se utilizó esta proteína unicelular como la única fuente de proteína en las dietas, con (0.3%) o sin la adición de DL-metionina. La biomasa proteínica secada al sol presentó la siguiente composición química (en porcentaje): humedad, 11.6; proteína cruda (N x 6.25), 35.0; extracto etéreo o grasas totales, 3.0; fibra cruda, 19.3; extracto no nitrogenado, 30.0; cenizas, 4.1; calcio, 0.2; y fósforo, 0.8. Según las mediciones hechas en una bomba calorimétrica, la energía total fue de 4260 cal/g.

El Cuadro 2 presenta los resultados experimentales de la evaluación nutricional de la proteína unicelular. Su calidad nutritiva fue buena y se comparó favorablemente con la torta de soya, siempre y cuando se suplementara con metionina. La biomasa no suplementada con metionina produjo resultados inferiores; los animales requirieron 3 semanas adicionales para alcanzar un peso promedio final similar al de los grupos alimentados con proteína unicelular adecuadamente suplementada. Estos dos grupos experimentales presentaron tasas promedio diarias de consumo por cerdo similares, pero la suplementación con metionina aumentó significativamente las ganancias de peso y la eficiencia de conversión alimenticia.

Durante el experimento se tomaron periódicamente muestras de sangre de todos los cerdos para hacer análisis hematológicos y otras determinaciones de parámetros bioquímicos sanguíneos. Los resultados indicaron que la proteína unicelular suministrada a los cerdos no alteró significativamente ninguno de los parámetros estudiados, lo cual confirma los resultados de experimentos previos hechos con animales de laboratorio, en la Universidad de Guelph (Gregory et al., 1977).

Al término de la evaluación nutricional, se sacrificaron 11 cerdos (2 del grupo alimentado con harina de yuca más torta de soya y 3 de cada uno de los otros tres grupos), con el fin de evaluar características de las canales y de tomar muestras de órganos y tejidos para efectuar estudios histopatológicos. No se observaron diferencias en las calidades de las canales a juzgar por las medidas del espesor de grasa dorsal ni en las proporciones obtenidas en los diferentes cortes. Se tomaron muestras de un total de 18 tejidos u órganos de cada cerdo, las cuales están siendo analizadas. De acuerdo a la observación macroscópica directa no se observaron alteraciones significativas en las muestras tomadas de los grandes órganos internos.

La experiencia adquirida a través del tiempo de operación de la planta piloto, demuestra la factibilidad técnica de producir proteína unicelular utilizando raíces molidas de yuca fresca como substrato energético para obtener un producto final (biomasa) que presente un buen contenido de proteína cruda. La calidad nutricional de esta proteína es buena para ser usada en alimentación animal si se suplementa adecuadamente con metionina. La salud y estado general de los animales no parece verse afectado por su consumo. Las precauciones de seguridad que son normalmente observadas en una planta piloto se pueden considerar como una protección adecuada para el manejo del microorganismo empleado en el proceso de fermentación. Sin embargo, la transferencia de esta tecnología requiere la consideración cuidadosa de aspectos tales como la factibilidad económica y otros factores que pueden afectar el comportamiento de la operación total de producción a escala comercial.

Resumen

Se desarrolló y ensayó a nivel de laboratorio en la Universidad de Guelph un proceso para la producción de proteína unicelular. El microorganismo utilizado es el hongo Aspergillus fumigatus I-21A, un mutante que no produce esporas y puede crecer bajo condiciones muy selectivas a una temperatura de 45°C y pH de 3,5. En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se construyó una planta piloto, con el fin de evaluar la tecnología desarrollada a escala de laboratorio y para producir suficiente cantidad de biomasa para la evaluación práctica en la alimentación animal, especialmente de porcinos. Se presenta un informe de los resultados más recientes obtenidos en la planta piloto, los cuales indican la potencialidad del proceso. Los resultados de los varios ensayos de alimentación con la biomasa proteínica obtenida en la planta piloto, indican que el producto tiene una buena calidad nutricional, siempre y cuando se suplemente adecuadamente con metionina.

BIBLIOGRAFIA

CIAT. 1975. Informe Anual. Sistemas de producción de yuca. Centro Internacional de Agricultural Tropical, Cali, Colombia.

CIAT. 1976. Informe Anual. Sistemas de producción de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Coursey, D.G. and P.H. Haynes. 1970. Root crops and their potential as food in the tropics. World Crops 22:261-265.

Food and Agriculture Organization. 1974. Production yearbook 1973. Vol.27. Rome, FAO, 1974.

Gómez, G.G., C. Camacho and J.H. Maner. 1976. Utilization of cassava-based diets in swine feeding. Proc. 4th Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops. CIAT, Cali, Colombia, 1-7 August, 1976. International Development Research Centre, IDRC-080e, 262-266.

Gregory, K.F., A.E. Reade, J. Santos-Núñez, J.C. Alexander, R.E. Smith and S.J. MacLean. 1977. Further thermotolerant fungi for the conversion of cassava starch to protein. Anim. Feed. Sci. Technol. 2:7-19.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, IDRC-020e, 182 pp.

Reade, A.E. and K.F. Gregory. 1975. High-temperature production of protein-enriched feed from cassava by fungi. Appl. Microbiol. 30:897-904.

Cuadro 1. Producción de proteína unicelular (PUC) a partir de raíces de yuca utilizando A. fumigatus I-21A en un fermentador de 3000 litros

Parámetros	Valor
Cantidad yuca/fermentación (kg)	423
Conce. carbohidratos solubles (g/litro)	
Inicial	41.1
Final	15.1
pH medio de fermentación	
Inicial	3.5
Final	5.2
Proteína cruda en biomasa seca (%)	34.2
Duración promedio fermentación (hrs)	21
Cantidad biomasa seca/fermentación (kg)	55.5

Cuadro 2. Evaluación nutritiva de la proteína unicelular (PUC) A. fumigatus I-21A, con cerdos en crecimiento y acabado[1/]

Resultados experimentales

Parámetro	Sorgo + T. soya	H. yuca + T. soya	Harina de yuca + PUC sin met.	Harina de yuca + PUC con met.
No. días	112	119	140	119
No. cerdos/tratamiento	7	6	6	6
Peso vivo final, kg	94.4	95.7	90.0	90.7
Ganancia peso total, kg	78.6	79.9	74.2	74.9
Ganancia prom. diaria, kg	0.70	0.67	0.53	0.63
Alimento total, kg	288.2	282.4	292.1	252.8
Alimento prom. diario, kg	2.57	2.37	2.09	2.12
Alimento/ganancia	3.7	3.5	3.9	3.4

1/ Cerdos alimentados individualmente; peso vivo prom. inicial: 15.8 kg.

Figura 1

Planta Piloto para Producción de Proteina Microbiana

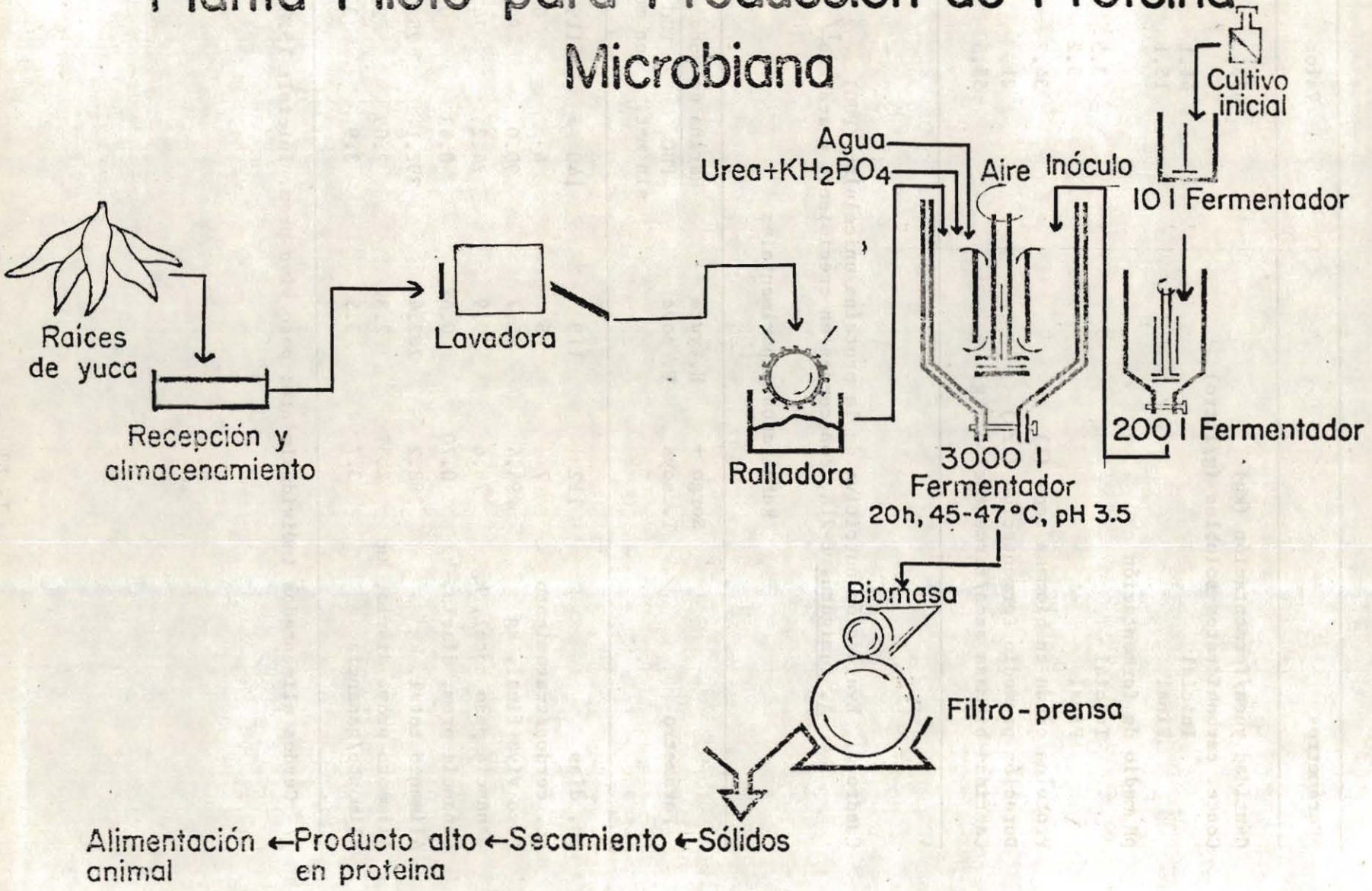




Fig. 2 Vista de la planta piloto en la Unidad de Porcinos del CIAT para producir proteina microbial utilizando raíces de yuca como medio de cultivo.